APAA
Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores

ASTRONOMIA de Amadores

N.º 56 2020

BORBASCOPE, THE PROJECT
Carlos Nogueira

TREPTOW GIANT OPEN-AIR REFRACTOR
Pedro Ré

JULES JANSSEN'S ATLAS DE PHOTOGRAPHIES SOLAIRES
Pedro Ré

MARCEL DE KÉROLYR (1873/1969), ONE THE GREATEST ASTROPHOTOGRAPHERS OF ITS TIME
Pedro Ré

DETECÇÃO DE EXOPLANETAS POR ASTRÓNOMOS AMADORES
Cédric Pereira

APAA

Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores

DESEJA PUBLICAR UM ARTIGO NA REVISTA *ASTRONOMIA DE AMADORES*? ENCONTROU UMA TÉCNICA INTERESSANTE DE OBSERVAÇÃO OU DE ASTROFOTOGRAFIA QUE GOSTARIA DE PARTILHAR?

CONTACTE A APAA ATRAVÉS DO E-MAIL: INFO@APAA.CO.PT

Os artigos são sujeitos a uma apreciação prévia, pelo que a APAA não pode garantir a publicação de artigos que não reúnam os requisitos necessários.

CARO LEITOR: SE GOSTA DOS ARTIGOS PUBLICADOS NA REVISTA *ASTRONOMIA DE AMADORES*, DIVULGUE-A JUNTO DOS SEUS CONTACTOS E AMIGOS.

ASTRONOMIA DE AMADORES

Revista de divulgação astronómica (n.º 56) — 2020
Propriedade: Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores (APAA); P.C. n.º 501 213 414.
Sede: Rua Alexandre Herculano, 57- 4.º Dto., 1250 - 010 Lisboa (telefone: 213 863 702)
E-mail: info@apaa.co.pt • Internet: http://apaaweb.com/ • Facebook: https://www.facebook.com/APAAweb/

REPRODUÇÃO PROIBIDA, EXCEPTO SOB AUTORIZAÇÃO EXPRESSA DA DIRECÇÃO DA APAA.
AS REFERÊNCIAS E AS CITAÇÕES DEVEM INDICAR EXPLICITAMENTE A ORIGEM.

REVISTA ASTRONOMIA DE AMADORES

Equipa redactorial: Pedro Ré
Periodicidade: Anual

Distribuição: a Revista **ASTRONOMIA DE AMADORES** é distribuída gratuitamente a todos os associados que à data da publicação do respectivo número estejam em pleno gozo dos seus direitos, assim como aos sócios honorários e membros do Conselho Técnico e Científico.

Conselho Técnico e Científico: Alcaria Rego, Alfredo Pereira, António Cidadão, António da Costa, Cândido Marciano, Carlos Saraiva, Guilherme de Almeida, José Augusto Matos, Pedro Ré e Rui Gonçalves.

Colaboraram neste número: Pedro Ré, Cédric Pereira e Carlos Nogueira

Paginação e arranjo gráfico: Equipa redactorial.

Artigos para publicação: Os trabalhos destinados a publicação, devem ser fornecidos em formato Word 7 ou posterior, acompanhados de memorando explicitando o fim a que se destinam e sendo o conteúdo da responsabilidade dos autores. Só serão aceites trabalhos originais. Os artigos destinados a publicação serão previamente apreciados por um ou mais membros do Conselho Técnico e Científico ou da Redacção que, caso entendam necessário, incluirão nota devidamente assinalada. A APAA encoraja os seus sócios (e até os não sócios) a enviar artigos. Estes traduzem a opinião dos autores, e não necessariamente os pontos de vista da APAA.

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE ASTRÓNOMOS AMADORES (APAA)

Direcção
Presidente: Pedro Ré; **Vice-Presidente:** Carlos Saraiva; **Tesoureiro:** José Pedro Carreira Martis; **Secretário:** Vítor Quinta; **Secretário-Adjunto:** Raimundo Ferreira.

Mesa da Assembleia-Geral
Presidente: António Magalhães; **Secretário:** Rui Gonçalves; **Vogal:** Carlos Marques.

Conselho Fiscal
Presidente: José Cardoso Moura; **Vogal:** Carlos Tenente; **Vogal:** Rui Lourenço.

Pagamento de quotas
2ª a 5ª feira: das 10 h às 13 h e das 15 h às 19 h;
Pagamentos em cheque cruzado à ordem da APAA, vale postal ou transferência bancária.

Novos sócios:
Para se inscrever na APAA, basta enviar por carta, ou entregar pessoalmente na sede, uma folha A4 contendo nome, morada, data de nascimento, habilitações literárias e endereço e-mail (caso tenha), acompanhado de meio de pagamento da inscrição (5 Euros) e das quotas de pelo menos um trimestre (6 Euros). A quota mensal é de 2 Euros/mês. Os jovens até 25 anos têm uma redução das quotizações de 50%. Em http://apaaweb.com/ existe um formulário de inscrição on-line que poderá facilitar todo este processo.

OBSERVATÓRIO APAA

Este observatório resulta de um protocolo estabelecido entre a APAA e o Planetário Calouste Gulbenkian. Denomina-se "Observatório Comandante Conceição Silva" e encontra-se anexo ao Planetário em Belém, junto ao Mosteiro dos Jerónimos.

ÍNDICE

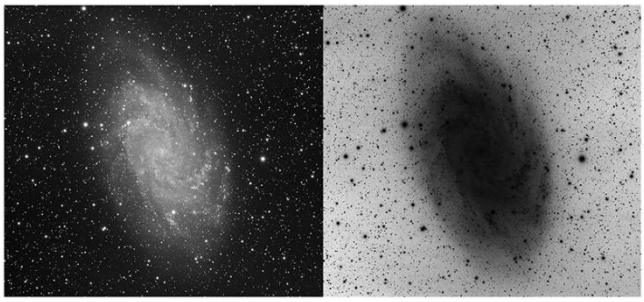
BORBASCOPE, THE PROJECT 5
Carlos Nogueira

TREPTOW GIANT OPEN-AIR REFRACTOR 14
Pedro Ré

JULES JANSSEN'S ATLAS DE PHOTOGRAPHIES SOLAIRES 19
Pedro Ré

MARCEL DE KÉROLYR (1873/1969), ONE THE GREATEST ASTROPHOTOGRAPHERS OF ITS TIME..... 24
Pedro Ré

DETECÇÃO DE EXOPLANETAS POR ASTRÓNOMOS AMADORES..... 31
Cédric Pereira



M033. 2020min (202x10min). AP130 F/6, STL11002M, self-guided, Median, DDP, Paramount ME. Pedro Ré (20190927)

BORBASCOPE, THE PROJECT

CARLOS NOGUEIRA

Main drivers, basic guidelines and boundary conditions:

The general idea of building (another one?) a short tube refractor in the 80mm range was based upon the following reasons and assumptions:

✓Its main use will be as an ultra-portable, rich-field, fast scope as the single optics for DSO imaging, attached to removable-lens photo cameras in primary focus (focal imaging);

✓It should be lightweight enough to be a perfect match for those typical compact equatorial mounts designed to provide adequate sidereal tracking to photo cameras;

✓Despite being primarily designed for DSO imaging, it should deliver decent views and imaging of the moon, sun and the biggest planets (mainly in filming and/or shooting eclipses, transits, occultations).

Given the drivers, the following guidelines and boundaries were set:

✓The B.O.M. should cost less than USD 100, otherwise it would get stiff competition from off-the-shelf similar instruments (at the end of the day, it topped the bill at USD 78);

✓Must be well baffled ("astrograph level"), as stray light severely impairs DSO imaging, especially if the exposure time is long. Well baffled, but just enough, avoiding unintended vignetting and allowing full illumination on a typical CMOS sensor found in most DSLRs and mirrorless cameras;

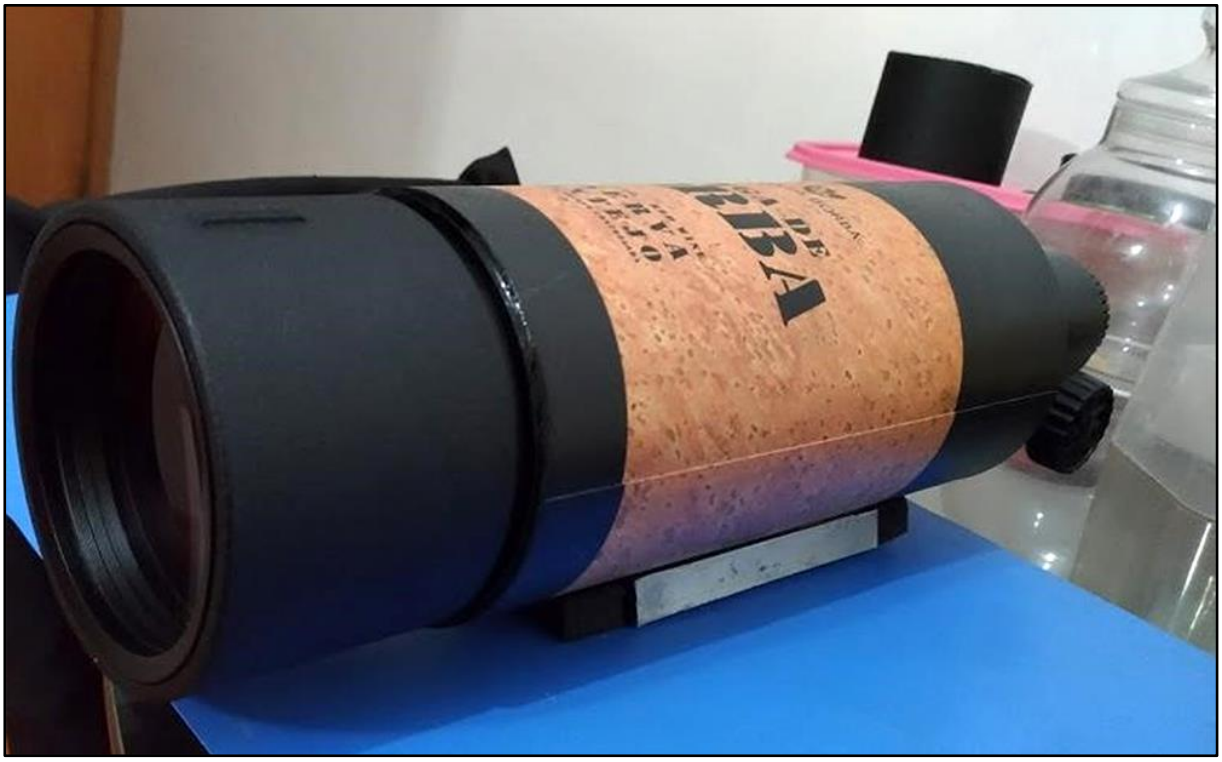
✓Must reach focus with every 1.25" eyepiece (or solar system camera) attached to a 1.25" diagonal, but at the same time allowing primary focus to most commercially available SLRs, DSLRs and mirrorless cameras (flange focal distance ranging from 25mm to 50mm) with T-rings and 1.25" adapters mounted (12mm added thickness) having removed camera lens.

Bill of Materials:

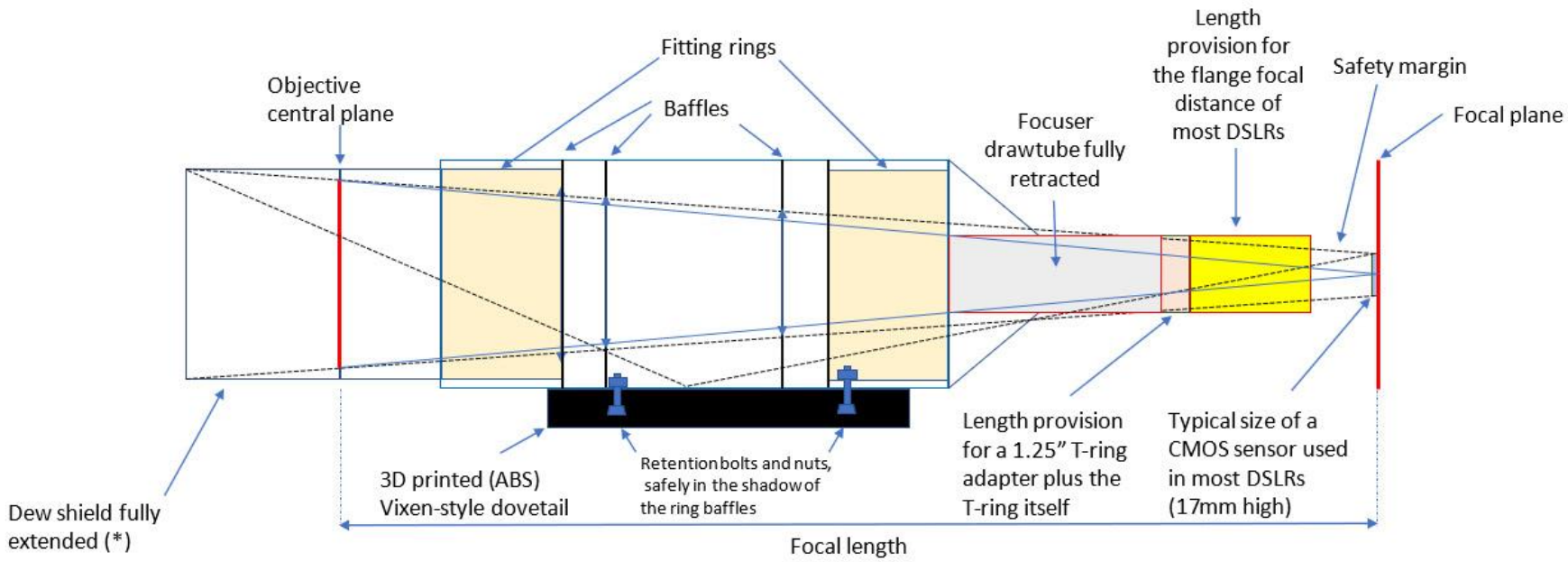
1. Cardboard tube typically used to pack wine/spirit bottles. Got it free of charge in a grocery store (internal diameter: 94.5mm), shortened to a 210mm total length;
2. An inexpensive focuser for 80mm refractors bought in Surplus Shed. The actual part isn't exactly the one depicted in the SS website (it has no finder scope shoe) and the flange diameter (O.D.) is slightly larger, at 85mm instead of 80mm;
3. A 3" objective, 430mm focal length also bought in Surplus Shed (advertised as a 80mm). Comes with a retractable built-in dew shield. The cell has a O.D. of 87mm at the thread;
4. As there is a gap to filled, between the carboard tube's I.D. and the O.D. of the focuser and the objective, two tube fittings are needed. A friend of mine, the owner of Acrux, 3Dprinted them for me in black ABS;
5. He also 3D-printed three ring baffles (the specs and pictures of the 3D printed parts follow in this document);
6. An old, surplus, vixen-style dovetail (150mm long) also 3D-printed by Acrux;
7. Two sets of 6mm bolts+nuts+washers to attach the dovetail to the tube;
8. Epoxy glue;
9. Dull black paint (spray bottle) to add a baffling coat to the carboard inner wall (originally dull white);
10. Transparent waterproofing varnish (spray bottle), to protective coating to the external cardboard tube wall.

Final comments and instructions:

1. The dovetail, besides being bolted to the tube, is also glued with epoxy to further improve rigidity as well as waterproofing bolts all the way from head to tail (their heads are also covered with epoxy);
2. It's a cardboard tube. Although initially very rigid and reinforced by the ABS fitting and baffle rings (internal and external coatings also help), torsion forces that could bend the tube should be avoided in order to preserve collimation;
3. The objective cell can be removed, by unscrewing it from its ABS fitting, but collimation must be checked after putting it back, as one thread pitch may have been skipped in the process. Just pushing the cell against its ABS fitting can easily snap it into alignment;
4. There is no provision (a shoe) for a finder scope, although a simple red-dot pointer can be easily attached with 3M dual-lock. Anyway, this scope is fast enough to work as its own finder, by using a 32mm or longer eyepiece. A 40mm Plössl will deliver, at approx. 10.8x magnification, a 5-degree wide field (equivalent to 10 full moons in a row);
5. For viewing or imaging moon or planets, a fringe-killer filter (minus violet) or a semi-apo filter (both interference filters) is recommended to control the already well contained CA.
6. When imaging DSO's with RGB, no additional filters are needed as residual CA ceases to be an issue (the stacking software will precisely "focus" the colors). This achromatic refractor will perform as nicely as a much more expensive APO;
7. The tube was made short to increase full illumination area at the focal plane using a 1.25" focuser, meaning that a short extension tube may be convenient when imaging with cameras with flange focal distance shorter than 25mm.



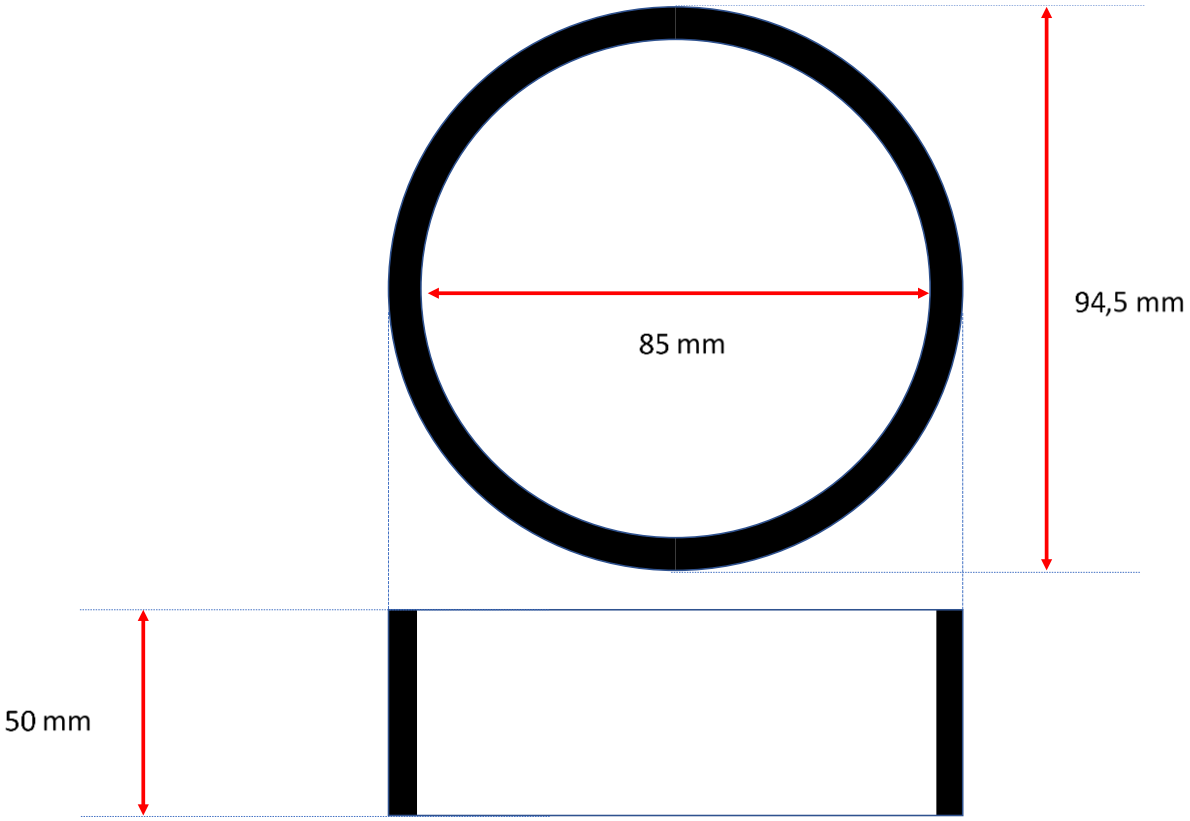
Borbascope – optical design (scale 1:2)



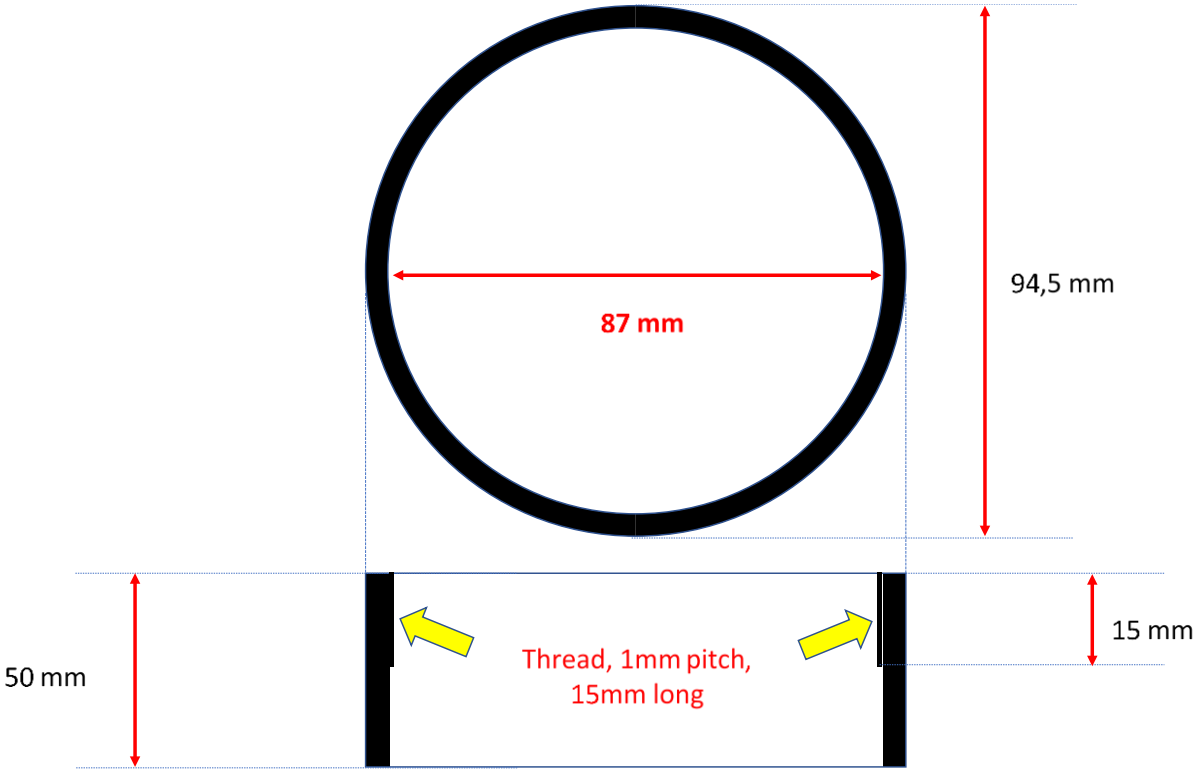
Specs:

- Objective: a 76.2mm (3") Fraunhofer doublet, fully and beautifully multi-coated, 430mm focal length, making it a reasonably fast f/5.6;
- CA ratio of 1.87, comfortably placing it in the "filterable" range of chromatic aberration;
- Total OTA+dovetail weight: 775g (1.71 lbs). 823g (1.81 lbs) with lens caps;

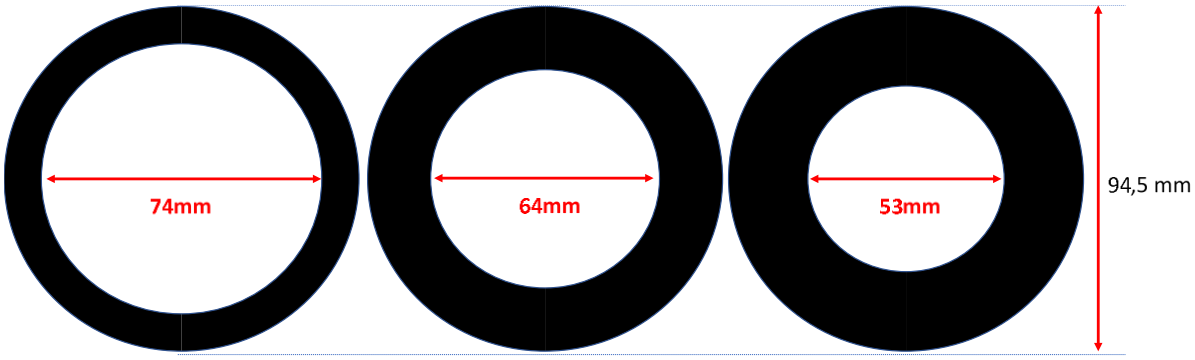
(*) The baffles' positions and sizes were calculated based on the assumption that the scope will be used with the dew shield fully extended, the recommended procedure when imaging DSOs.



