

la porte des étoiles

le journal des astronomes amateurs du nord de la France



Numéro 53 - été 2021

53



À la une

L'amas globulaire M13

Auteur : Mikaël De Kételaëre

Date : 16 avril 2021

Lieu : Wambrechies (59)

Matériel : Caméra ASI 294 mc pro et lunette TSA 120mm



Édito

Adresse postale

GAAC - Simon Lericque
Hôtel de Ville - Place Jean Tailliez
62710 COURRIERES

Internet

Site : <http://www.astrogaac.fr>
Facebook : <https://www.facebook.com/GAAC62>
E-mail : contact-at-astrogaac.fr

Les auteurs de ce numéro

Jean-Pierre Auger - membre du GAAC
E-mail : contact-at-astrogaac.fr

Christophe Leclercq - membre du GAAC
E-mail : astrobds-at-gmail.com
Site : <http://www.astrosurf.com/astrobds>

Émeline Bellaud - membre du GAAC
E-mail : emeline.taubert-at-gmail.com

Philippe Nonckelynck - Membre du GAAC
E-mail : philippe.nonckelynck-at-orange.fr

L'équipe de conception

Simon Lericque : rédac' chef tyrannique
Arnaud Agache : relecture et diffusion
Philippe Nonckelynck : relecture et bonnes idées
David Fayolle : relecture et bonnes idées
Fabienne Clauss : relecture et bonnes idées
Olivier Moreau : conseiller scientifique

Ce numéro estival de *la porte des étoiles*, on l'a souhaité contrasté ! Contrasté entre noir(s) et couleurs, ce sera d'ailleurs en quelque sorte le fil conducteur des pages à venir... Comme sur l'image de couverture qui montre un amas globulaire remarquable de complexité, terriblement brillant et comme sorti du néant et d'un univers noir environnant ! Au sein de cet amas : de la lumière faite par des étoiles bleues, des étoiles blanches, des étoiles rouges... Mais d'ailleurs, pourquoi ce ciel nocturne est-il globalement si sombre ? Et pourquoi ces étoiles présentent toute une gamme de couleurs ? Et encore, pourquoi nous autres êtres humains sommes nous capables de différencier le sombre et le lumineux, le blanc et les couleurs ? Scientifiques, astronomes, philosophes ou artistes, beaucoup se sont penchés sur la question. Les auteurs de ce numéro de *la porte des étoiles* également... Et c'est tant mieux ! Bonne lecture...

Sommaire

- 5.....L'énigme du ciel noir nocturne
par Jean-Pierre Auger
- 13.....Les couleurs des étoiles
par Christophe Leclercq
- 20.....Mon oeil !
par Émeline Bellaud
- 25.....Noirs, lumières et couleurs - une perception artistique
par Philippe Nonckelynck
- 30..... La galerie

Édition numérique sous Licence Creative Commons



C'était ce printemps

Contact radio avec Thomas Pesquet
au collège de Wingles

Observation de l'éclipse partielle de
Soleil du 10 juin 2021 à Wancourt

Souvenirs de conférences confinées

Ce sera cet été

Assemblée Générale

Malgré plusieurs reports, notre AG n'a toujours pas eu lieu... Espérons que la crise sanitaire se tasse afin que nous puissions enfin réunir tous les adhérents au local du GAAC.



Astrociel

Espérons, comme l'an dernier, que la situation sanitaire permette l'organisation des rencontres Astrociel. Plusieurs membres du GAAC sont inscrits et prendront la route de Valdrôme d'ici l'été.



Nuit des Étoiles

Après une annulation en 2020, nous espérons pouvoir retrouver le public et tenir l'organisation de la Nuit des Étoiles à la ferme de la Loge de Courrières. Ce sera le samedi 14 août.



Rendez-vous potentiellement annulés ou reportés

Petit Biquet

Les membres du GAAC et l'équipe de rédaction de *la porte des étoiles* sont bien tristes... Jean-Pierre Auger, notre petit biquet, nous a quittés il y a quelques semaines et laisse déjà un grand vide derrière lui... Même si nous savions que cela arriverait forcément un jour, c'est quelque chose qui fait sacrément mal au bide !

Jean-Pierre avait adopté le GAAC à l'occasion des rencontres Astrodessin à Courrières en 2012. C'était la fin de l'hiver, il avait beaucoup neigé et c'est là, pour la première fois, bravant le froid et le verglas, que l'on a vu sa grande carrure débarquer dans le ch'nord avec derrière lui sa Françoise... Tout de suite (ou presque), il avait fait des bises aux dames... Et bientôt aussi aux garçons. C'est ainsi que le GAAC l'avait adopté en retour.