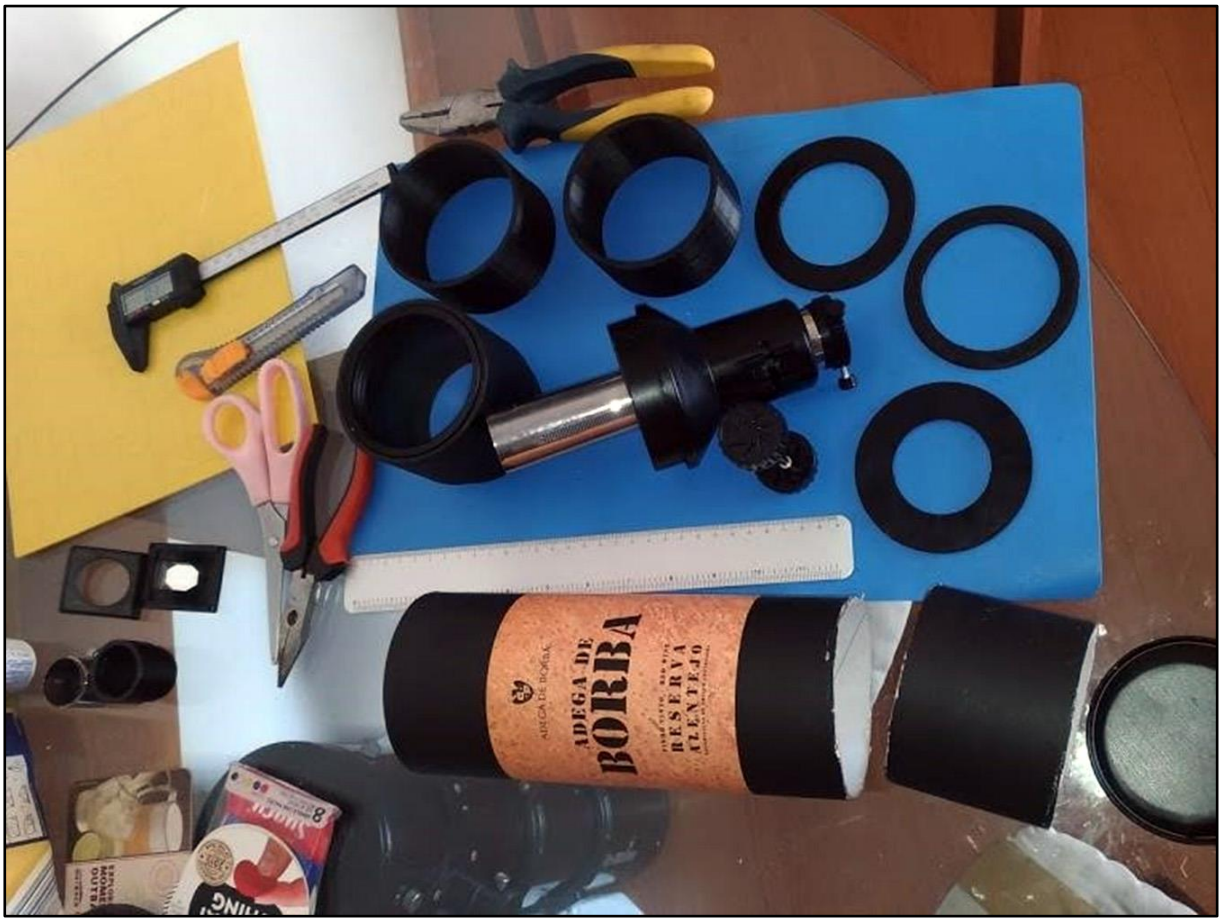
3D-PRINTED RING FOR THE FOCUSER



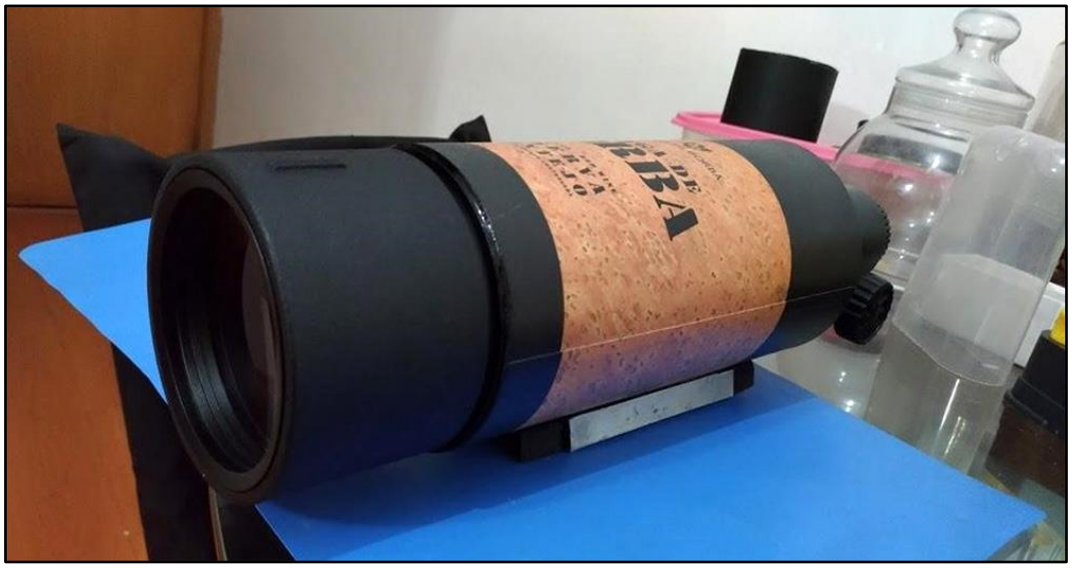
3D-PRINTED RING FOR THE OBJECTIVE



3D-PRINTED RINGS FOR THE BAFFLES



ADEGA DE BORBA
ADEGA DE BORBA
RESERVA
ALENTEJO



ADEGA DE
BORBA
RESERVA
ALENTEJO
Serve chilled
ADEGA DE
BORBA
RESERVA
ALENTEJO

JULES JANSSEN'S *ATLAS DE PHOTOGRAPHIES SOLAIRES*

PEDRO RÉ
http://re.paaweb.com

The Atlas of Solar Photographs (*Atlas de Photographies Solaires*) was published by Pierre Jules César Janseen (1824/1907) in 1903[1]. This monumental Atlas consists of a collection of daily photographs of the Sun's surface obtained by Janseen and several co-workers. In 1903 the collection had a total of 6000 photographs of the whole Sun, recorded from 1976 to 1903 on 36x36 cm glass plates at Meudon observatory. Only seven photographic plates remain today. The Atlas was the solar equivalent of Moritz Loewy and Pierre Henri Puisseux's *Atlas Photographique de la Lune*. It was the first to record changes in the solar surface and Janseen soon recognized the need and importance of a daily photographic record.

Janseen was very interested in photographing the solar granulation as well. These photographs obtained with a solar photographic refractor built by Adam Prazmowski (1821/1885) were considered a reference until the observations made by Bernard Lyot (1897/1952) at Pic du Midi in 1943, 36 years after Janseens's death (Figure 1).

Figure 1- Jules Janseen and the 5.5-inch solar photographic refractor built by Adam Prazmowski (c. 1874).

Janseen and the polish astronomer Adam Prazmowski worked together on the construction of a 5.5" photographic refractor to be mainly used to observe the 1874 Transit of Venus from Japan. A second 5.5" lens corrected in the violet part of spectrum was also built and this telescope was used to record the Sun during the period of 1876 to 1903. In 1877 Janssen used this telescope to photograph the solar chromosphere. In Janseen's own words[2]:

Un examen attentif des photographies montre que la surface de la photosphère n'a pas une constitution uniforme dans toutes ses parties, mais qu'elle se divise en une série de figures plus ou moins distantes les unes des autres, et présentant une constitution particulière. Ces figures ont des contours plus ou moins arrondis, souvent rectilignes, et rappelant le plus ordinairement des polygones. Les dimensions de ces figures sont très variables. Elles atteignent quelquefois une minute et plus de

[1] Janseen, J. (assisted by M. Pasteur) (1903). *Atlas de Photographies Solaires.* Gauthier-Villars, Paris.
[2] Janseen, J. (1896). Annales de l'Observatoire d'Astronomie Physique de Paris, Tome Premier: 124 pp.

diamètre….Tout indique que dans ces espaces la matière photosphérique est soumise à des mouvements violents qui ont confondus les éléments granulaires….

Il résulte encore de ces considérations une conséquence très importante, c'est la preuve, découlant du fait même de la grande variété des formes des éléments granulaires, que ces éléments sont constitués par une matière très mobile qui cède avec facilité aux actions extérieures. L'état liquide ou gazeux jouit de ces propriétés; mais en ayant égard à d'autres considérations que nous développerons plus tard, on est conduit à admettre pour les granulations un état très analogue à celui de nos nuages atmosphériques, c'est-à-dire à les considérer comme des corps constitués par une poussière de matière solide ou liquide nageant dans un milieu gazeux.

Le diamètre des grains dans les points où la granulation est bien formée est généralement compris entre une et deux secondes d'arc. Un examen attentif montre qu'il existe un grand nombre d'éléments granulaires qui ont un diameter beaucoup moindre et descendant jusqu'à 1/3 et même ¼ de seconde. Quant aux dimensions supérieures à deux secondes, elles se rencontrent également avec fréquence, mais elles résultent de l'agglomération d'éléments plus petits, ainsi qu'on peut le constater sur les photographies de très bonne définition.

Granulation dans les faculae et les stries des pénombres: Le 22 juin 1885 (Figure 3), nous obtenion, à Meudon, une photographie montrant une grande tache don't le noyau principal mesurait près de deux minutes de diamètre. Les faculae et les stries des Pénombres de cette tache montraient très nettement que ces parties étaient formées de granulations comme le reste de la surface solaire.

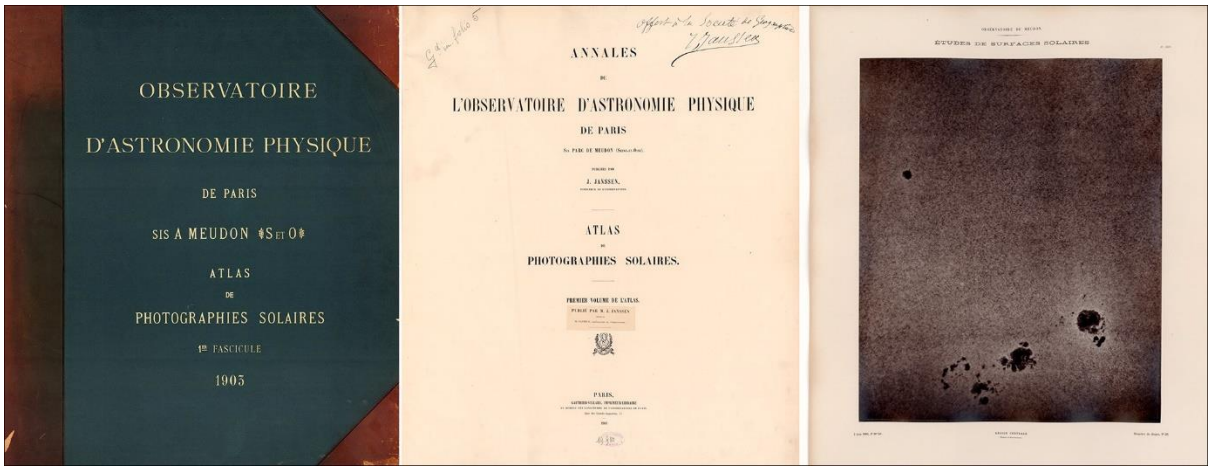


Figure 2- Janseen, J. (1903). *Atlas de Photographies Solaires.* Gauthier-Villars, Paris.

Contemporary printers were not able to adequately reproduce these photographs. Engraving was often used, or actual photographic prints were glued into the books and publications (Figure 3). Janssen published two photoglyphic proofs of the same region of the solar surface in the *Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an de 1879*[3]. These photographs showed the same solar region photographed with an interval of 50 min showing "rapid transformations of the network of the photospheric granulation".

In the first volume of the *Annales de l'Observatoire d'Astronomie Physique de Paris*, six high-resolution plates were published in 1896. Finally, thirty plates were selected for the monumental *Atlas de*

[3] Janseen, J. (1879). Progrès récents de la physique solaire, in *Annuaire du BdL pour l'an 1879*: 623-685.

Photographies Solaires[4]. These selected plates were not the best obtained by Janssen and co-workers. They were mainly chosen to show the "photospheric network" in detail.

A full disk image of the Sun obtained by Janssen was published by Guillemin in his popular book *Le Ciel*[5].« (Figure 5).

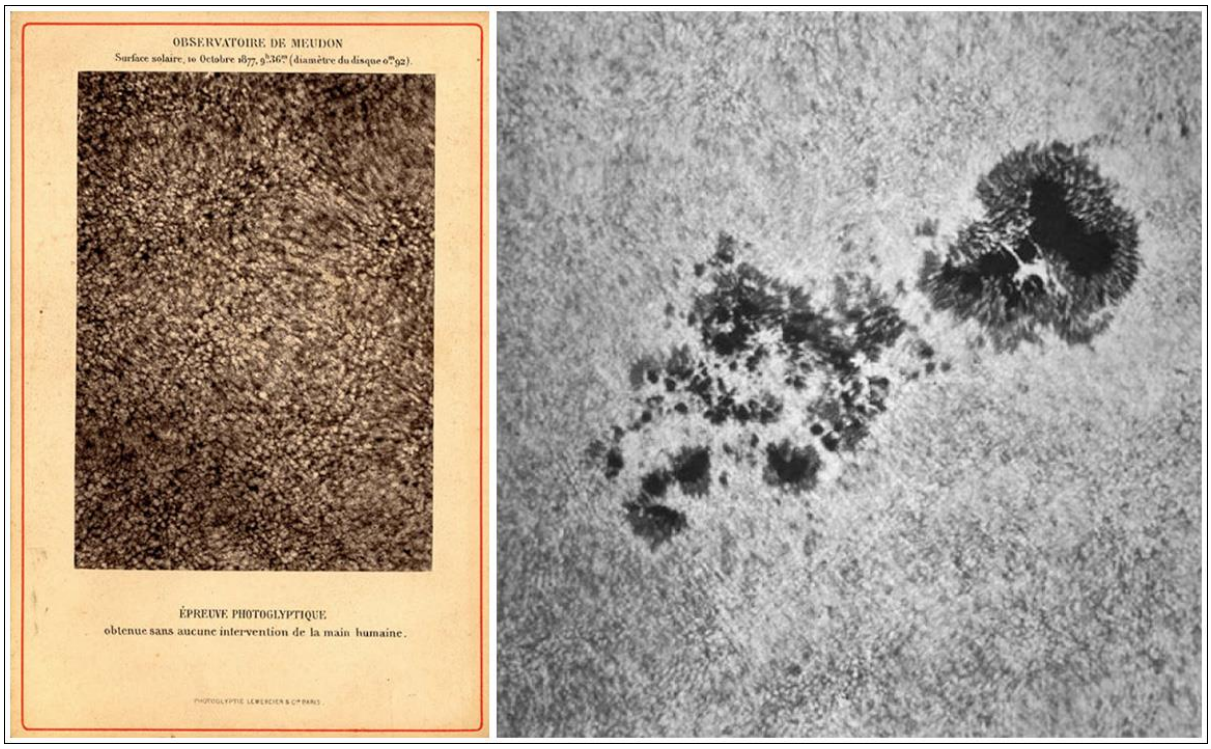


Figure 3- Solar granulation on 10 October 1877 (left) and sunspots on 22 June 1885 (right). Paris Observatory Library and *Annales de l'Observatoire d'Astronomie de Paris*.

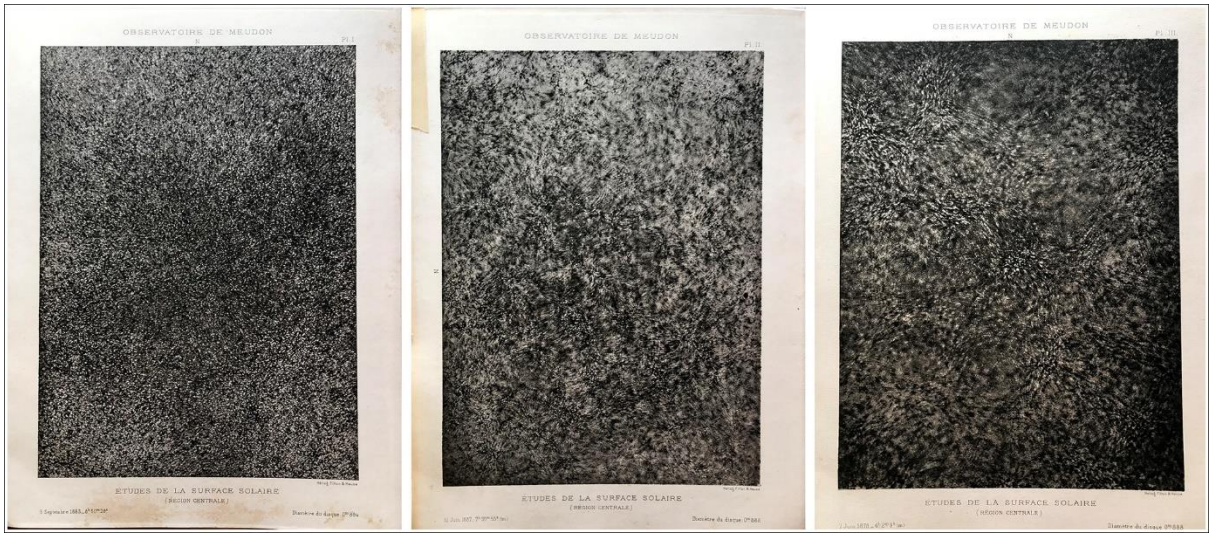


Figure 4- Solar granulation, Plates I, II, III. Janseen, J. (1896). Annales de l'Observatoire d'Astronomie Physique de Paris, Tome Premier.

[4] Only a dozen copies of the Atlas were printed. It's weight was close to 10 kg and the second part was never published.
[5] Guillemin, A. (1877). *Le Ciel*, Hachette, Paris. Photolytic plate showing sunspots and faculae.

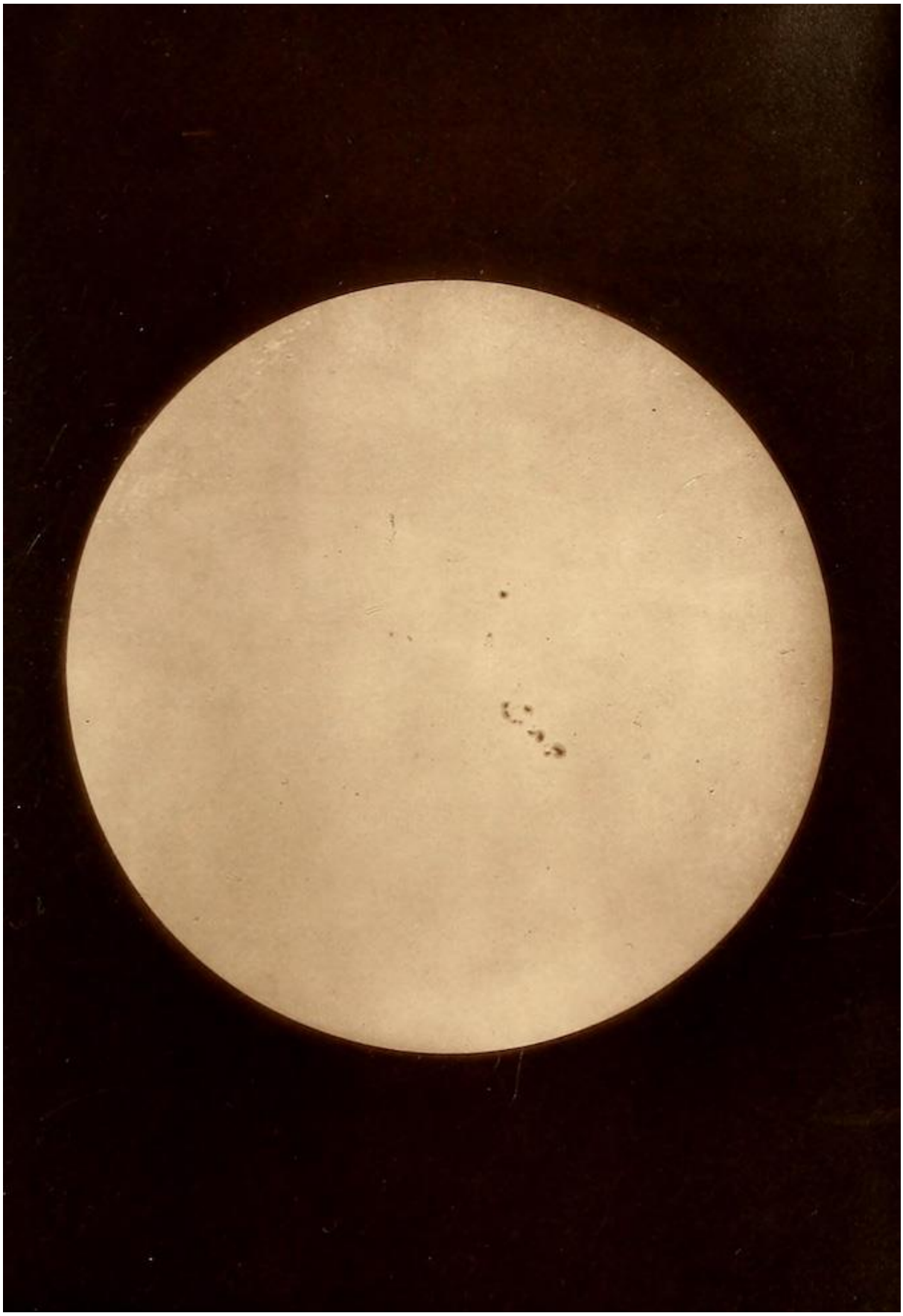


Figure 5- Photolytic plate showing sunspots and faculae (J. Janseen).

Sources:

Guillemin, A. (1877). *Le Ciel*, Hachette, Paris.
Hughes, S. (2013). *Catchers of the Light.* ArtDeCiel Publishing
Janseen, J. (1879). Progrès récents de la physique solaire, in *Annuaire du BdL pour l'an 1879*: 623-685.
Janseen, J. (1896). Annales de l'Observatoire d'Astronomie Physique de Paris, Tome Premier: 124 pp.
Janseen, J. (assisted by M. Pasteur) (1903). *Atlas de Photographies Solaires.* Gauthier-Villars, Paris.
Launay, F. (2008). Un globe-trotter de la physique céleste: l'astronome Jules Janssen. L'Observatoire de Paris, Vuibert: 281 pp.

Atlas de Photographies Solaires available on-line:
https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b531243499?rk=21459;2
https://bibnum.obspm.fr/items/show/3#?c=0&m=0&s=0&cv=0&z=-0.0556%2C-0.3968%2C1.1111%2C1.9323

TREPTOW GIANT OPEN-AIR REFRACTOR

PEDRO RÉ
http://re.apaaweb.com

Archenhold Observatory, the oldest public observatory in Germany, houses the largest moveable refractor in existence, the Treptow giant open-air refractor. This refractor has a 68 cm (26.8 inch) lens with a long focal length (21 m, *f*/31) (Figure 1 to 5).

This lens was manufactured at the workshop of C.A. Steinheil & Sons in Munich. The telescope was designed by the engineering firm of C. Hoppe in Berlin. It was unveiled at the Treptow exhibition of 1896[6]. The equatorial mounted telescope was designed to be used by the public as an educational instrument. At the time of the exhibition[7] the telescope was still unfinished. Regular observations started in September 1896.

The Treptow refractor has an unusual design. It weighs 120 metric tons with two large counterweights, and it is a massive example of iron and rivet engineering. Four adjustable steel rods helped to stiffen the 21 m iron telescope tube[8]. The large telescope has a fixed position eyepiece. The observer stands at the centre of rotation of the equatorial mount and the whole telescope swings around him or her.

The Treptow refractor has always been used in the open-air. The observer and the lower parts of the mount are protected by a surrounding brick and stone platform[9].

During the second world war, the telescope suffered some damage due to its unusual appearance[10]. In 1948 the refractor was in a dilapidated condition and had to be restored. Carl Zeiss of Jena refigured the lens and repaired the tube.

After the Berlin Exposition, the telescope was installed in Treptower Park sheltered by a wooden building. Friedrich Simon Archenhold (1861/1939) (Figure 1) was able to find the necessary funds to replace the original wooden structure with the building that stands today. The observatory was then operated by the *Verein Treptow-Sternwarte* society, with Archenhold acting as president. F.C. Archenhold was succeeded as director by his son Günter Archenhold[11]. The Archenhold family was, during the war period, expelled from the observatory grounds; some emigrated, others ended up in Nazi concentration camps and the observatory was integrated into the city's school system.

In 1946 the city of Berlin renamed the observatory *Archenhold-Sternwarte.* From 1959 onwards, the observatory was mainly used for school education in physics and astronomy. To support this objective, in 1962, two observing domes were erected in the grounds, north of the main building. These domes house a Zeiss Cassegrain 500 mm *f*/15 telescope and a 150 mm *f*/15 Zeiss Coudé refractor. Two further domes at the roof of the main building house an astrograph (120 mm *f*/5) and the historical Urania refractor (1888).

---

[6] Great Industrial Exposition of Berlin (1896).
[7] 1 May 1986.
[8] This telescope tube remains the largest today (21 m).
[9] This unusual telescope design departs from other great refractors (the telescope is operated in the open-air and there is no elevated floor inside a conventional dome).
[10] It was often confused for a long antiaircraft cannon.
[11] Due to his Jewish ancestry, F.C. Archenhold was forced to resign in 1936.

Significant repairs of the Great Refractor had to be carried out in 1989/1990 and 1995[12]. The telescope remains operational and it is regularly used for public observation.

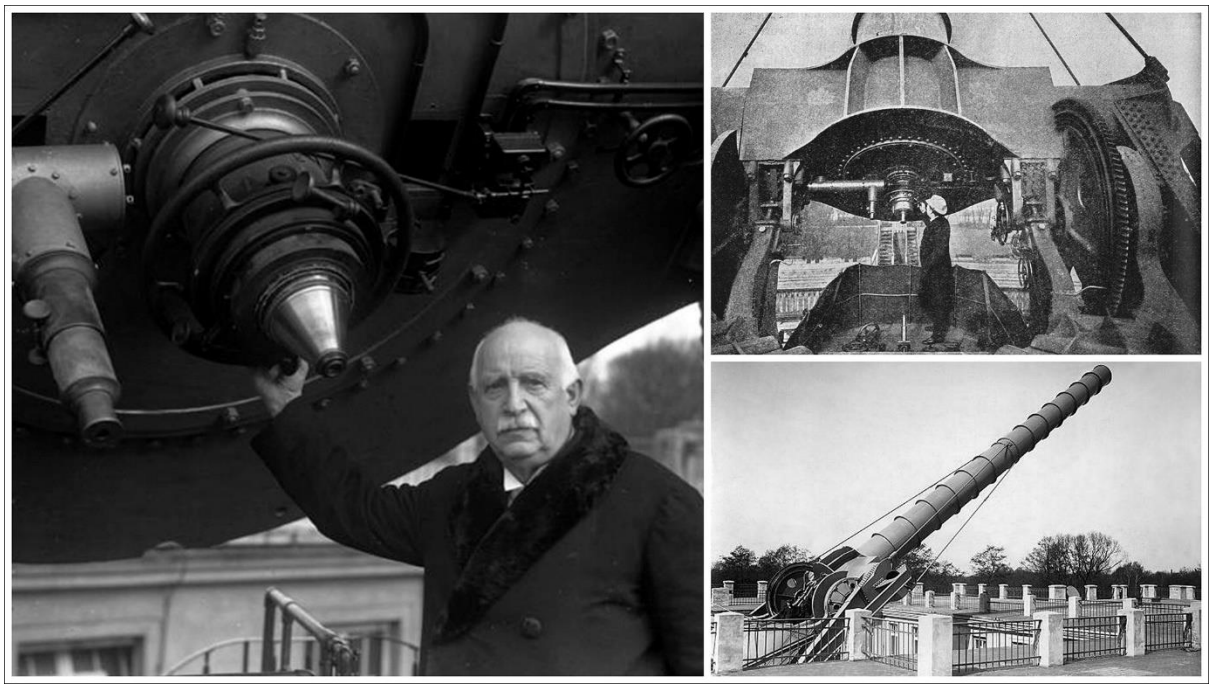


Figure 1- Friedrich Simon Archenhold and the Treptow giant open-air refractor

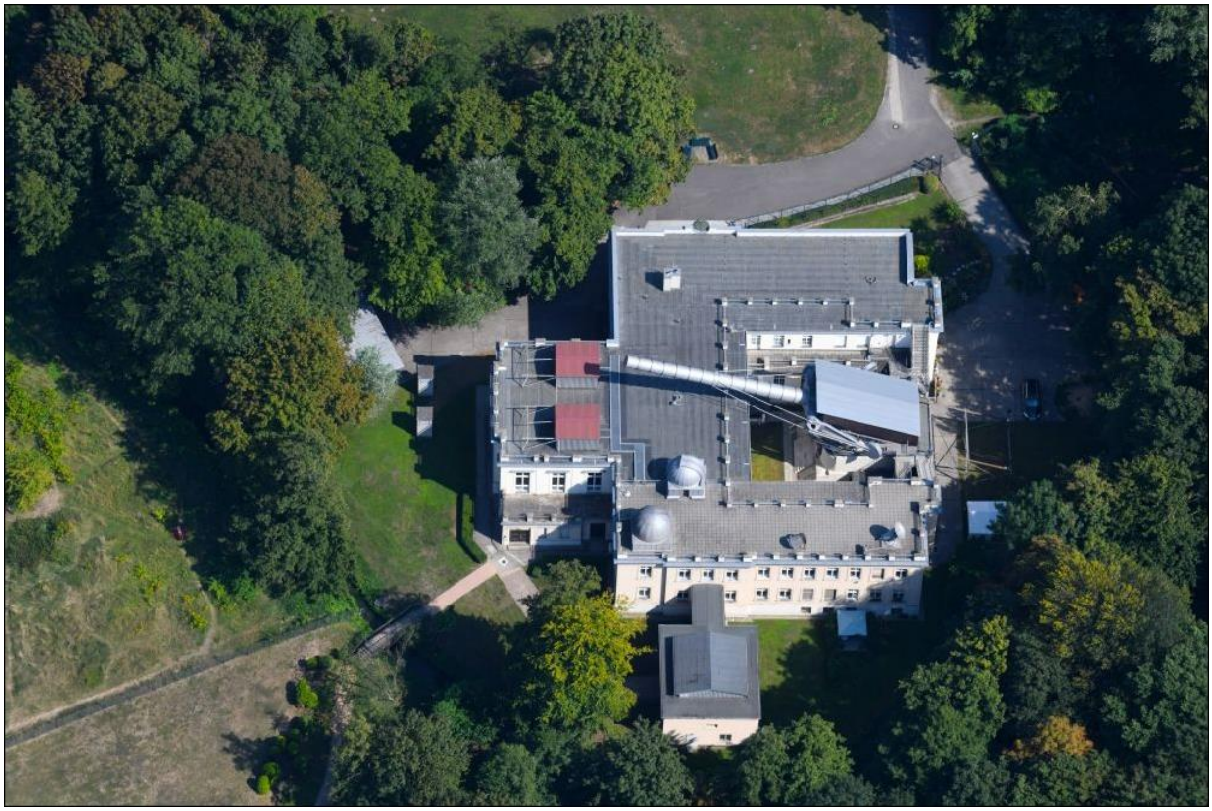


Figure 2- Archenhold Observatory (Berlin, Germany).

[12] The Treptow refractor is a protected monument since 1967.

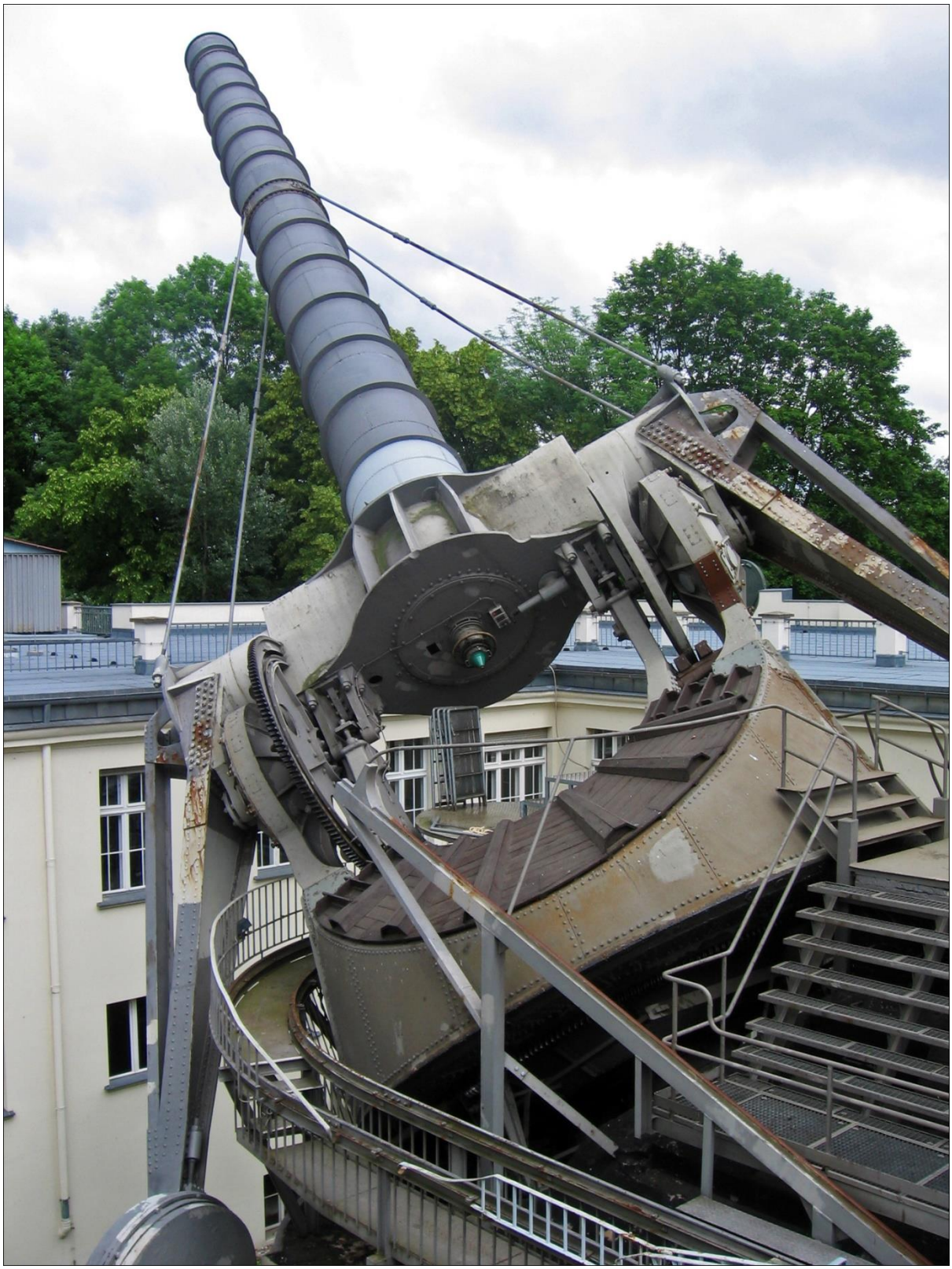


Figure 3- Treptow 68 cm f/31 refractor, Archenhold Observatory (Berlin, Germany).

Figure 4- Treptow refractor, public observation (Moon).

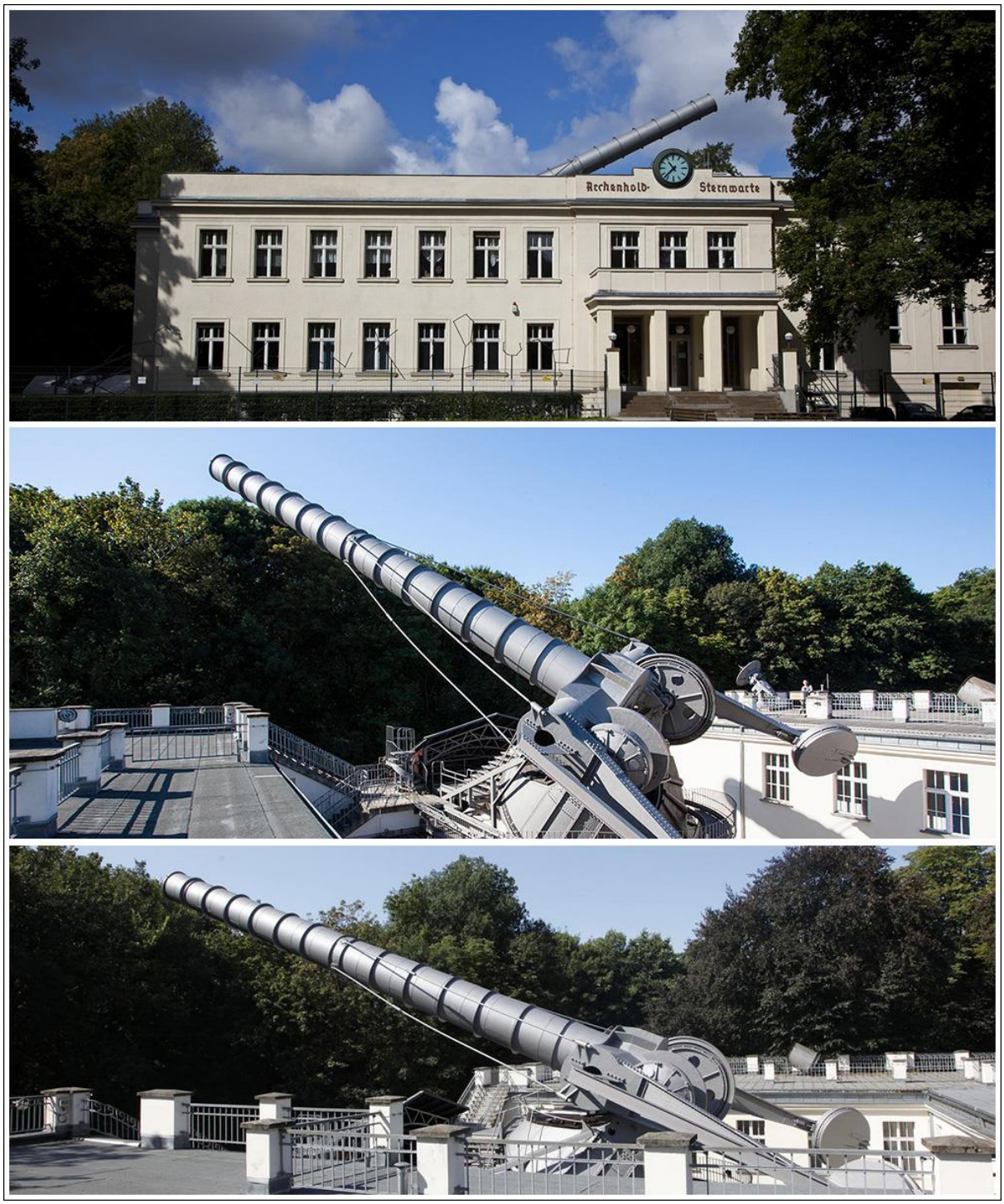


Figure 5- Archenhold Observatory (Berlin, Germany).

Sources:

- Herrmann, D.B. (1984). Archenhold Observatpry Past and Present. *Sky & Telescope,* July 1984.
- King: H.C (1955). *History of the Telescope.* Dover Publications.
- Manly, P. (1991). *Unsual Telescopes*. Cambridge University Press.
- Mitchell, S.A. (1910). A great open-air telescope. *Scientific American*, January 29, 1910.

MARCEL DE KÉROLYR (1873/1969), ONE THE GREATEST ASTROPHOTOGRAPHERS OF ITS TIME

PEDRO RÉ
http://re.apaaweb.com

Marcel Bonnemain de Kérolyr (Figure 1) was a professional violinist and one the greatest astrophotographers of its time. There is very little information regarding this renowned yet forgotten amateur astronomer. Some of the best astronomical photographs produced in the 1930s were obtained by him from Forcalquier, the place where "Observatoire de Haute Provence" was later to be built.

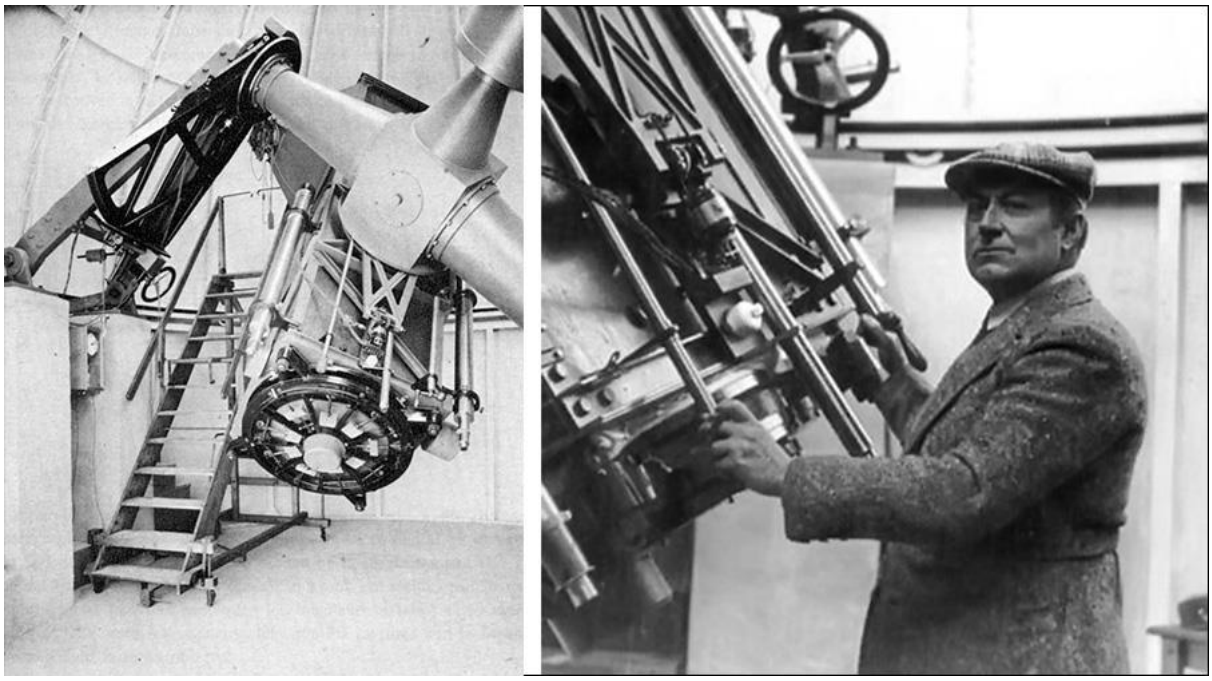


Figure 1- Marcel Bonnemain de Kérolyr and the 80 cm telescope.

Kérolyr was born in 1873. Being an accomplished violist, he married a singer and toured Europe from 1914 to 1918 acting as accompanist to his wife. During this period Kérolyr performed a recital before Tzar Nicholas II and his wife. Between tours, the couple lived in Nice and were known to entertain a lot. In 1927 Kérolyr witnessed the fatal car accident of the actress Isadora Duncan at "Promenade des anglais".

After this period his wife lost her voice and was unable to perform. After visiting the Nice observatory and getting in touch with several French amateur astronomers, Kérolyr decided to devote the rest of his life to astronomy and astrophotography was his main interest.

The couple bought a house in a place with very low levels of light pollution (Digne, Haute Provence Alps). Kérolyr built a roll-off-roof observatory that was described in *L'Astronomie* (October 1928). Housed in this observatory was an equatorial mount made with *Mecano* parts including a high-quality

worm wheel for astrophotography. Initially two photographic cameras were used: Derogy portrait lens 180mm, f/4.6); Berthiot aerial lens 120mm f/10 and a 250mm F/15 guiding telescope[13].

Kérolyr obtained all his plates, chemicals and photographic paper through the Lumière laboratories. Many of his first astrophotographs were published in *L'Astronomie* in 1928[14]. Some of these photographs were of high quality and very unusual. A milky way wide-field image with a -12 magnitude fireball is one example. Another photograph featured the Andromeda galaxy imaged with a total exposure of 7 h over three different nights (*L'Astronomie*, May 1929).

In 1930 Kérolyr moved to Forcalquier, located about 50 km from Digne. The Haute Provence observatory was later built close to this location. The director of the Paris observatory wanted to conduct seeing conditions *in situ* and Kérolyr was right man in the right place to do the job.

André Couder and G. Prin made the optics and mechanical parts of an 80 cm Newton/Cassegrain reflecting telescope[15] that was extensively used by Kérolyr. This Couder-Prin telescope is described in detail in Danjon and Couder classical book *Lunettes et Telescopes* (1935). The telescope was housed under a 8 m dome close to Kérolyr's house (Figure 2, Figure 3).

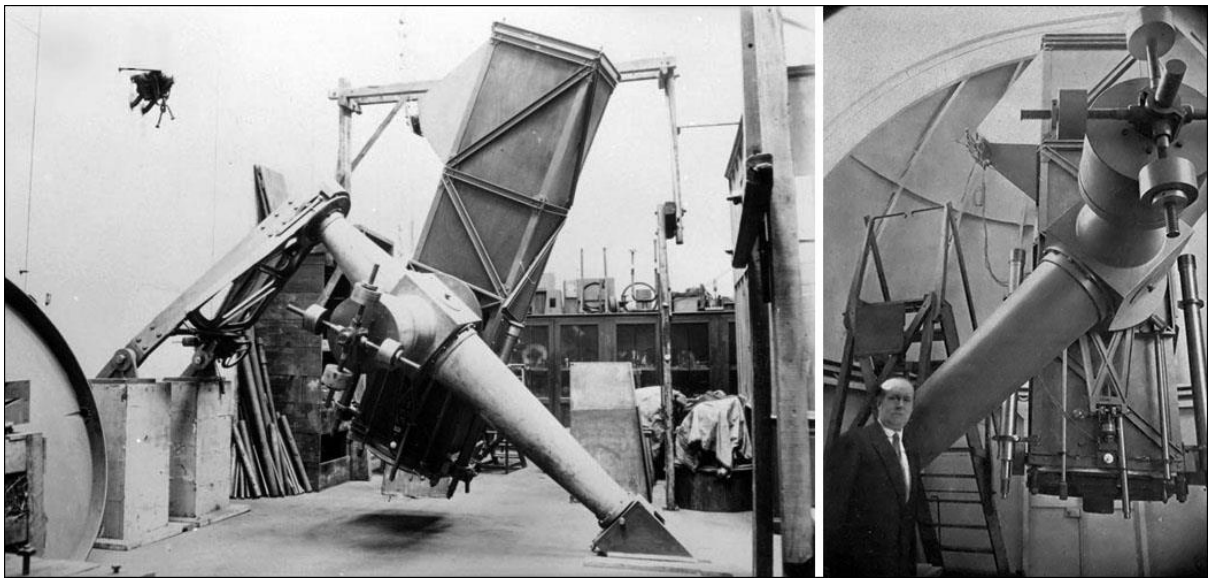


Figure 2- 80 cm Newton/Cassegrain telescope at Prin (left) and Forcalquier (right). Marcel Kérolyr in seen in the foreground (right).