Dès lors, et même s'il vivait là-bas, loin dans le Sud, tout près de Paris, il était de toutes les virées : les Nuits Noires du Pas-de-Calais à Radinghem, les Rencontres Astronomiques du Printemps en Haute-Loire, les Nuits Astronomiques de Touraine, les Rencontres Astrociel de Valdrôme et tant d'autres... Toujours avec sa Françoise qui l'accompagnait, il avait même participé avec notre équipe à de mémorables séjours à Saint-Véran, en Tchéquie ou aux Canaries... Ses ronflements à en faire trembler les murs pendant les prochaines missions astro vont sans doute un peu nous manquer.

Il dotait également notre *porte des étoiles* de nombreux écrits... C'était sa manière de participer activement aux activités du GAAC malgré les kilomètres. Plusieurs articles sont encore à paraître mais ce ne sera plus tout à fait pareil de relire ses dernières productions et de ne pas pouvoir l'entendre râler comme avant quand on lui causait de droits à l'image ou de mise en page...



La Palma - 2019

Le biquet avait le coeur sur la main, et souvent un verre dans l'autre ; il râlait beaucoup, déconnaît beaucoup aussi, parlait d'astronomie avec tout le monde, avec les grands et les petits... C'était quelqu'un d'intelligent, de cultivé et de profondément généreux. Ses viriles accolades et ses poutous baveux vont cruellement faire défaut lors des prochains rassemblements, c'est certain.

Salut l'ami !



České Budějovice - 2014



Saint-Véran - 2017

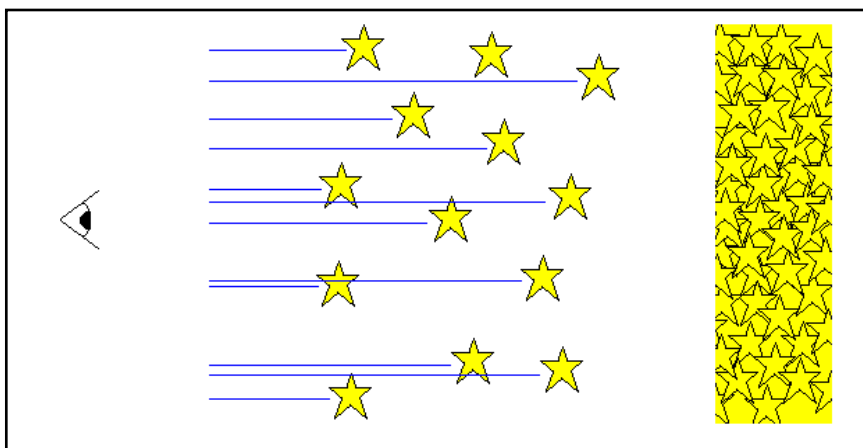
L'enigme du ciel noir nocturne

Par Jean-Pierre Auger

Il n'y a pas lieu de s'étonner que la nuit soit noire. Le Soleil une fois couché ne délivre plus de lumière. Seules les étoiles restent pour éclairer le ciel. Et c'est là où réside le problème. Pourquoi seul le Soleil nous apporterait-il de la lumière alors qu'ou se porte notre regard, il y a des milliards d'autres étoiles semblables à notre Soleil qui devraient éclairer la nuit ? Au problème du ciel nocturne, noir ou pas noir, on peut se poser trois questions. Le ciel n'est pas noir. Oui, mais pourquoi ? Si le ciel n'est pas noir, qu'est-ce qui l'éclaire ? Si le ciel n'est pas noir, de quelle couleur est-il ?

Le ciel n'est pas noir. Oui, mais pourquoi ?

Supposons que l'espace soit infini et uniformément rempli d'étoiles. En toute direction dans laquelle nous le regarderions, nous devrions trouver une étoile dans l'axe de notre visée. L'addition de leur luminosité devrait nous rendre le ciel lumineux. Pourquoi n'en est-il pas ainsi ?



Notre regard devrait croiser des étoiles dans toutes les directions

Pour bien saisir ce paradoxe, imaginons que nous soyons en pleine forêt. Où que nous portions notre vue, elle serait bloquée par des troncs d'arbre. Les plus rapprochés nous sembleraient plus gros et les plus éloignés moins épais. Mais si la forêt est suffisamment grande, les troncs devraient se chevaucher et nous ne devrions voir qu'un fond continu de troncs formant un mur circulaire autour de nous. Il en serait de même pour les étoiles. Alors, pourquoi le ciel nous semble-t-il sombre ?