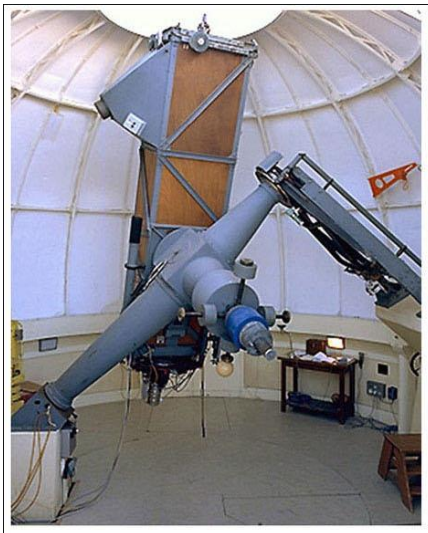
Kérolyr's first deep-sky image (IC 405) obtained with the 80 cm reflector was published in 1933 (*L'Astronomie,* May)[16]. Several Kérolyr's plates were published in the same magazine until 1938[17].

The observatory was known as "Paris Observatory Astrophysical Out-Station". Kérolyr worked as an observer and all cost were supported by the Paris observatory. He did not obtain an official position at the observatory an initially was not paid[18].

---

[13] https://youtu.be/WMKggqeffgA Youtube Video
[14] *L'Astronomie, Bulletin de la Société Astronomique de France*
[15] The 80 cm telescope was built by *Maison Prin*, Paris.
[16] A test exposure of the Orion nebula of 12 h in four different imaging sessions was published in September 1932 (*L'Astronomie*).
[17] The plates were very expensive to reproduce and were all paid by an anonymous donor X (later identified as Comte Aymard de la Baume Pluvinel).
[18] Kérolyr received a small pension later.

Some of Kérolyr's best photographs were published in Jean Giono's book *Le Poids du Ciel* (1938) (Figure 8). A 7 m astrophotograph was printed for the *Exposition Universelle* exhibited at the new *Palais de la Découvert* (Paris) in 1937.



Télescope de 0,80 m

1. Generalités

Date de mise en service : 1932 à Forcalquier
1945 à l'OHP

Monture : Anglaise
Tube : Treillis fermé

Miroir principal : Parabolique
Materiau : Glace St Gobain
Diamètre : 80 cm
Épaisseur : 8 cm
Diametre du trou : 175mm

2. Foyer

CASSEGRAIN
Distance focale : 12m
Miroir secondaire : Hyperbolique

Ouverture f/15
Diamètre 250mm (Utile 242mm)
Épaisseur: 50mm

Déplacement du foyer de : 4cm à 50cm
depuis le plan inférieur du barillet

Système de rotation : 360°

Baffles pour fond du ciel : oui

Poids maxi
appareil auxiliaire : 110 kg

Tromblon longueur : 700mm

Diamètre entrée : 90mm

Champ : 2.8'/cm

S.A.Ilovaisky
7 Octobre 1996

http://www.obs-hp.fr/guide/80.html

Figure 3- 80 cm telescope today. Observatory of "Haute Provence".

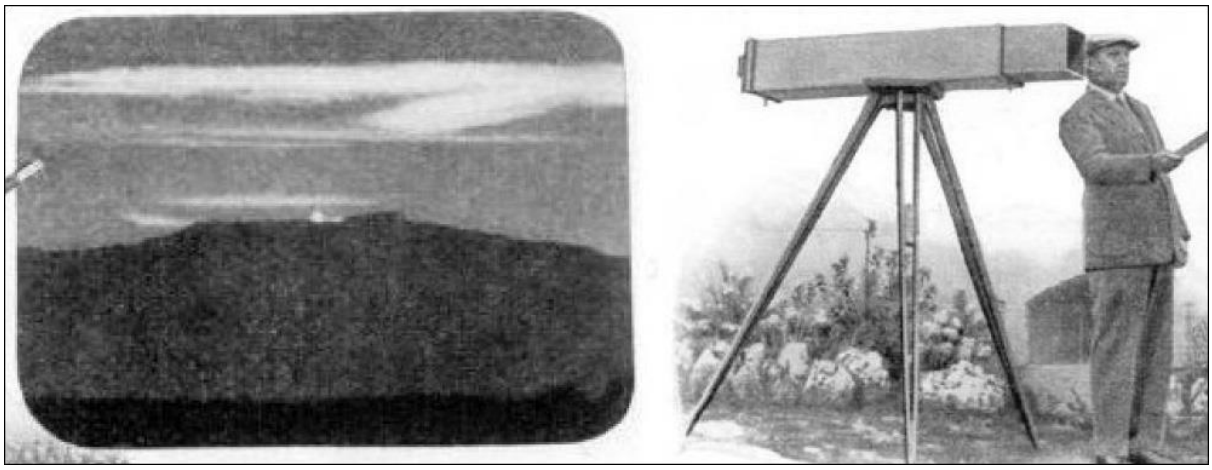


Figure 5- First colour photograph of the Green flash obtained by Kérolyr in 1931.

Figure 6- Moon images obtained by Kérolyr at Forcalquier (left Newton Focus, right Cassegrain focus).

Kérolyr is also known for being able to obtain the first colour photograph of the “green flash”. This photograph was taken in 1931 from his home at Forcalquier (Figure 5).

In 1933 (*L’Astronomy*, November 1933) Kérolyr published an astrophotograph of the southern part of the North America nebula with a total exposure time of 20 h. The faintest stars recorded in this photograph were as low as magnitude 20. Kérolyr wrote about this image:

This shows the optical and mechanical perfection of the equipment, particularly if one considers the length of the exposure, and if one remembers that the plate-holder had to be removed some forty times to ensure that focus was exact (by Focault testing).

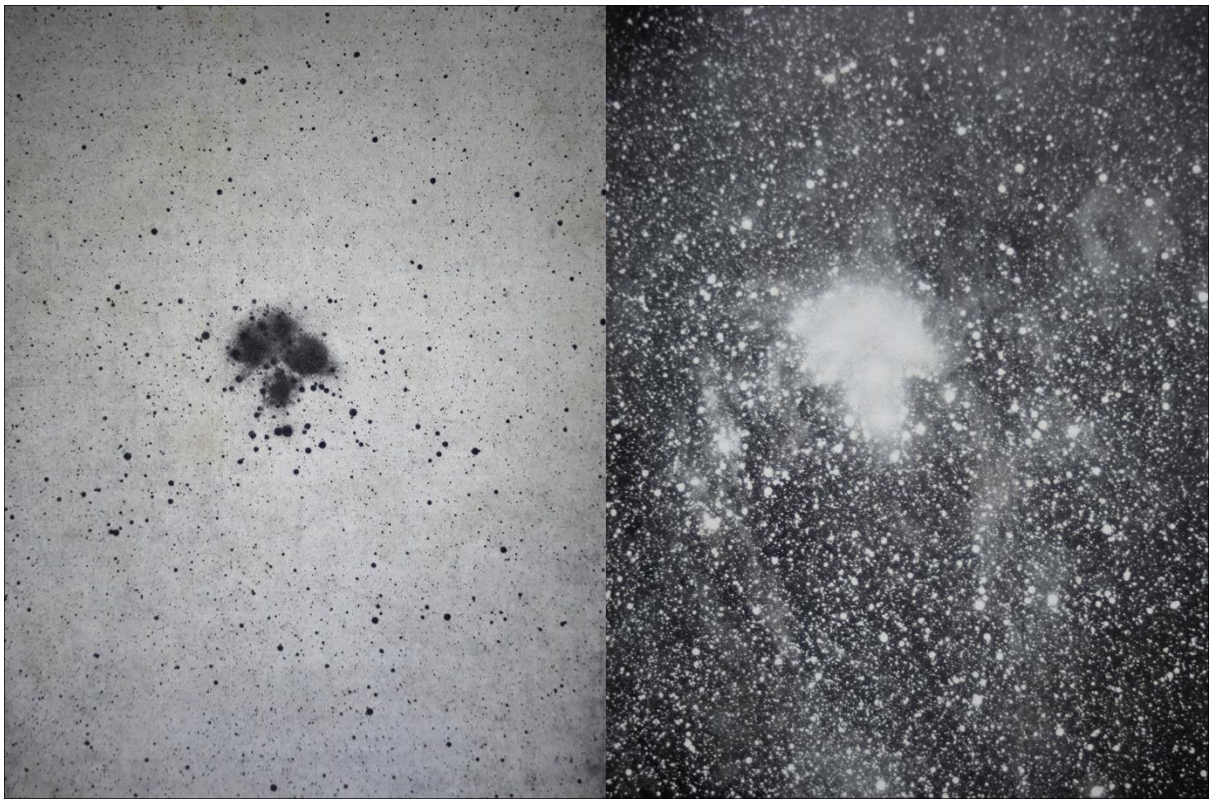


Figure 7- M45 (Pleiades) by M. de Kérolyr. Zeiss objective 1.2 m focal length. Lumiére Super S-E.

The last astrophotograph obtained by Kérolyr was published in April 1938 (*L'Astronomie*, Mars 1938). A Zeiss objective was used, mounted piggyback on the 80 cm telescope. This image shows the faint reflecting nebulae that can be found in the Pleaides Cluster. It was a composite of two photographs, 18 h + 24 h exposure (42 h in total) (Figure 7).

Kérolyr wrote the following report in *L'Astronomie*:

(…) *Cet hiver, je pus reprendre cette photographie des nébulosités extérieures des Pléiades – reproduite en planche hors texte – avec un objectif Zeiss d'aviation de 1200 millimétres de distance focale ouvert à F:7 et optiquement centré par A. Couder, mais voulant un éclairage uniforme sur toute la plaque, pour que, cette fois, les valeurs soient respectées jusque dans les angles, je diaphragmai à F:9, limite d'ouverture maximum à laquelle l'aire apparente du diaphragme, vue des angles du châsis porte-plaque, présent une forme à peu prés circulaire. (…) Je fis sur plaque Lumière Super-S E. (de trés grande rapidité et à fort gamma de constrast) une première pose de 18 heures (30-31 décembre 1937, 1-2 Janvier 1938). Je fis ensuite un deuxième cliché de 24 heures de pose (10-20-21-23-24-25 janvier) et constatai, toujours aprés les renforcement-reports indispensables, que les détails etait rigoureusement indentiques à ceux que montraient le premier negatif. Étant certain de n'avoir pas de fausses images – ce qui arrive quelquefois du fait de l'inégalité de sensibilité des plaques photographiques - je repris tout du commencement, surpeposai les deux négatifs originaux en les coulant sur les bords et en tirai par contact une série de positifs sur plaques en exposant les deus négatifs collés et chaque plaque positive à une grande distance d'une source lumineuse ponctuelle. Du fait de cette superposition les images des étoiles plus ou moins brillantes, taches d'argent trés denses, ne sout pas intensifiées, tandis que les nébulosités, surfaces de grain d'argent três fins et disséminés, sont renforcées, c'est à dire se détachen mieux sur le fond. Du meilleur positif ansi obtenu, il ne restait plus qu'à obtenir une série de deuxiémes négatifs et choisir parmi ceux-ci, celui que donnait la meilleure épreve positive finale, ni trop douce, ni trop dure, ni trop empâté, bref montrant autant que possible les merveilleux détails que l'n voit sur ces*

deuxièmes négatifs quando on les observe par transparence. L'epreuve finale représent donc 42 heures de pose, à F:9. J'aurait pu, les plaques Super-S E. étant extrêmement rapides em même temps qu'à contrastes, ne poser, par exemple que 20 heures à F:9, mais j'ai voulu par superposition n'avoir pas à trop forcer au laboratoire, respectant les valeurs et évitant un grain fâcheux.

Sources:

Danjon, A, A. Couder (1935). *Lunetes et Telescopes.* Paris.

Giono, J. (1938). *Le Poids du Ciel*. Paris, Gallimard.

Hughes, S. (2013). *Catchers of the Light*. ArtDeCiel Publishing.

Hughes, S. (2016). *Ages of Astrophotography 1839-2015*. eBook

Figure 8- Selection of Kérolyr's astrophotographs published in *Le Poids du Ciel* (1938).

Detecção de Exoplanetas por Astrónomos Amadores. Mergulhos no Oceano Cósmico

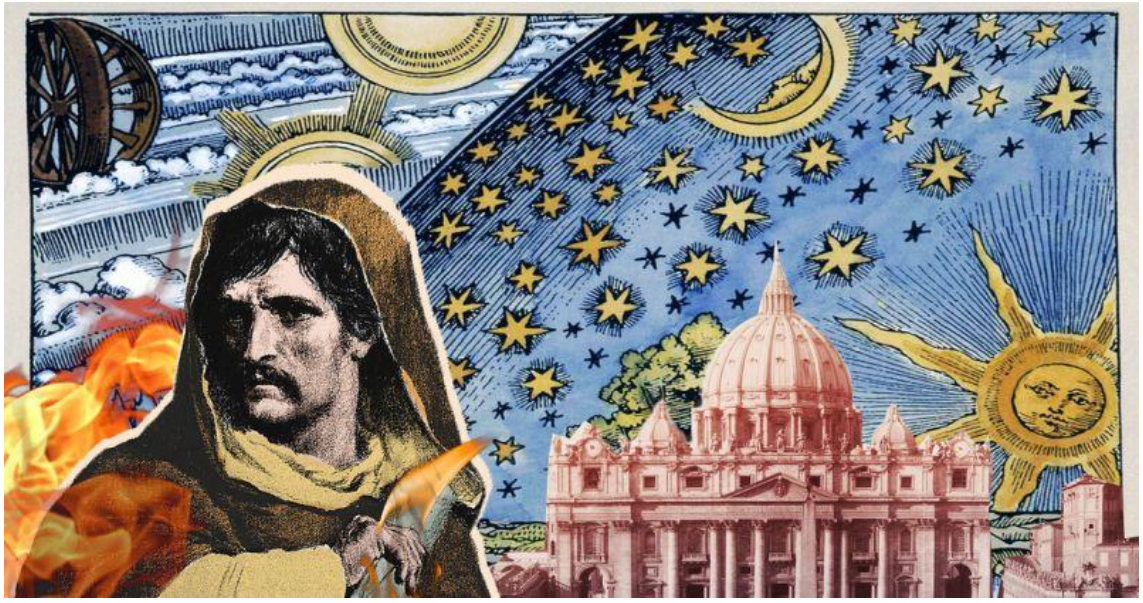
Cédric Pereira – *www.cedricpereira.space*

1. Introdução

1.1. Breve Contexto Histórico

Antigamente pensava-se que a formação de planetas requeria condições muito específicas que só se poderiam encontrar em um baixo número de locais na nossa galáxia, como por exemplo no nosso sistema solar. Portanto a existência de exoplanetas em orbita de outras estrelas seria algo muito raro.

Apesar disso, por volta de 1584, já Giordano Bruno afirmava o seguinte: "Há incontáveis Terras, todas orbitando em volta de seus sóis da mesma maneira que os sete planetas do nosso sistema… Os incontáveis mundos no universo não são piores nem menos habitados que a nossa Terra."



Giordano Bruno e o Universo.
credits: The Earth Chronicles of Life
https://earth-chronicles.com/

Hoje em dia, com a progressão da ciência, já se pode afirmar em termos estatísticos que existe no mínimo um exoplaneta a orbitar cada estrelinha que observamos no céu. Portanto todos os pontinhos de luz que podemos observar numa bela noite estrelada não são apenas meras estrelas, mas sim, outros sistemas planetários que podem inclusive ter desenvolvido diferentes formas de vida.

Atenção: na realidade existem várias estrelas sem exoplanetas e estrelas com mais que um exoplaneta, como por exemplo o caso do sistema Trappist-1, onde foram detetados 7 exoplanetas em torno da sua estrela hospedeira.

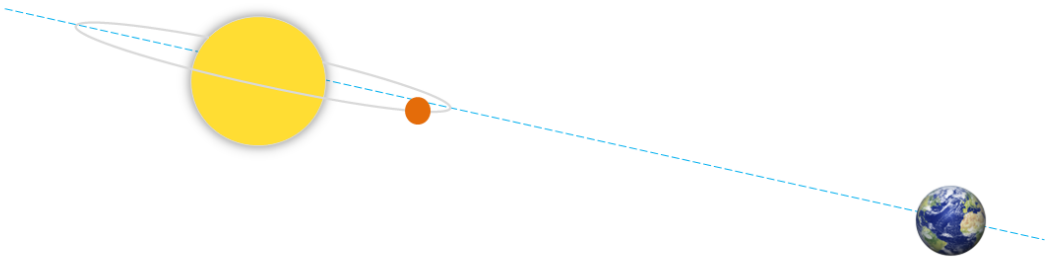
Fotografia do céu de Inverno – Monsaraz.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

- Estará ao alcance de um astrónomo amador a observação desses exoplanetas?

Apesar de recentemente algumas equipas de investigação com recurso a poderosos telescópios terem fotografado alguns exoplanetas, para um astrónomo amador este será um objecto astronómico muito difícil de observar directamente. Mas existem algumas técnicas indirectas de observação que podem ser utilizadas e que estão ao alcance da maioria do comum dos mortais.

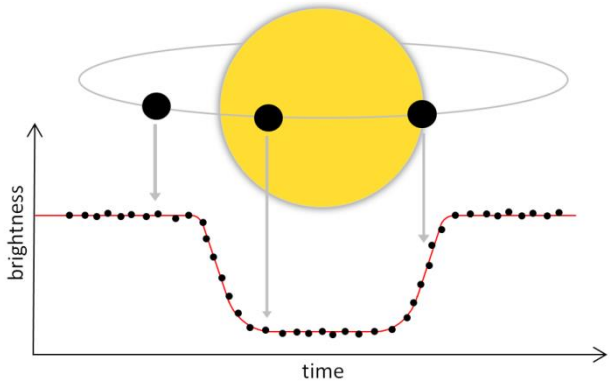
1.2. Método do Trânsito

O método do trânsito é uma das formas indirectas de observação de exoplanetas. Existem vários casos de exoplanetas que o plano da sua orbita está orientado de tal forma, que um observador terrestre consegue observar o exoplaneta a passar em frente à sua estrela hospedeira.



Alinhamento: Estrela - Exoplaneta – Terra.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Quando tal acontece, se monitorizarmos a magnitude aparente da estrela hospedeira, será expectável observar uma diminuição do seu brilho (quando o exoplaneta está posicionado à sua frente) e posteriormente um restabelecimento do seu brilho (quando o exoplaneta sai da sua frente).



Variação do brilho da estrela hospedeira.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Este é sem dúvida um dos métodos mais utilizados na detecção de exoplanetas, quer por astrónomos amadores como por astrónomos profissionais. A missão Kepler é uma das missões mais bem-sucedidas ate ao momento na detecção de exoplanetas, que inclusive, utilizava este método. Em Portugal existe um astrónomo amador chamado João Gregório, que colabora activamente com equipas de investigação na detecção de exoplanetas. Ele já conta com mais de duas dezenas de colaborações, em que a sua ajuda, com os seus equipamentos amadores, foram vitais na identificação e confirmação da existência de exoplanetas em torno de outras estrelas.

2. Aquisição de Dados

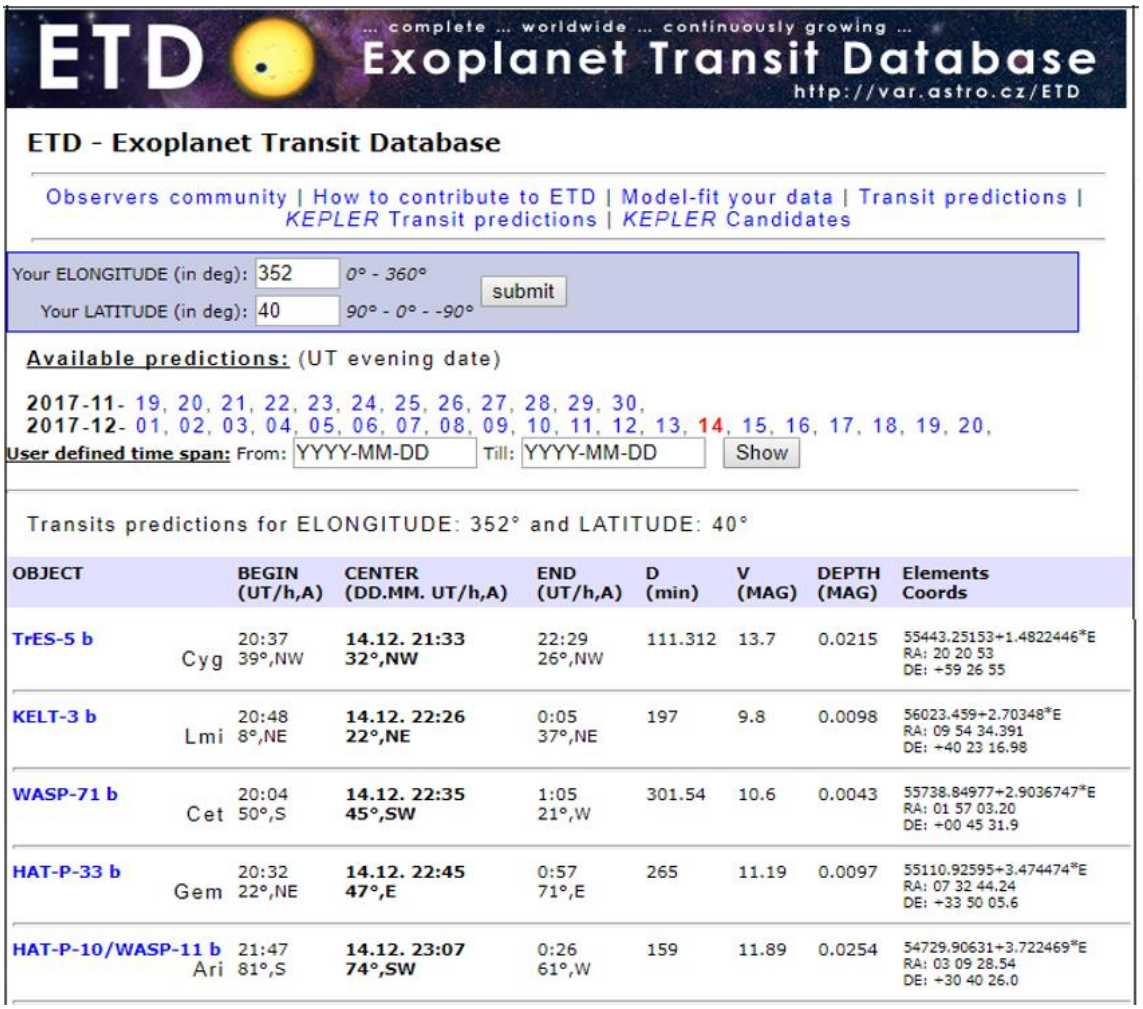
2.1. Planeamento da Observação

Como já foi referido, o método do trânsito é acessível a astrónomos amadores. Sendo assim, como poderemos observar um exoplaneta e obter a curva de luz do seu trânsito em torna da estrela hospedeira?

Em primeiro lugar é preciso conhecer quando irão ocorrer trânsitos de exoplanetas visíveis para um determinado local de observação. Existe uma base de dados muito conceituada e fidedigna onde possível encontrar essa informação:

"Exoplanet Transit Database" – http://var.astro.cz/ETD.

Nessa base de dados basta aceder a "Transit Predictions", colocar as coordenadas geográficas do local de observação (atenção que a Longitude é na verdade "Elongitude", por exemplo, a longitude em Portugal é de cerca de -8˚ ou 8˚ W, na base de dados terá de se colocar o valor de 360˚-8˚=352˚) e seleccionar qual o dia em que se pretende observar. Na tabela serão apresentados os trânsitos que irão ocorrer para os parâmetros indicados.



ETD ... complete ... worldwide ... continuously growing ... Exoplanet Transit Database http://var.astro.cz/ETD

ETD - Exoplanet Transit Database

Observers community | How to contribute to ETD | Model-fit your data | Transit predictions | *KEPLER* Transit predictions | *KEPLER* Candidates

Your ELONGITUDE (in deg): 352 *0° - 360°*
Your LATITUDE (in deg): 40 *90° - 0° - -90°* submit

Available predictions: (UT evening date)

2017-11- 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30,
2017-12- 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,

User defined time span: From: YYYY-MM-DD Till: YYYY-MM-DD Show

Transits predictions for ELONGITUDE: 352° and LATITUDE: 40°

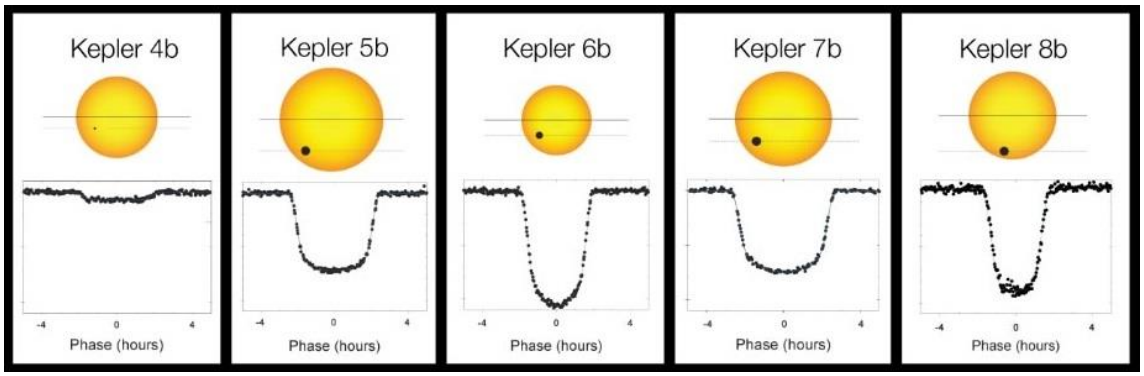
OBJECT		BEGIN (UT/h,A)	CENTER (DD.MM. UT/h,A)	END (UT/h,A)	D (min)	V (MAG)	DEPTH (MAG)	Elements Coords
TrES-5 b	Cyg	20:37 39°,NW	**14.12. 21:33 32°,NW**	22:29 26°,NW	111.312	13.7	0.0215	55443.25153+1.4822446*E RA: 20 20 53 DE: +59 26 55
KELT-3 b	Lmi	20:48 8°,NE	**14.12. 22:26 22°,NE**	0:05 37°,NE	197	9.8	0.0098	56023.459+2.70348*E RA: 09 54 34.391 DE: +40 23 16.98
WASP-71 b	Cet	20:04 50°,S	**14.12. 22:35 45°,SW**	1:05 21°,W	301.54	10.6	0.0043	55738.84977+2.9036747*E RA: 01 57 03.20 DE: +00 45 31.9
HAT-P-33 b	Gem	20:32 22°,NE	**14.12. 22:45 47°,E**	0:57 71°,E	265	11.19	0.0097	55110.92595+3.474474*E RA: 07 32 44.24 DE: +33 50 05.6
HAT-P-10/WASP-11 b	Ari	21:47 81°,S	**14.12. 23:07 74°,SW**	0:26 61°,W	159	11.89	0.0254	54729.90631+3.722469*E RA: 03 09 28.54 DE: +30 40 26.0

Tabela com os trânsitos que irão ocorrer em determinado dia/hora/local.
credits: Exoplanet Transit Database
https://var.astro.cz/ETD

- Na tabela, a primeira coluna "Object" representa o nome do exoplaneta [Tres-5 b].
- A segunda coluna "Begin (UT/h,A)" indica a hora a que começa o trânsito, ou seja, o momento previsto em que o exoplaneta se posiciona em frente à estrela hospedeira [20:37], a constelação a que pertence [Cyg], a altitude a que se encontra naquele momento [39˚] e ainda a direcção geográfica para onde observar [NW].
- A terceira coluna "Center (DD.MM. UT/h,A)" indica o dia em que ocorre o trânsito [14.12], a hora a que o trânsito está a meio [21:33], a altitude a que se encontra naquele momento [32˚] e ainda a direcção geográfica para onde observar [NW].
- A quarta coluna "End (UT/h,A)" indica a hora a que finaliza o trânsito [22:29], a altitude a que se encontra naquele momento [26˚] e ainda a direcção geográfica para onde observar [NW].
- A quinta coluna "D (min)" indica o tempo de duração do trânsito.
- A sexta coluna "V (mag)" indica a magnitude da estrela hospedeira.
- A sétima coluna "Depth (mag)" indica a profundidade do trânsito, ou seja, a variação de brilho que irá ser observada na estrela hospedeira.
- A oitava coluna "Elements Coords" indica as coordenadas para onde apontar o telescópio.

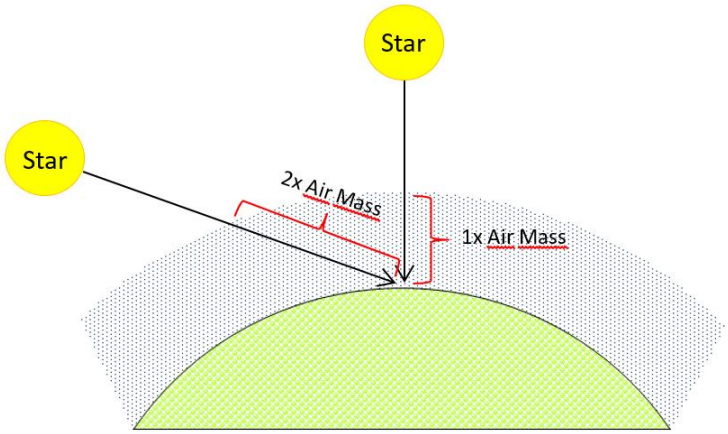
Dois dos parâmetros determinantes para selecionar um exoplaneta a observar são sem dúvida a profundidade de trânsito e a altitude. Quanto maior for o valor da profundidade, mais profunda será

a curva luz e mais fácil será disntiguir o trânsito no meio dos dados. Diferentes pronfundidades resultam em diferentes curvas de luz, conforme a relação de tamanhos entre o exoplaneta e a estrela hospedeira:



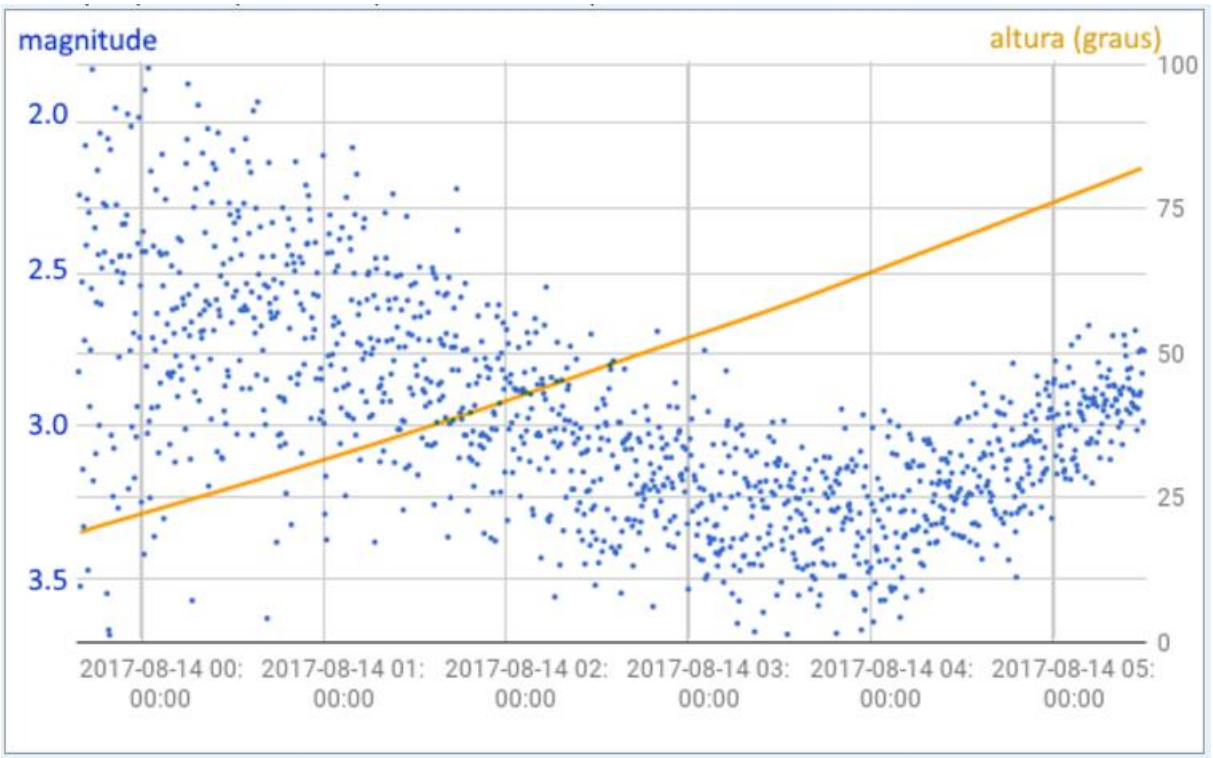
Diferentes curvas de luz.
credits: Nasa
http://www.nasa.gov

Por outro lado, quanto maior for a altitude da estrela em que ocorre o trânsito, melhor será a qualidade dos dados obtidos, visto que a luz que vem da estrela atravessará uma menor quantidade de atmosfera terrestre.



Massa de ar.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Na seguinte figura, a azul, pode-se observar a magnitude da estrela Algol durante um período de tempo de 5 horas. A sua magnitude varia pois trata-se de um estrela binária eclipsante. A laranja pode-se observar a altitude a que se encontra. Note que a dispersão dos pontos no início da aquisição de dados é bastante elevada, quando a estrela se encontra a uma altitude de apenas 25˚, contudo com o aumento da sua altitude ao longo do tempo a dispersão reduz-se gradualmente até atingir bons valores de qualidade. Esta aquisição foi realizada pelo astrónomo amador português Filipe Dias.



Variação de magnitude de uma estrela binária eclipsante.
credits: Filipe Dias
http://astrofil.blogspot.pt/

Da seguinte tabela e de acordo com os critérios anteriormente mencionados, o exoplaneta "HAT-P-10/WASP-11b" é o alvo que apresenta melhores características. A profundidade de trânsito é bastante elevada [0.0254 mag] e apresenta uma boa altitude desde o início até ao fim da sessão [81˚ a 61˚].

Da grande variedade de exoplanetas que a base de dados possui, os maiores valores de profundidade que se podem encontrar rodam os 0.03 mag. Valores abaixo de 0.01 mag já se consideram grandes desafios para câmaras menos apropriadas para fotometria, contudo não serão valores proibidos e mesmo com câmaras DSLR é possível obter curvas de luz. Exoplanetas com altitudes inferiores a 30˚ devem ser excluídos do leque de possibilidades, pois os dados adquiridos irão possuir grandes valores de dispersão.

A magnitude da estrela hospedeira não é um problema para a maioria dos telescópios e para a maioria das câmaras fotográficas modernas que possuem sensores bastante sensíveis. A duração do trânsito apenas dependerá da paciência do observador.

ETD ... complete ... worldwide ... continuously growing ... Exoplanet Transit Database http://var.astro.cz/ETD

ETD - Exoplanet Transit Database

Observers community | How to contribute to ETD | Model-fit your data | Transit predictions | *KEPLER* Transit predictions | *KEPLER* Candidates

Your ELONGITUDE (in deg): 352 *0° - 360°*
Your LATITUDE (in deg): 40 *90° - 0° - -90°* submit

Available predictions: (UT evening date)

2017-11- 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30,
2017-12- 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20,

User defined time span: From: YYYY-MM-DD Till: YYYY-MM-DD Show

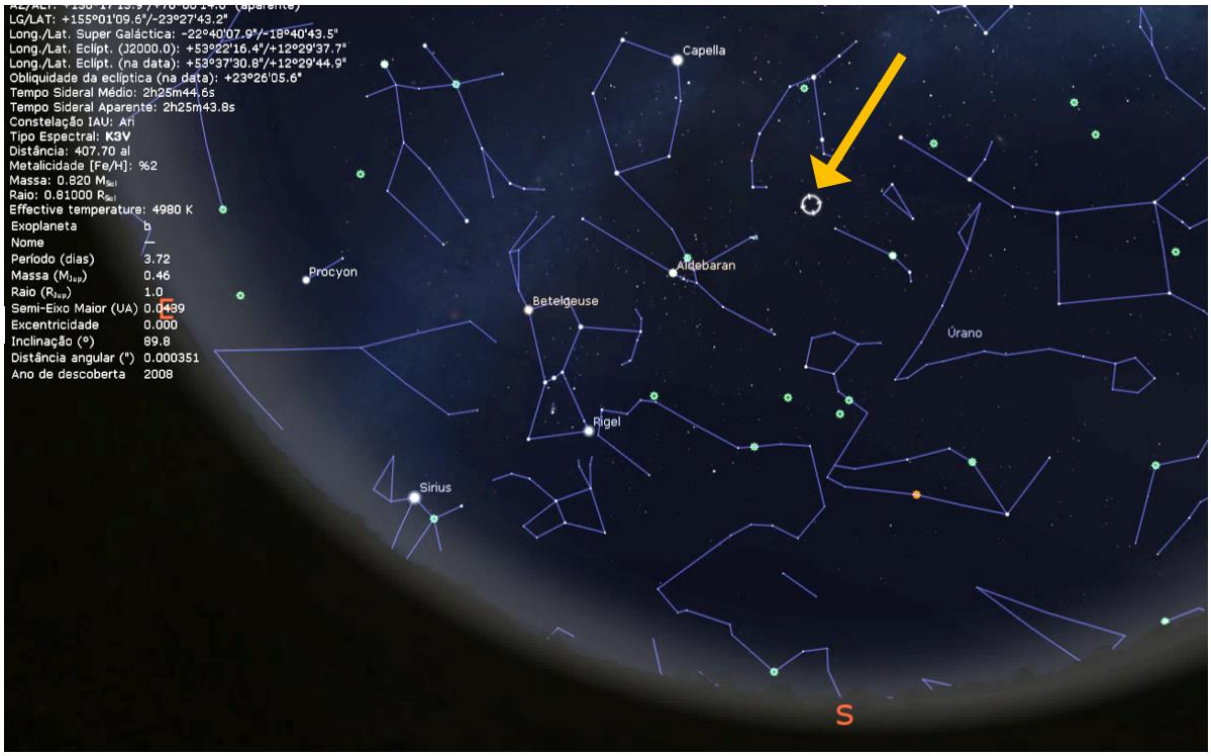
Transits predictions for ELONGITUDE: 352° and LATITUDE: 40°

OBJECT		BEGIN (UT/h,A)	CENTER (DD.MM. UT/h,A)	END (UT/h,A)	D (min)	V (MAG)	DEPTH (MAG)	Elements Coords
TrES-5 b	Cyg	20:37 39°,NW	**14.12. 21:33 32°,NW**	22:29 26°,NW	111.312	13.7	0.0215	55443.25153+1.4822446*E RA: 20 20 53 DE: +59 26 55
KELT-3 b	Lmi	20:48 8°,NE	**14.12. 22:26 22°,NE**	0:05 37°,NE	197	9.8	0.0098	56023.459+2.70348*E RA: 09 54 34.391 DE: +40 23 16.98
WASP-71 b	Cet	20:04 50°,S	**14.12. 22:35 45°,SW**	1:05 21°,W	301.54	10.6	0.0043	55738.84977+2.9036747*E RA: 01 57 03.20 DE: +00 45 31.9
HAT-P-33 b	Gem	20:32 22°,NE	**14.12. 22:45 47°,E**	0:57 71°,E	265	11.19	0.0097	55110.92595+3.474474*E RA: 07 32 44.24 DE: +33 50 05.6
HAT-P-10/WASP-11 b	Ari	21:47 81°,S	**14.12. 23:07 74°,SW**	0:26 61°,W	159	11.89	0.0254	54729.90631+3.722469*E RA: 03 09 28.54 DE: +30 40 26.0

Tabela com os trânsitos que irão ocorrer em determinado dia/hora/local.
credits: Exoplanet Transit Database
https://var.astro.cz/ETD

Escolhido o exoplaneta pode-se recorrer a um software de simulação do céu nocturno, como por exemplo o software "Stellarium", para averiguar e conhecer melhor o local onde se encontra o referido alvo.

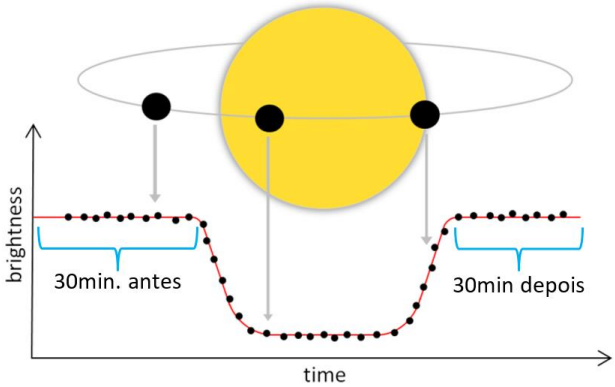
O trânsito irá se iniciar às 21:47 e terminar as 0:26, contudo é importante começar a aquisição de dados no mínimo meia hora antes e terminar no mínimo meia hora depois, para se adquirir dados com a magnitude da estrela estável. De referir que as horas indicadas na base de dados estão em "UT", ou seja, Tempo Universal. Devem ser convertidas para o respetivo Tempo Local.



Simulador do céu nocturno - Stellarium
credits: Stellarium
http://www.stellarium.org

Resumido o planeamento da sessão de observação:

OBJECT	BEGIN (UT/h,A)	CENTER (DD.MM. UT/h,A)	END (UT/h,A)	D (min)	V (MAG)	DEPTH (MAG)	Elements Coords
HAT-P-10/WASP-11 b Ari	21:47 81°,S	**14.12. 23:07 74°,SW**	0:26 61°,W	159	11.89	0.0254	54729.90631+3.722469*E RA: 03 09 28.54 DE: +30 40 26.0



Começar a aquisição de dados 30min. antes e terminar 30min. depois do final indicado na base de dados.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Outros factores a ter em conta no agendamento de uma sessão de observação são os tempos de montagem, afinação e calibração dos equipamentos, deslocamentos para o local, etc…

2.2. Aquisição de Dados

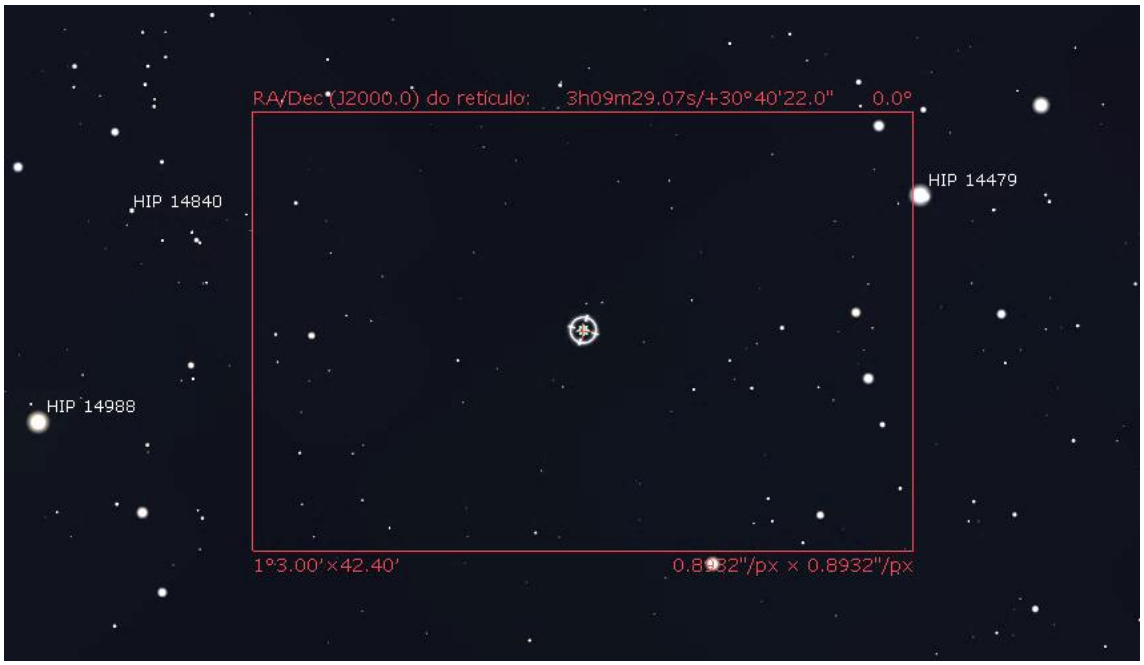
Não esquecer de levar roupa quentinha, comida, bebida e boa disposição para uma sessão de observação ☺.

Sessão de observação – Observatório Lago Alqueva
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

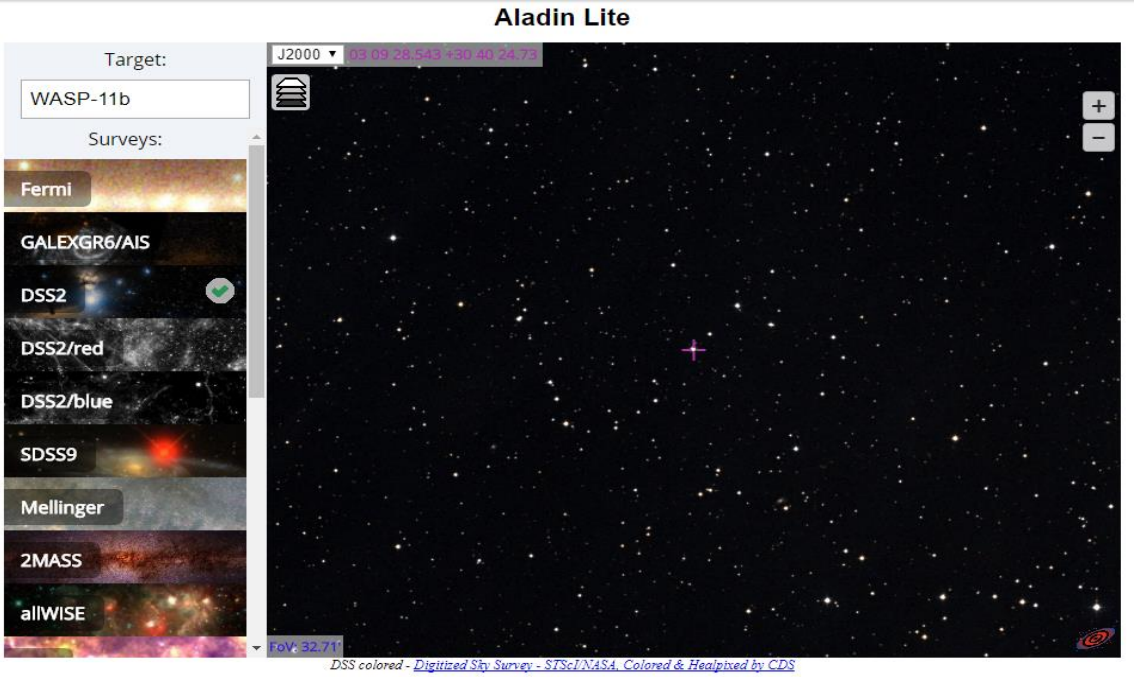
Após montagem, afinação e calibração dos equipamentos de aquisição de dados é necessário verificar se o telescópio estará a apontar para o sítio respectivo.