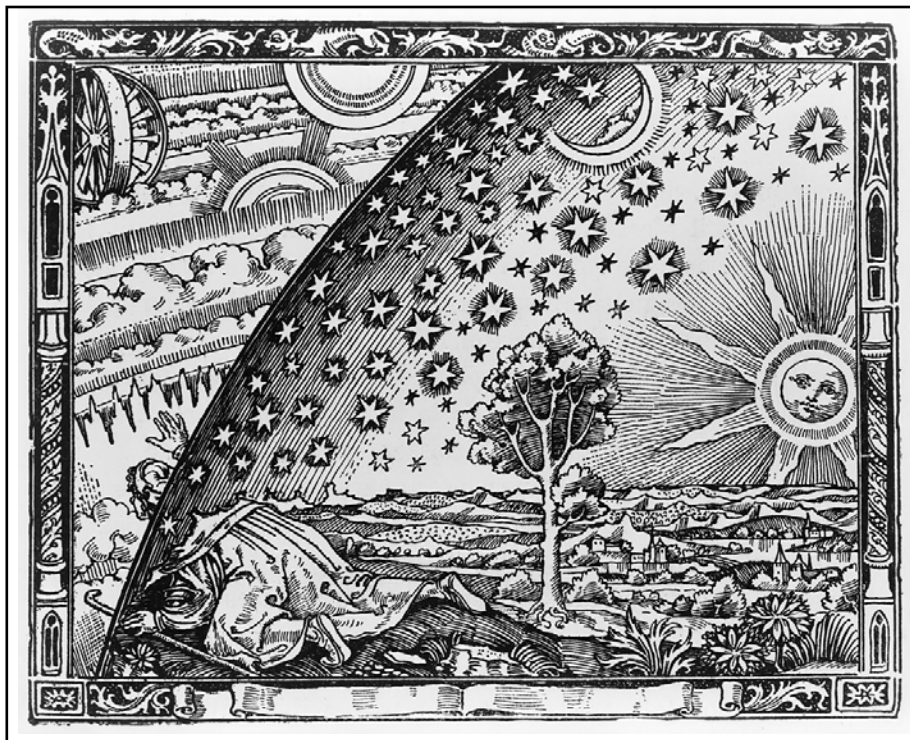


Dans une forêt, des arbres dans toutes les directions. Photo Jean-Baptiste Belloc

Le problème est posé pour la première fois par le mathématicien astronome Thomas Digges en 1576 dans son ouvrage *Parfaite description des orbés célestes*. Il est repris par Johannes Kepler en 1610. La même année, *Le messager Céleste*, publié par Galilée lors de ses observations à l'aide d'une lunette astronomique, nous informe qu'il y a beaucoup plus d'étoiles dans le ciel que ce que nous voyons à l'œil nu. Ce paradoxe de la nuit noire pose alors un vrai problème à nos scientifiques et fait obstacle à la conception d'un Univers infini et homogène.

Cette conception d'un Univers infini avait été émise par Giordano Bruno (1548-1600) dans son ouvrage *La cène des cendres*. Selon lui, notre Système solaire n'est pas au centre de l'univers, qui lui-même n'est pas limité par la sphère des fixes, chaque étoile étant le centre d'un système ("*l'Univers n'a ni centre ni limite*"). Cette conception d'une pluralité des mondes s'oppose aussi à l'unicité de la création divine. Elle entraînera le pauvre moine défroqué au bûcher.

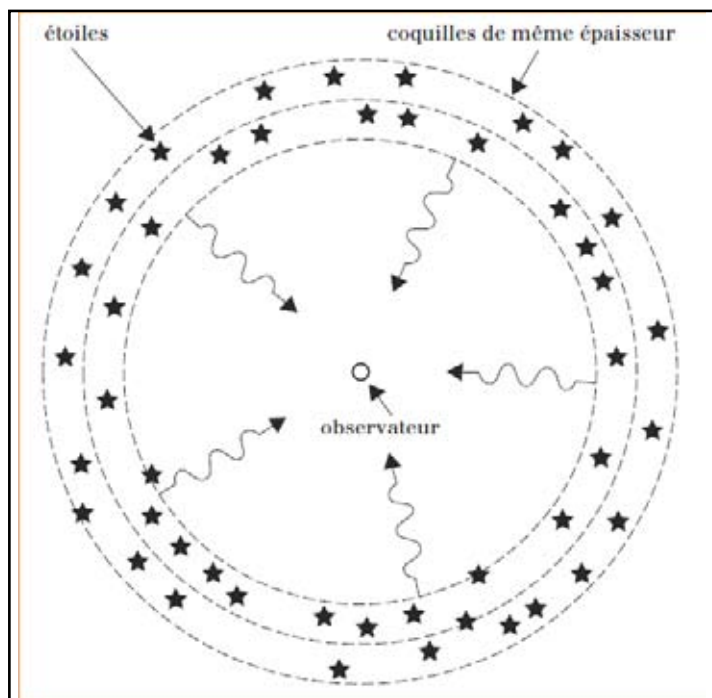
Au XVIIIème siècle, sous l'influence de Newton, le concept de l'Univers infini finit par s'imposer à celui d'un espace clos développé par Kepler. Dans ce concept d'un Univers infini et ouvert, l'astronome Edmund Halley reprend en 1721 le raisonnement sur le paradoxe de la nuit noire : "*Si le nombre d'étoiles fixes était plus que fini, l'union de leurs disques apparents formerait une surface lumineuse*". Cela peut paraître surprenant car plus les étoiles sont éloignées, moins elles sont lumineuses. Leur luminosité apparente décroît comme l'inverse du carré de leur distance.