- O software "Stellarium" possui uma ferramenta que permite simular qual o campo de imagem que irá obter com determinada câmara fotográfica. Esta ferramenta poderá ser útil para comparação das estrelas simuladas com as estrelas que obtêm numa fotografia do local para onde aponta o telescópio.

- Outra ferramenta útil é o "Aladin Lite" que pode ser consultada no seguinte web-site: http://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/. Esta ferramenta permite visualizar com um bom grau de precisão as estrelas que se podem observar no respectivo local.

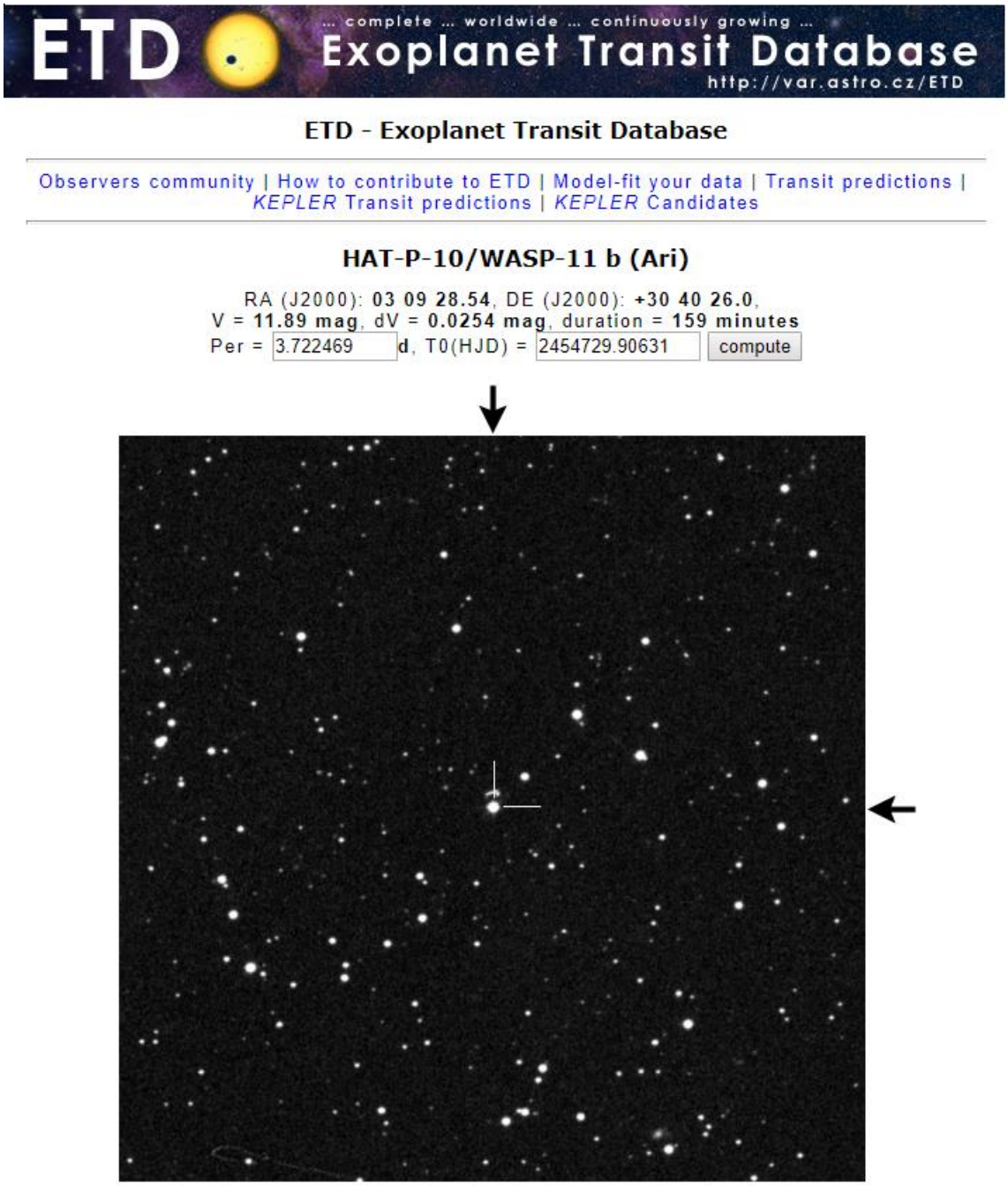


Ferramenta para comparação entre o local onde aponta o telescópio com o local correcto.
credits: Stellarium
http://www.stellarium.org



Ferramenta para comparação entre o local onde aponta o telescópio com o local correcto.
credits: Aladin Sky Atlas
http://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite

- Mesmo a base de dados "Exoplanet Trasint Database" possui exemplos de fotografias de campos de imagem dos locais de observação de exoplanetas.



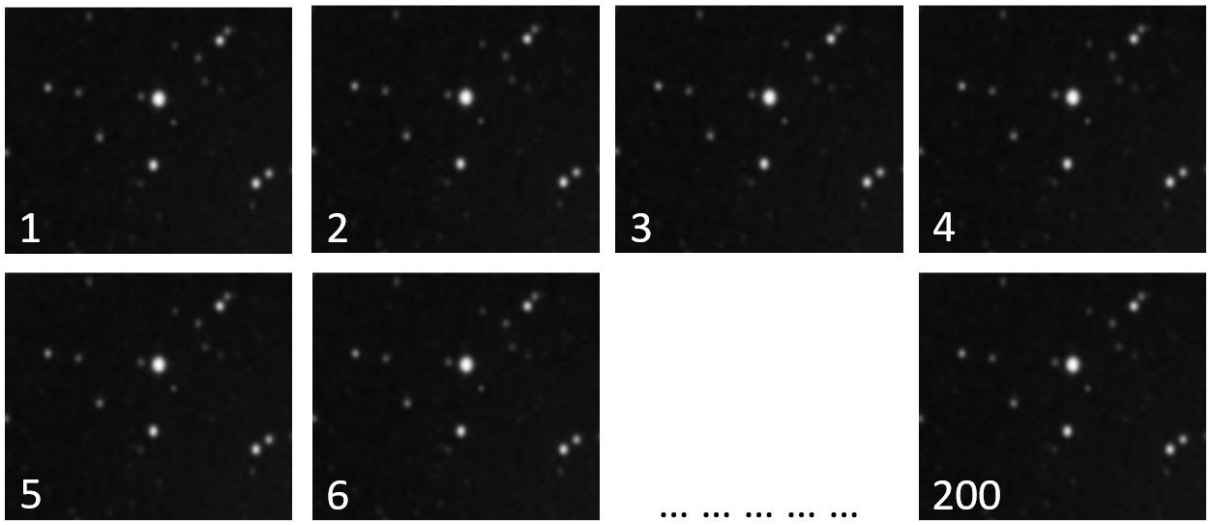
Ferramenta para comparação entre o local onde aponta o telescópio com o local correcto.
credits: Exoplanet Transit Database
https://var.astro.cz/ETD

- Outra ferramenta útil é o "Astrometry", que pode ser consultada no seguinte web-site: http://nova.astrometry.net/. Esta ferramenta permite carregar uma fotografia captada do céu nocturno e identificar automaticamente as estrelas de maior relevância. Com essa referenciação e utilizando um simulador do céu nocturno é possível compreender melhor para onde o telescópio poderá estar a apontar.

Ferramenta de identificação de astros em fotografias.
credits: Astrometry.net
http://nova.astrometry.net

Após direccionar o telescópio correctamente para o local onde está o exoplaneta, está na hora de configurar os parâmetros da câmara fotográfica para realizar uma correcta aquisição de dados.

A ideia é adquirir várias fotos da estrela alvo de modo a analisar o seu brilho a cada foto. Quanto maior for o número de fotos adquiridas, maior será a estatística que permitirá traçar uma curva de luz mais fidedigna. Contudo os parâmetros fotográficos irão limitar o número de fotos.



Várias fotografias captadas de uma estrela alvo.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Numa câmara fotográfica DSLR existem 3 parâmetros chave que serão precisos definir:

- ISO: Quanto maior for o valor de ISO, maior será a sensibilidade do sensor, originando uma foto mais clara ou mais sensível a objectos de baixa luminosidade. Por outro lado, quanto maior for o valor de ISO, maior irá ser o nível de ruido presente na foto.

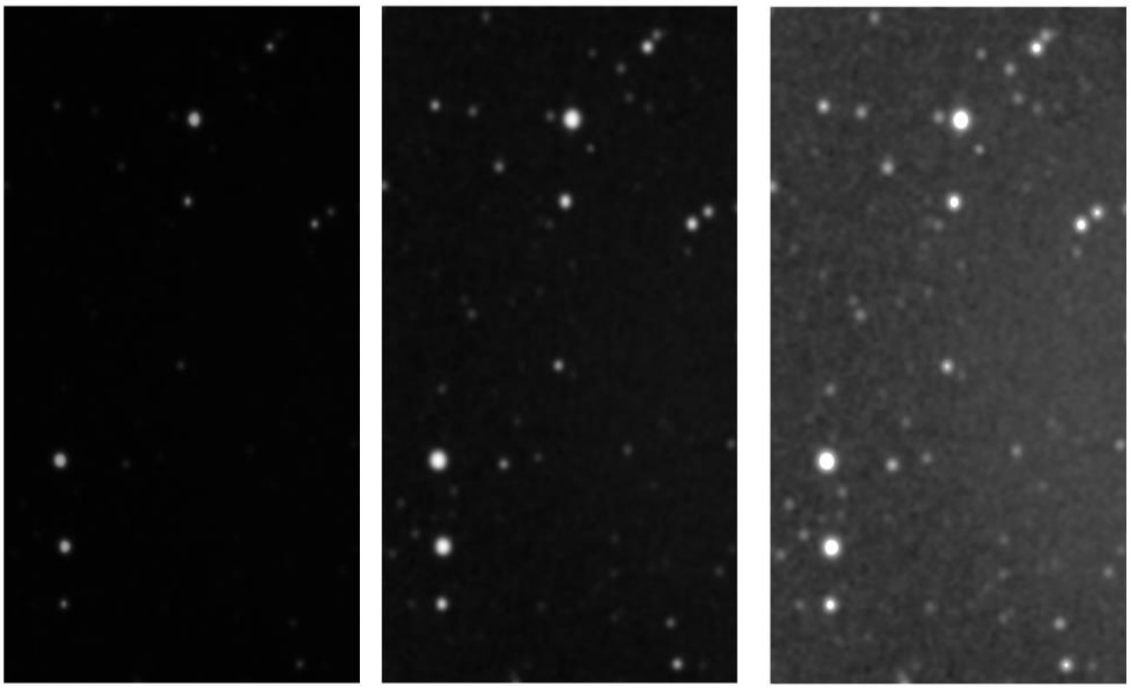
- Abertura: Quanto maior for a abertura da lente, mais luz chegará ao sensor, originando uma foto mais clara ou mais sensível a objectos de baixa luminosidade. Por outro lado, quanto maior for a abertura, menor será a focagem de objectos a diferentes profundidades.

- Exposição: Quanto maior for o tempo de exposição, mais luz será recolhida pelo sensor, originando uma foto mais clara ou mais sensível a objectos de baixa luminosidade. Por outro lado, quanto maior for o tempo de exposição, maior será o arrastamento de objectos em movimento.

Não abordando muito o tema, pois supõe-se que o leitor tem conhecimentos ou poderá pesquisar sobre o processo fotográfico, apenas ficam os seguintes conselhos: para tirar uma fotografia a uma estrela alvo, de modo a analisar o seu brilho, pode-se definir a maior abertura que a lente permita (caso seja com um telescópio, a abertura será fixa), para chegar ao sensor a maior quantidade de luz possível. Já o tempo de exposição e o ISO deverão ser ajustados em conjunto. Deve-se utilizar o menor ISO possível de modo a minimizar o ruido presente na fotografia, contudo ISO's baixo podem requerer longos tempos de exposição. Como referência inicial pode-se definir um tempo de exposição de 1min. e ajustar o ISO de modo a que a estrela apareça bem definida.

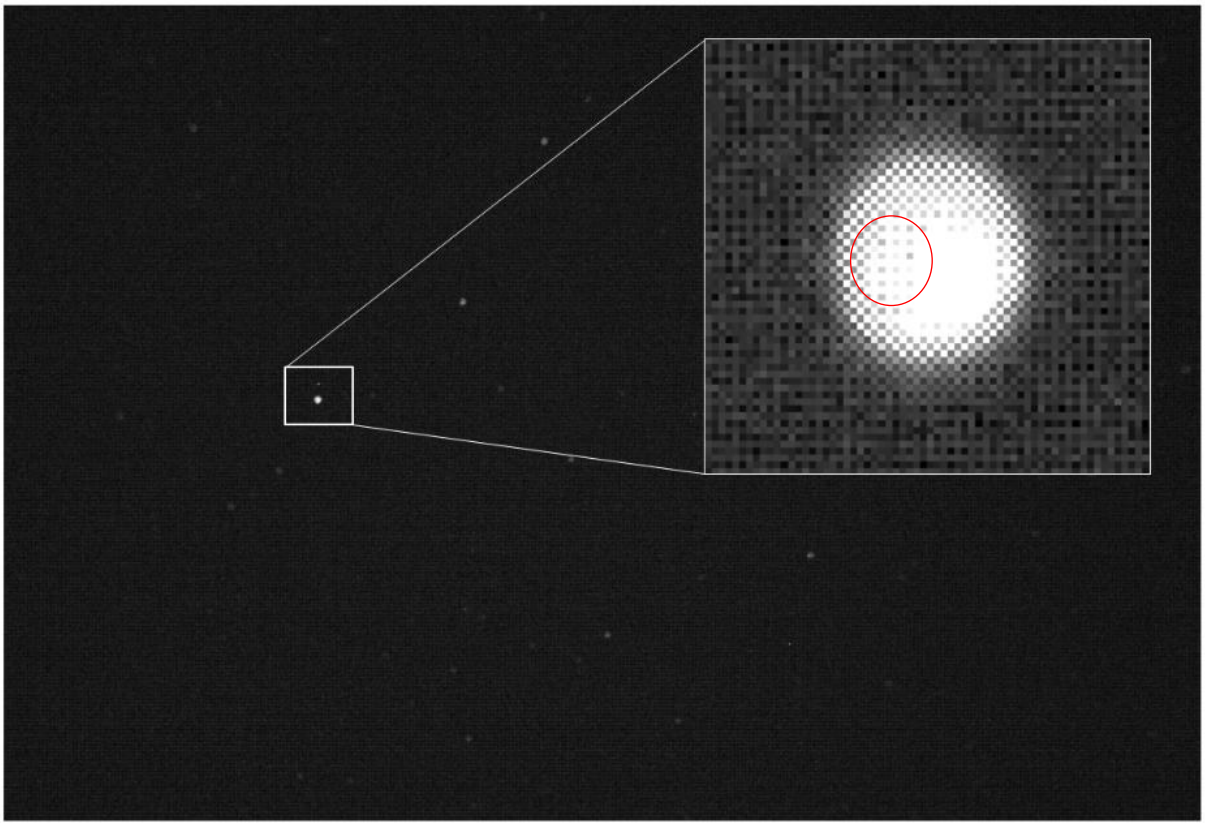
Parâmetros chave da fotografia.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

As fotografias obtidas não devem ser muito claras nem muito escuras:



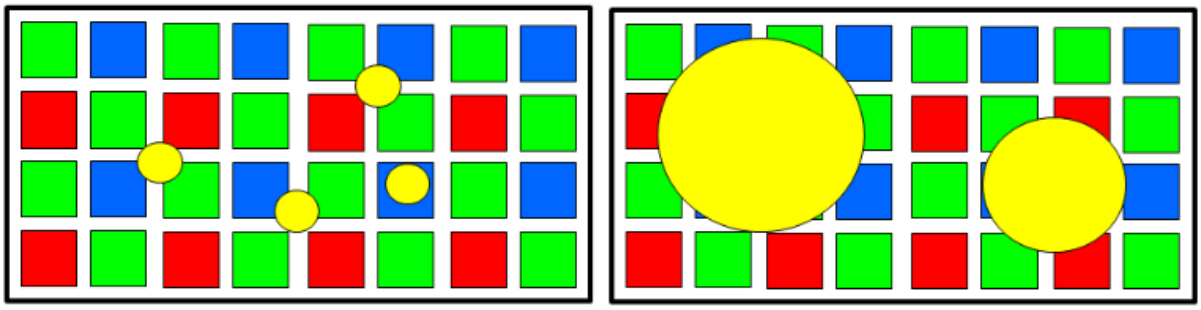
Diferenças de intensidade em diferentes fotografias.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Na verdade, é importante que a estrela alvo não fique saturada, isto é, os pixéis não atinjam os valores máximos. Imaginando que um pixel pode apresentar valores entre 0 a 255, em que 0 corresponde a um pixel preto e 255 corresponde a um pixel branco, um pixel saturado terá atingido o valor 255 durante a exposição. De pixéis saturados não será possível extrair informação correcta para medir o brilho da estrela. Uma regra inicial que pode ser utilizada é: mais vale uma estrela escura na fotografia do que uma estrela muito brilhante! Contudo, estrelas escuras apresentam pouco sinal face ao ruido que a foto poderá conter. É importante conhecer a câmara fotográfica e conseguir obter pixéis da estrela alvo com bons valores de intensidade, talvez a 40% ou 50% do seu máximo. Também é importante conhecer a janela de linearidade do sensor fotográfico.



Estrela saturada.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Outro conselho que poderá ser utilizado, principalmente em câmaras a cores, é a desfocagem das estrelas. É aconselhado desfocar ligeiramente as estrelas de modo a que estas ocupem um maior número de pixéis. Quanto maior o número de pixéis abrangidos, maior será a estatística e menor a dispersão de dados. Uma estrela que ocupe uma área de 100 pixéis é provavelmente suficiente para a análise do seu brilho, mesmo em um sensor a cores. Os sensores das máquinas fotográficas são compostos por muitos pixéis, contudo entre eles podem existir algumas áreas mortas. Utilizando um sensor a cores, as estrelas podem abranger apenas pixéis de uma determinada cor e deixar outras cores de fora. A desfocagem das estrelas permite mitigar estes problemas e uniformizar melhor a aquisição. Além disso, ao se desfocar uma estrela, a luz abrange uma área maior e o efeito de saturação torna-se menos provável. Atenção, que dependentemente do telescópio, desfocar uma estrela em um sentido ou no sentido inverso provocam efeitos diferentes. É preciso analisar qual o melhor sentido de desfocagem.



Utilização de estrelas desfocadas.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

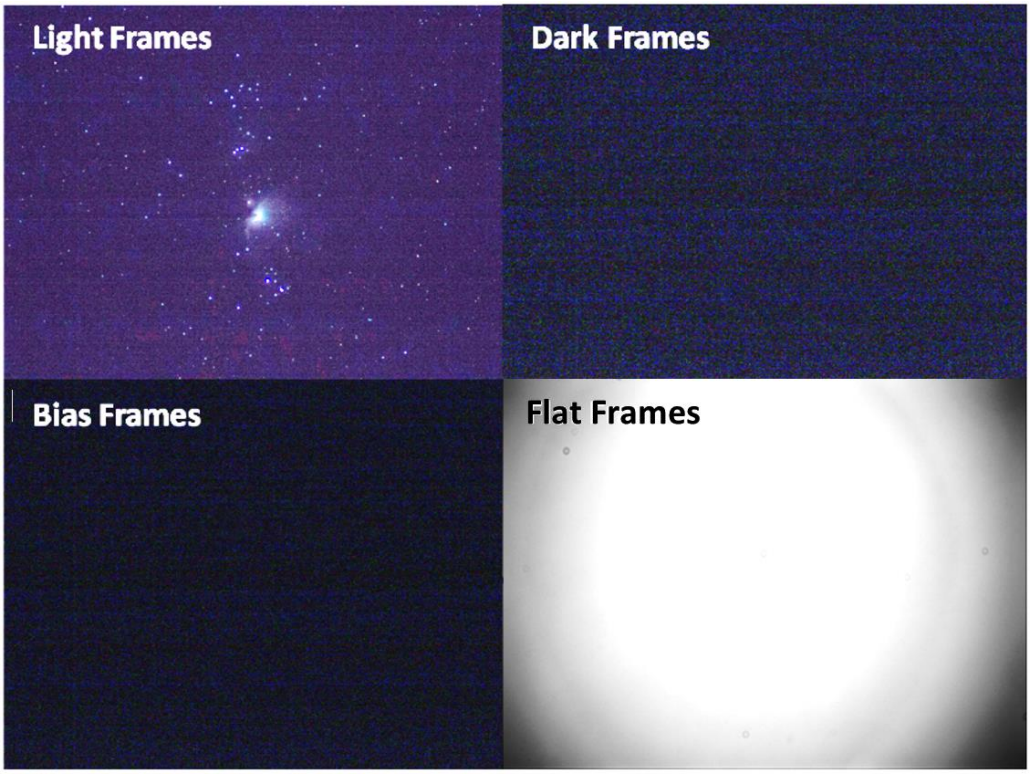
Para finalizar a aquisição de dados é importante ainda referir que é necessário captar fotos de calibração.

As fotografias que possuem a estrela alvo ou o objecto a fotografar denominam-se por “Light Frames”. Essas fotos além de conterem o sinal luminoso dos astros, possuem também o ruido intrínseco da câmara fotográfica.

Para poder minimizar o ruido nas “Light Frames” é necessário adquirir algumas dezenas de fotografias denominadas por “Dark Frames”. Estas fotos são adquiridas com a lente/telescópio tapado, ou seja, não contêm sinal luminoso mas apenas ruído (ruído relacionado com o efeito de Johnson-Nyquist ou ruído térmico). Deve-se utilizar os mesmos parâmetros fotográficos utilizados durante a aquisição das “Light Frames”, ou seja, o mesmo tempo de exposição e o mesmo ISO. Cerca de 20 a 30 fotografia são suficientes. É importante adquirir este tipo de fotografias imediatamente a seguir à aquisição dos “Light Frames”, para ambos os conjuntos de fotos terem sido adquiridos a temperaturas semelhantes.

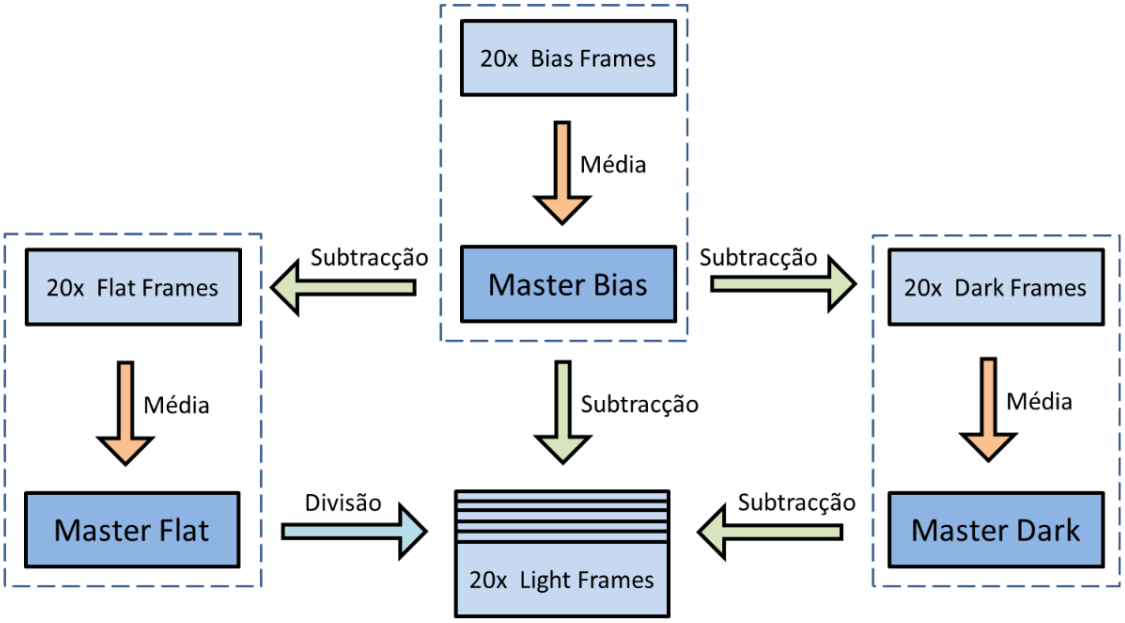
Outro tipo de fotografias importantes são as “Bias Frames”. Estas fotografias irão adquirir outro tipo de ruído intrínseco da câmara (ruido de leitura). Para captar este tipo de fotografias basta a seguir à captura dos “Dark Frames”, reduzir o tempo de exposição para o mínimo que a câmara permite. Cerca de 20 a 30 frames também serão suficientes.

Para finalizar é importante obter “Flat Frames”, que irão adquirir os erros ópticos, poeiras e sujidades presente nas lentes/espelhos, efeitos de vinhetagem, etc… Para tal, é necessário adquirir fotografias de campos uniformemente iluminados. As fotografias não devem ser muito escuras nem muito claras. Com recurso a um histograma deve-se ajustar os parâmetros fotográficos de modo que o pico do histograma fique centrado no eixo horizontal. Cerca de 20 a 30 frames também serão suficientes.



Fotos de calibração.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Após a aquisição de todos os frames de calibração é necessário utilizar um software que permita a calibração dos "Light Frames" (AstroImageJ, MaximDl, etc.). O software basicamente irá realizar as seguintes tarefas:

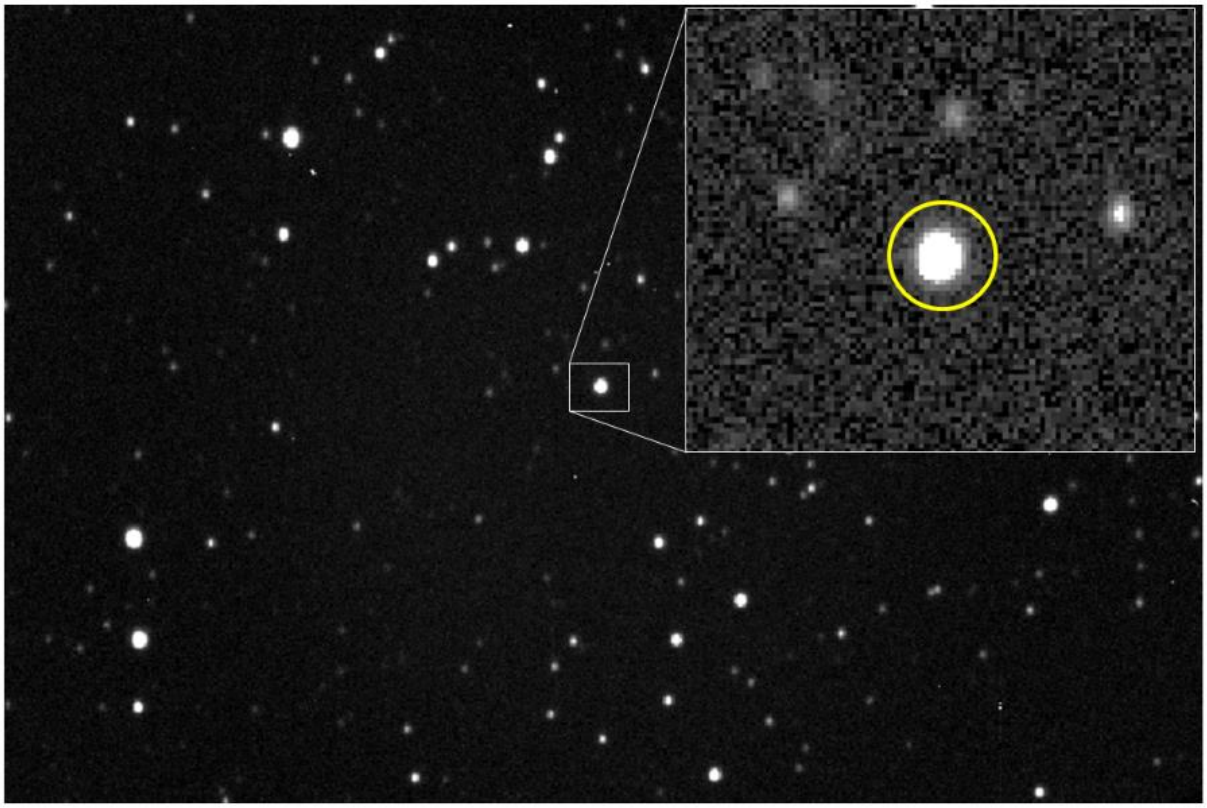


Processo de calibração de fotografias.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

3. Análise de Dados

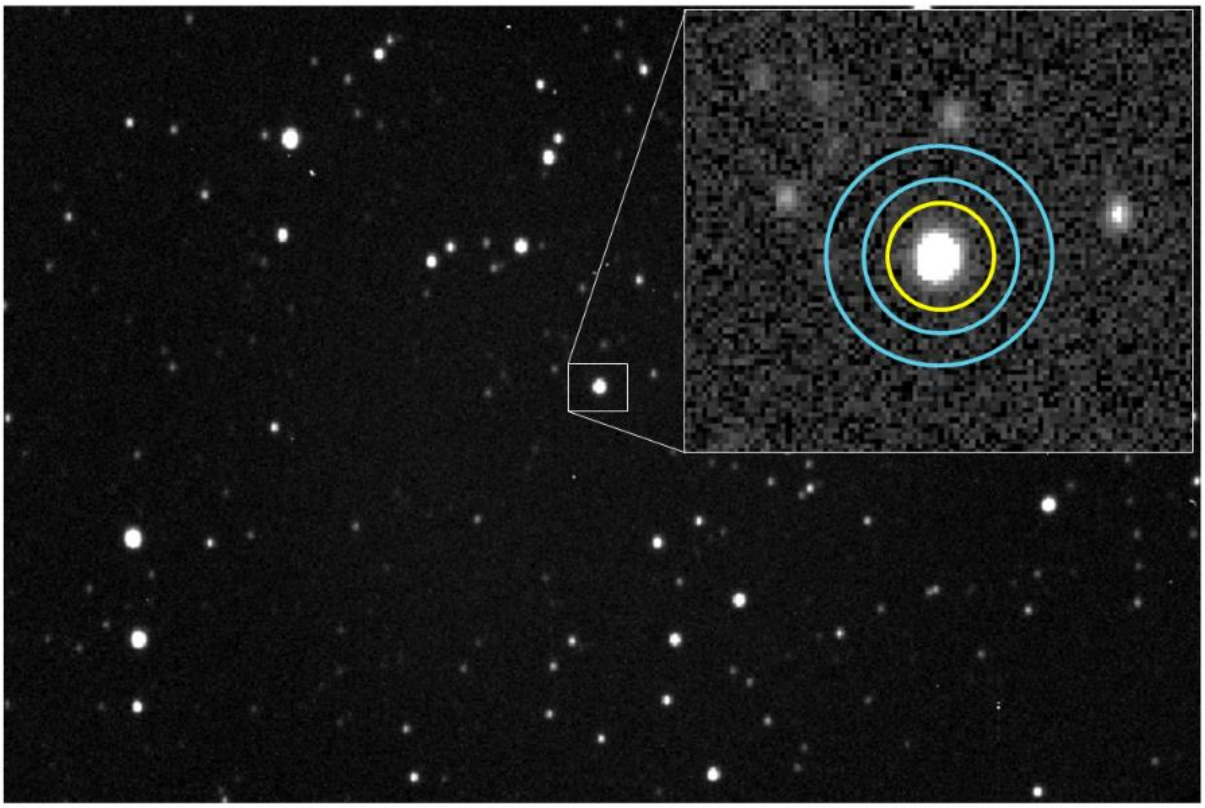
3.1. Fotometria Diferencial

A fotometria diferencial consiste numa técnica de análise de dados, em que se analisa o brilho de um astro relativamente a outros astros de referência. Para analisar o brilho da estrela alvo em cada fotografia é necessário contabilizar o valor da intensidade dos pixéis que correspondem à estrela. Para tal, é preciso delimitar uma determinada área circular. O problema é que é difícil de definir onde termina a estrela, portanto define-se normalmente uma área ligeiramente maior que irá conter também alguns pixéis correspondentes ao céu nocturno.



Fotometria diferencial – área da estrela.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

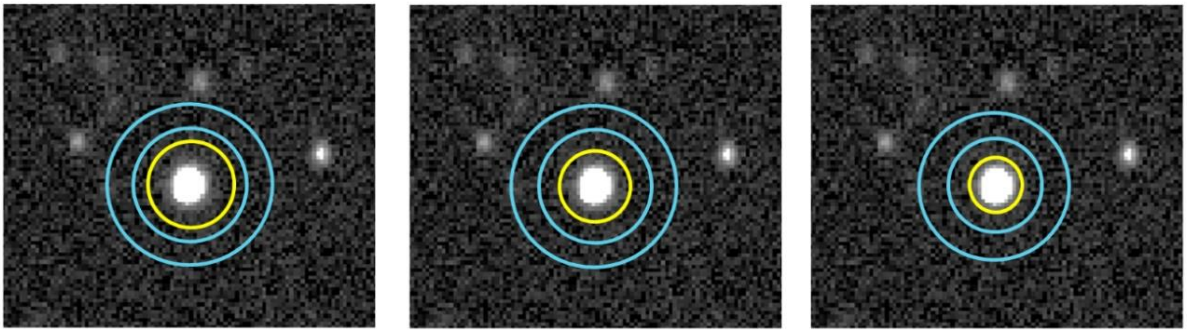
Sendo que a área contabilizada contem pixéis da estrela e pixéis que não queremos contabilizar do céu nocturno, para minimizar esse problema, define-se uma nova área contida entre duas circunferências que apenas corresponda a pixéis de céu nocturno. Com esta segunda área é possível calcular uma média do valor dos pixéis correspondentes ao céu nocturno e subtrair essa média ao valor dos pixéis correspondentes à área definida para a estrela alvo.



Fotometria diferencial – área da estrela e área do céu nocturno.
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Sendo assim, é possível calibrar a área dos pixéis correspondentes à estrela e medir o seu brilho relativo.

Ter em atenção para não definir uma área corresponde à estrela muito grande nem muito pequena. Áreas grandes irão conter todos os pixéis correspondentes à estrela, mas por outro lado, também irão conter mais ruído do céu nocturno. Áreas pequenas, apesar de terem menos ruido do céu nocturno, poderão não contabilizar todos pixéis que correspondem à estrela.



Abertura Grande:

- Mais luz da estrela: > Sinal
- Mais ruído do céu: < Sinal

Abertura Pequena:

- Menos luz da estrela: < Sinal
- Menos ruído do céu: > Sinal

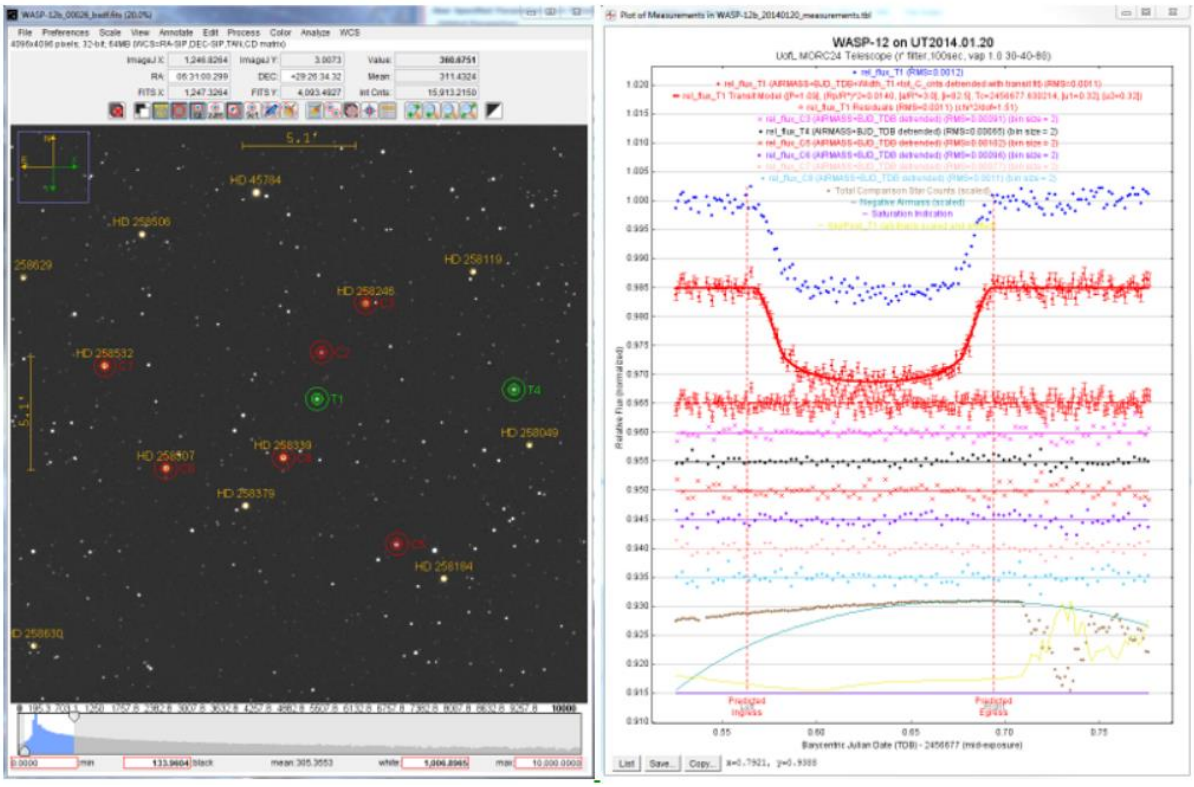
Fotometria diferencial – tamanho da área da estrela
credits: Mergulhos no Oceano Cósmico
https://www.cedricpereira.space

Quando se contabiliza o brilho de uma estrela, fotografia após fotografia, é preciso ter cuidado com alguns factores externos que poderão causar variações. Imaginando que durante a aquisição de dados uma nuvem passa na direcção de observação, obviamente que o brilho da estrela alvo irá reduzir. Para se distinguir se a redução de brilho advém de factores externos compara-se o brilho da estrela alvo com o brilho de estrelas de magnitude constante, contidas na mesma fotografia. No caso da nuvem, caso o brilho de todas as estrelas tenha reduzido, significa então que houve algum factor externo a interferir no processo de aquisição. Daí o nome: fotometria diferencial.

3.2. Workflow "AstroImageJ"

Aprendido o básico da fotometria, aqui ficam os passos de como analisar as fotografias com o software "AstroImageJ", um software gratuito e bastante popular na análise de trânsitos de exoplanetas.

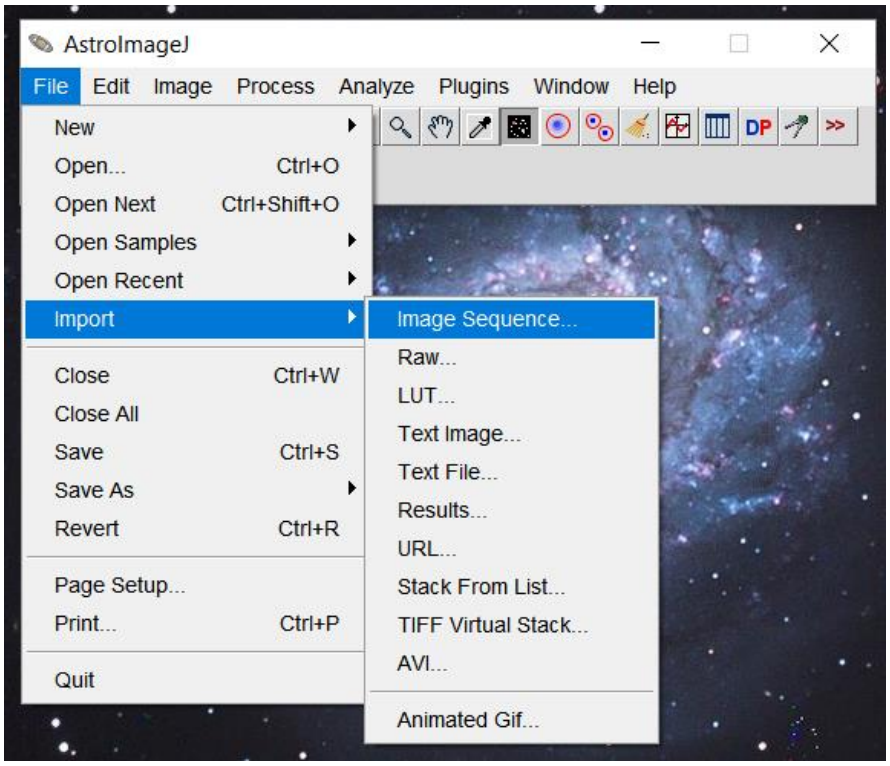
AstroImageJ
ImageJ for Astronomy



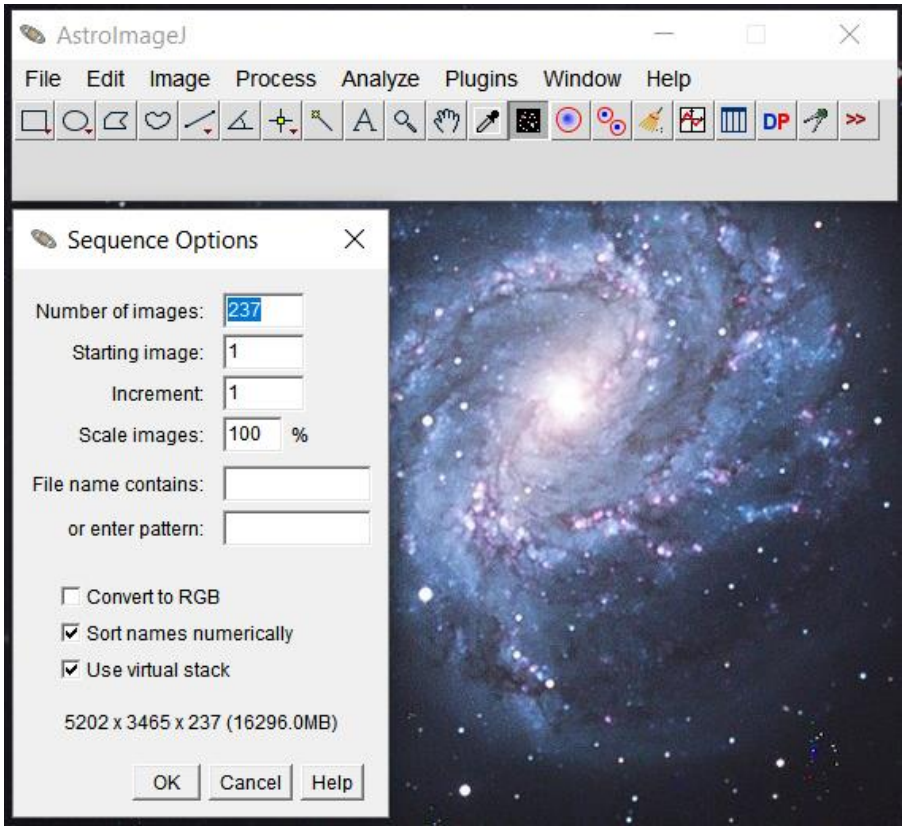
AstroImageJ
credits: AstroImageJ
http://www.astro.louisville.edu/software/astroimagej/

Após calibração, alinhamento e conversão das imagens para um formato mais apropriado, como por exemplo “fits”, pode-se realizar os seguintes passos para obter a curva de luz:

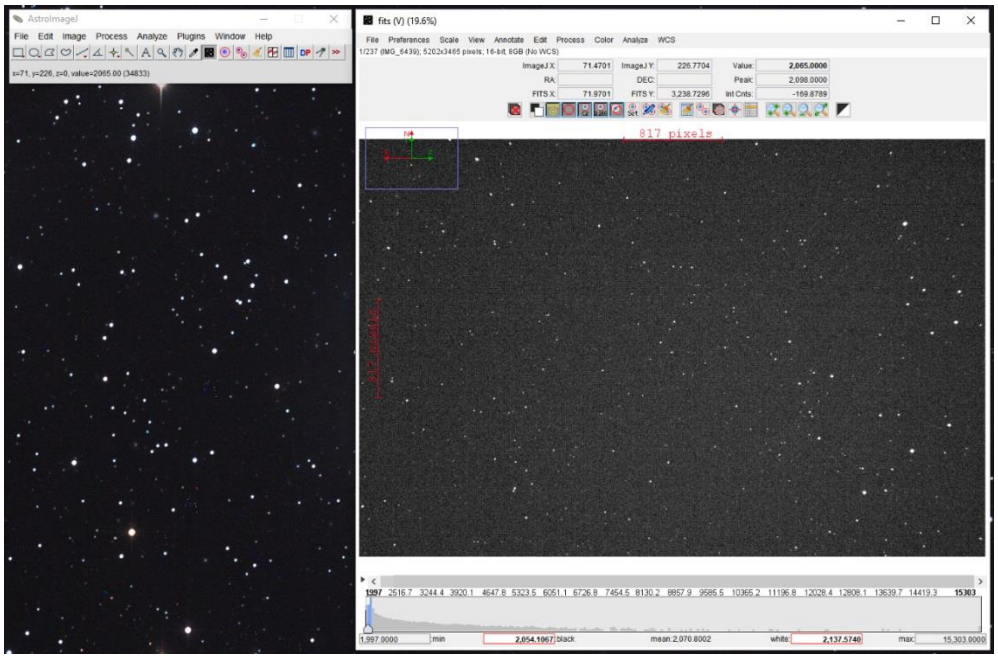
Abrir os ficheiros de fotografia: File -> Import -> Image Sequence. Todos os ficheiros devem estar contidos em uma pasta que apenas possua ficheiros a analisar. Basta seleccionar apenas o primeiro ficheiro dessa pasta:



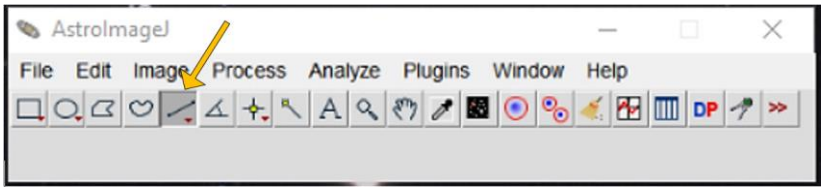
Selecionar a última caixa de verificação para assegurar a disponibilidade de memória do computador "Use virtual stack":

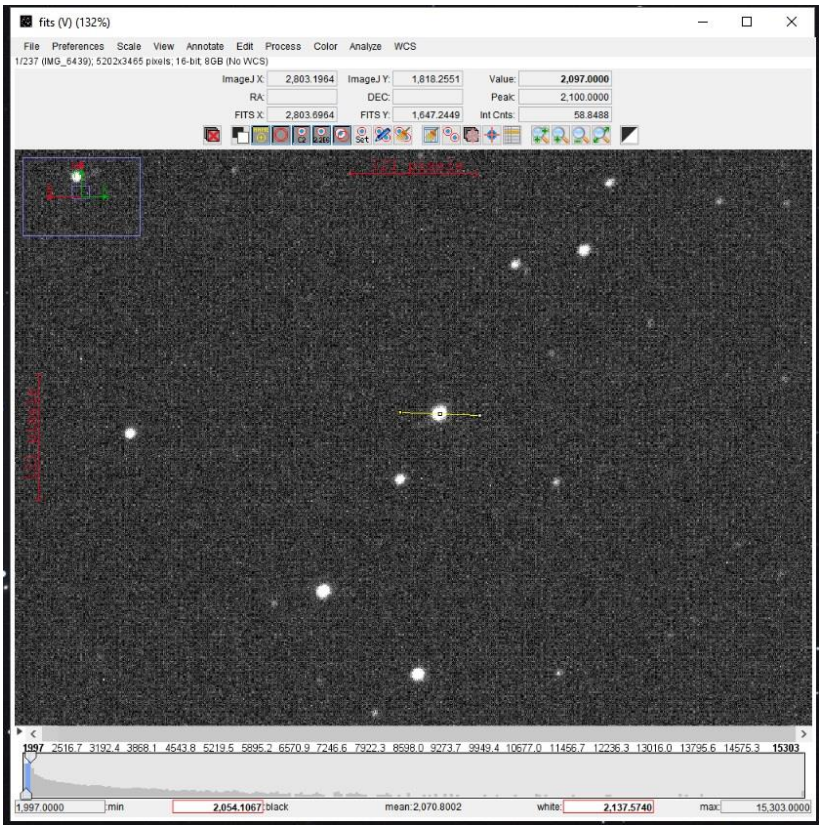


A primeira fotografia irá ser aberta em uma nova janela:

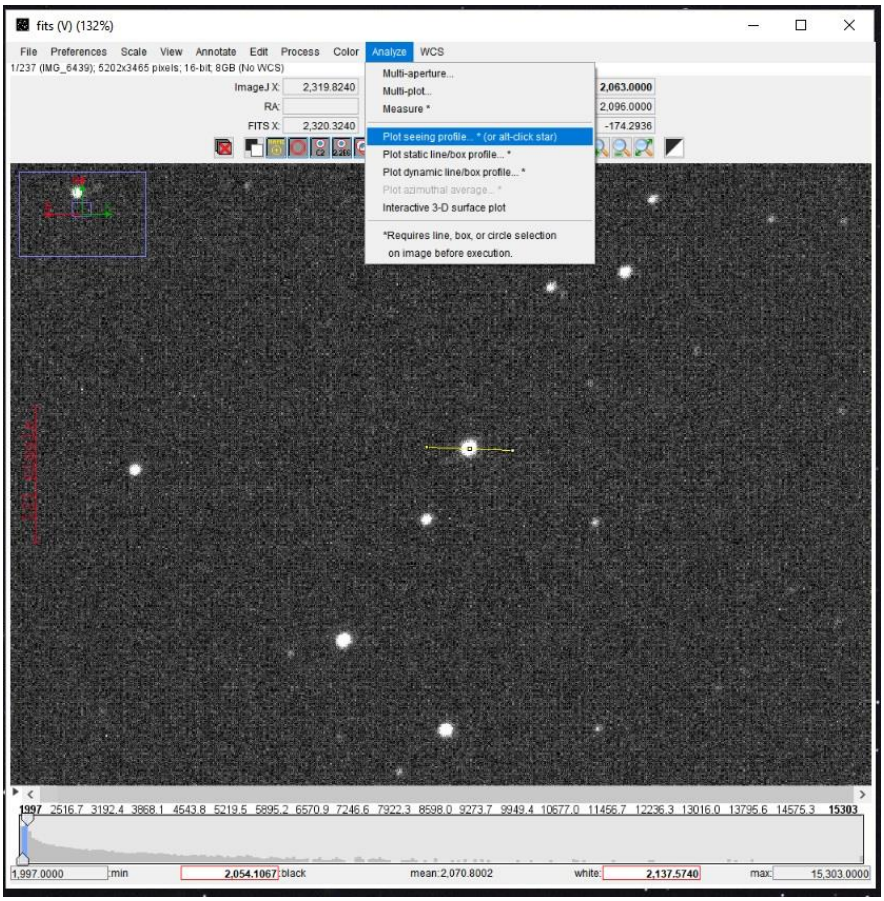


Para ajudar a definir a área da estrela alvo, usar a seguinte ferramenta para traçar uma recta na estrela com o ponto central sobre a mesma:

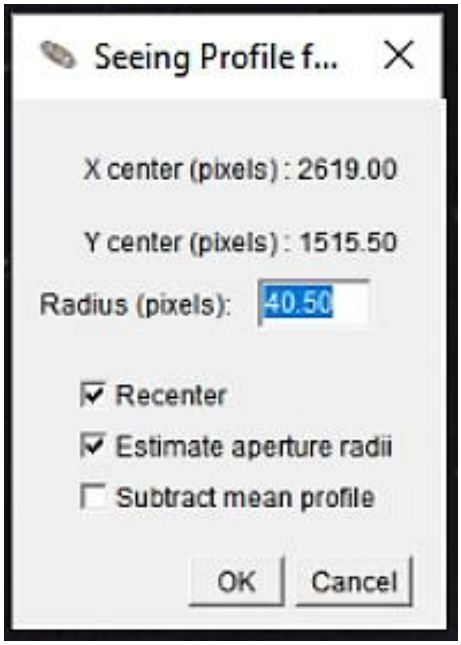




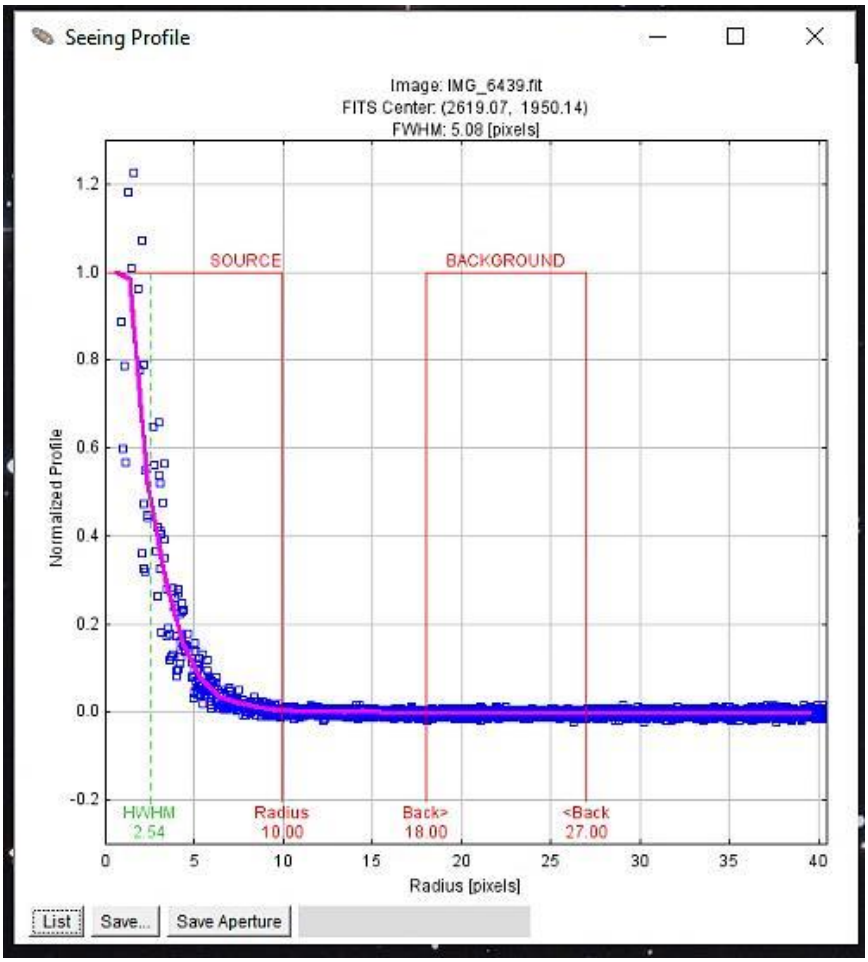
Posteriormente aceder a Analyze -> Plot seeing profile… *(or alt-click star):



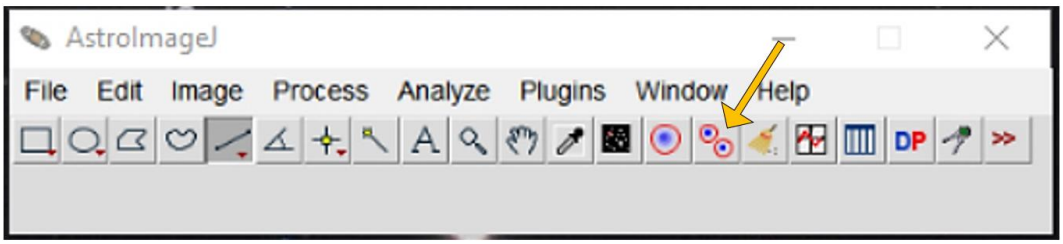
Verificar a caixa “Recenter” e a caixa “Estimate aperture radii” e pressionar “OK”:



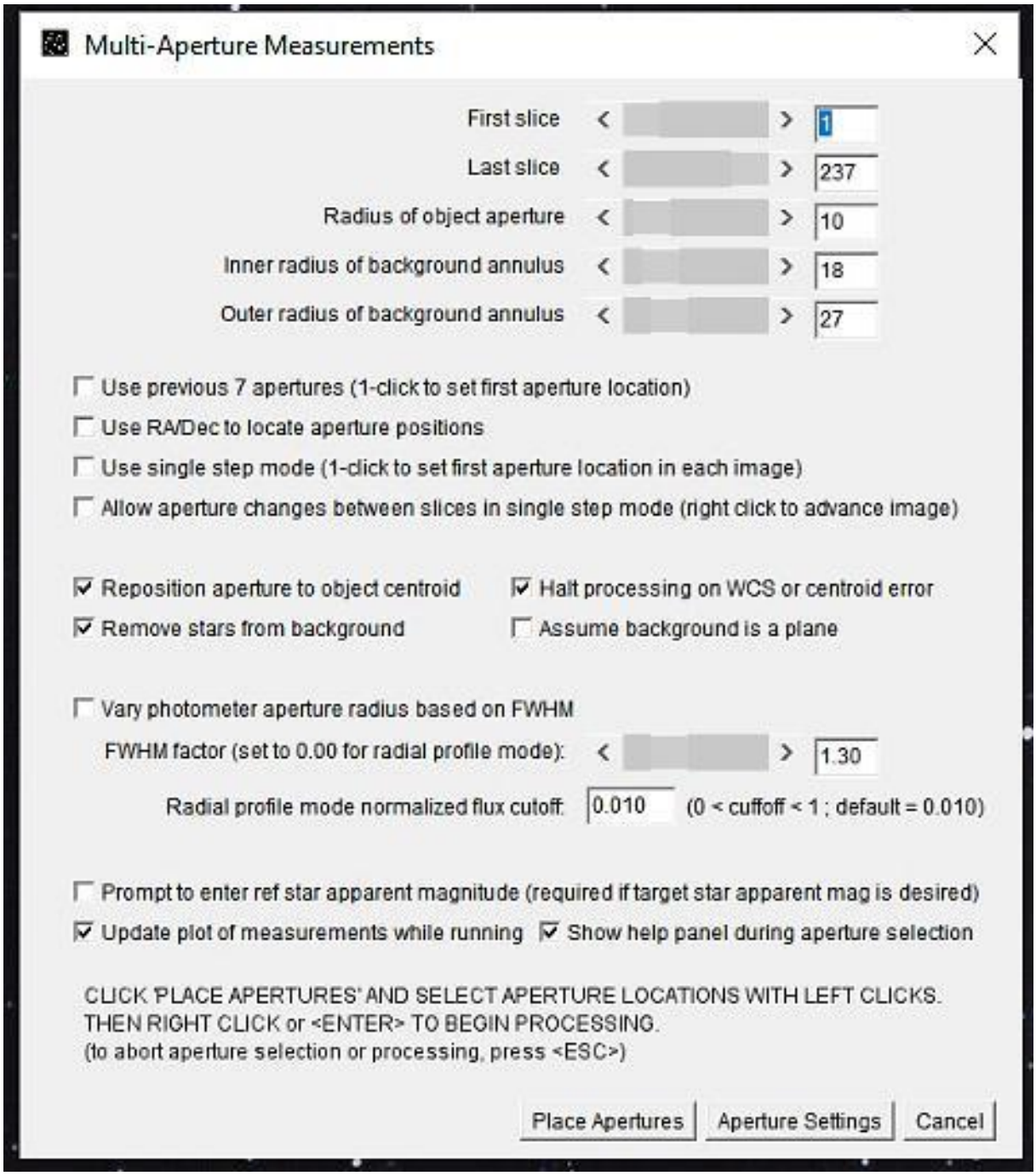
Uma nova janela irá ser aberta com um gráfico similar ao seguinte. É possível observar no gráfico uma primeira área definida como “Source” que apresenta um raio de 10 pixéis e uma segunda área definida como “Background” que apresenta um raio inicial de 18 pixéis até a um raio final de 27 pixéis. Estes são os valores aconselhados a definir no alvo fotométrico.



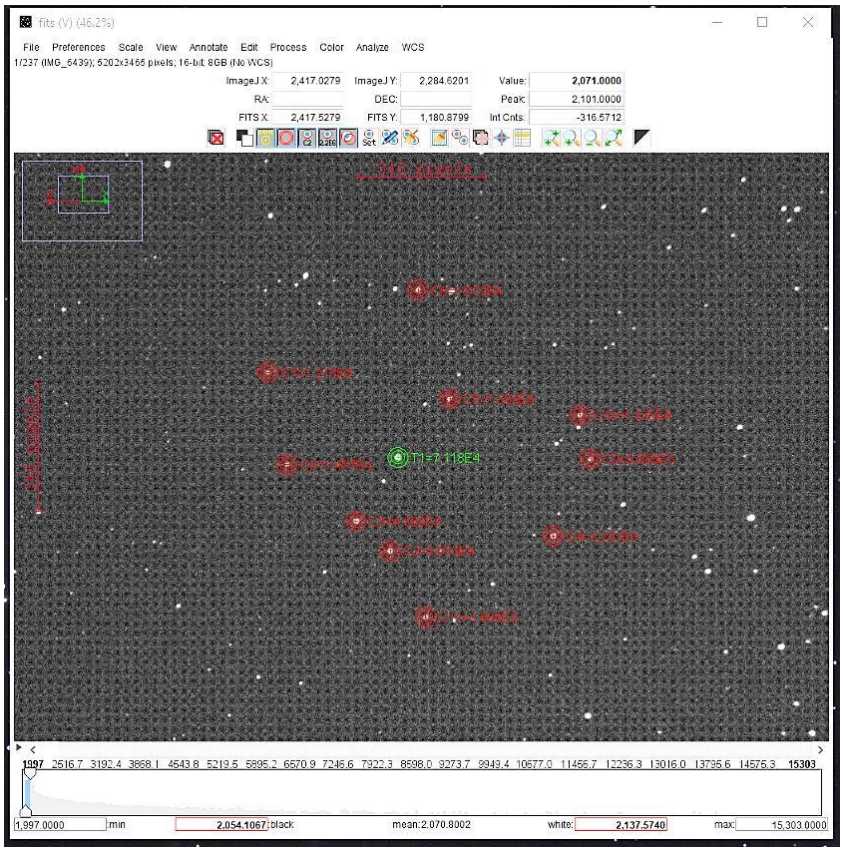
Pressionar então o seguinte botão:



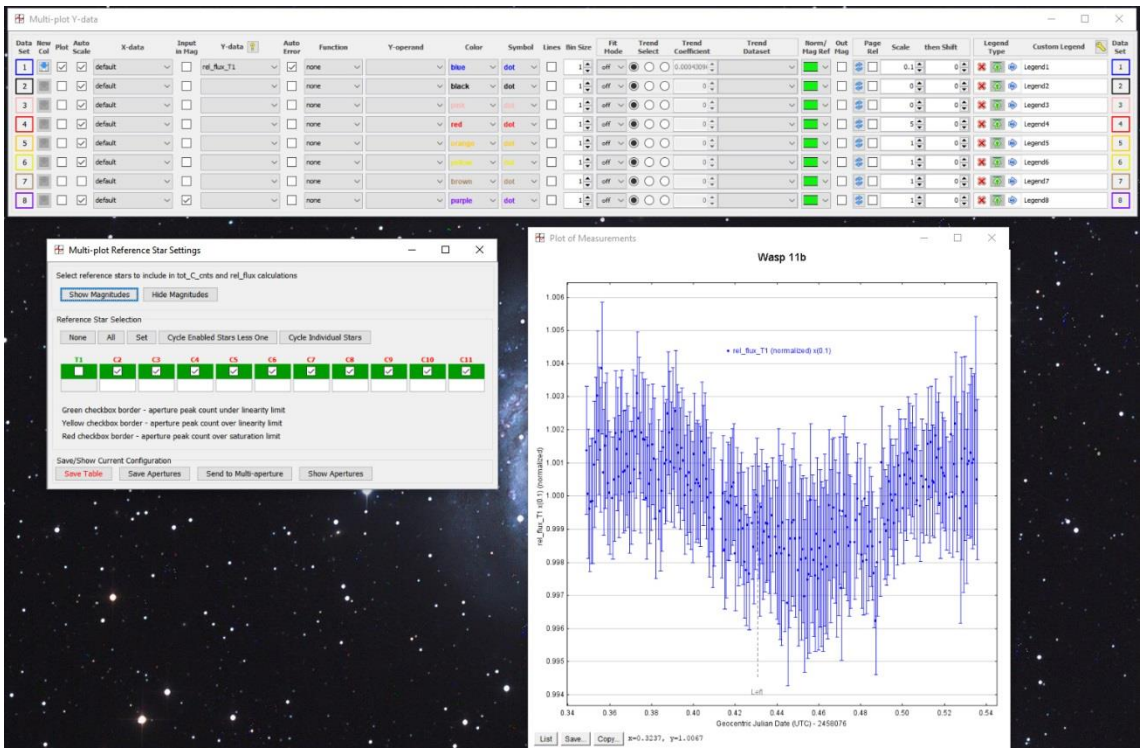
Uma nova janela irá abrir. Nessa nova janela definir os valores dos raios apresentados anteriormente, em que, “Radius of object aperture” corresponde ao raio da “Source” [10 pixeis]. “Inner radius of background annulus” e “Outer radius of background annulus” correspondem aos raios do “Background” [18 e 27 pixeis]. Após definir os raios pressionar o botão “Place Apertures”.

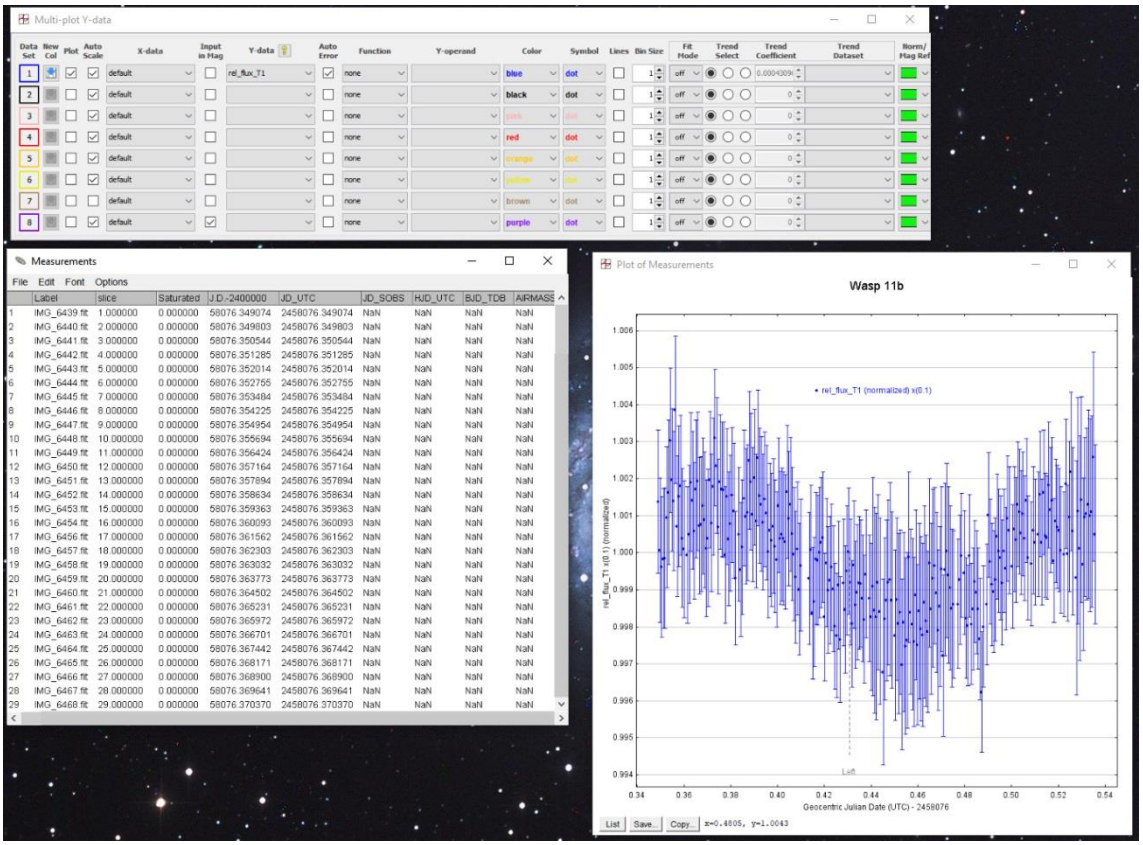


Primeiramente seleccionar a estrela alvo. Posteriormente seleccionar as estrelas de referência. As estrelas de referência devem ser estrelas com magnitude semelhante à estrela alvo. Devem ser seleccionadas estrelas de referência em torno da estrela alvo e próximo desta.



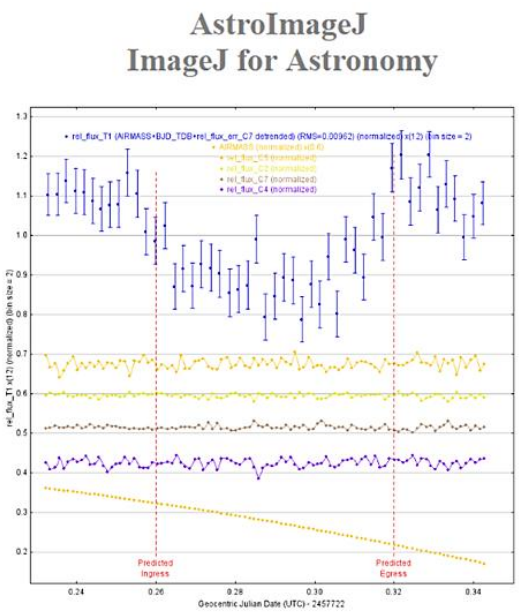
Após selecção das estrelas, pressionar o botão do lado direito do rato em cima da imagem e a análise começará. Várias janelas irão ser abertas e quando a analise terminar deverá ser apresentado um gráfico como se pode observar na imagem seguinte:

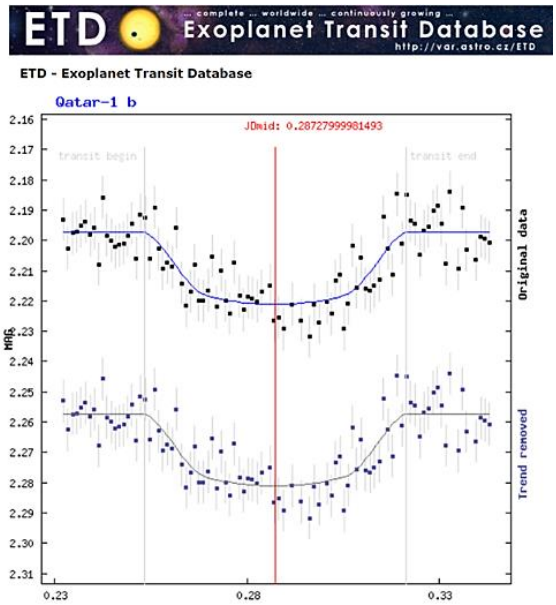




Nas janelas anteriores os dados poderão ser guardados, modificados, poderão seleccionar ou remover estrelas de referencia, etc…

Poderão ainda utilizar a base de dados “Exoplanet Transit Database” para traçar uma curva dos vossos dados. Para tal, guardar os dados obtidos com “AstroImageJ” e carregar esses mesmos dados na base de dados “Exoplanet Transit Database”.





APAA

Associação Portuguesa
de Astrónomos Amadores