Crédit Camille Flammarion

Leur luminosité apparente décroît comme l'inverse du carré de leur distance.

Pour calculer la luminosité qui résulte de toutes les étoiles du ciel, Halley imagine une succession de sphères concentriques centrées sur notre Soleil, découpant l'espace en coquilles de même épaisseur. Si les étoiles sont uniformément réparties dans l'espace, leur nombre dans une coquille augmente comme le volume de la coquille, c'est-à-dire comme le carré de son rayon puisque son épaisseur est constante. Ainsi, la baisse de luminosité des étoiles due à leur éloignement est compensée par leur nombre de plus en plus important quand la distance augmente. Du coup, la conclusion s'impose : dans un univers éternel, infini et uniformément rempli d'étoiles, le ciel nocturne devrait être infiniment brillant.



Crédit La Main à la Pâte

En 1746, le mathématicien suisse Jean-Philippe Loys de Chésaux calcule que le ciel, de jour comme de nuit devrait être 180000 fois plus brillant que le Soleil. Il pense, comme Halley, que les étoiles sont placées dans des coquilles sphériques concentriques par rapport à un observateur. Le nombre d'étoiles est proportionnel à la surface de chaque coquille, donc au carré de leur rayon. Or, l'intensité lumineuse d'une étoile est inversement proportionnelle au carré de sa distance. Ainsi, l'énergie lumineuse est homogène pour toutes les couches et l'observateur reçoit autant d'énergie lumineuse de chaque coquille. Loys de Cheseaux calcule que cette énergie lumineuse tombant sur Terre doit être 180000 fois plus intense que celle du Soleil. Le paradoxe reste insoluble.

reçoit autant d'énergie lumineuse de chaque coquille. Loys de Cheseaux calcule que cette énergie lumineuse tombant sur Terre doit être 180000 fois plus intense que celle du Soleil. Le paradoxe reste insoluble.

Au début du XIXème siècle, l'astronome amateur Heinrich Olbers passe ses nuits à observer le ciel. En 1823, il cherche à résoudre l'énigme du ciel noir. Comme ses prédécesseurs, il pense qu'un observateur scrutant

le ciel dans une direction donnée devrait obligatoirement voir dans sa ligne de visée une étoile. Comme chacune des étoiles nous renvoie sa lumière, le ciel devrait logiquement être lumineux. Son hypothèse pour résoudre le paradoxe de la nuit noire est qu'entre l'étoile et l'œil de l'observateur, il se trouve une matière diffuse qui absorbe une partie de la luminosité. En 1831, John Herschel invalide cette proposition du milieu interstellaire absorbant.

Une autre solution suggérée pour la première fois en 1848 par l'écrivain et poète américain Edgar Allan Poe et reprise quelques années plus tard par l'astronome français François Arago propose dans un texte baptisé

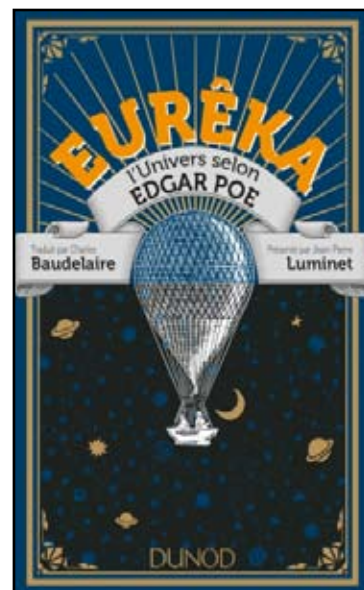


Portrait d'Edgar Allan Poe

Eurêka que si l'univers a un âge fini, alors la lumière voyageant à une vitesse grande mais finie, seule une région finie de l'univers nous est accessible. Edgar Poe s'appuie sur l'idée que la vitesse de la lumière est finie (ce que le danois Ole Römer avait déterminé en 1676) et que les étoiles ne sont pas immortelles. *Eurêka* est resté longtemps incompris. La cause en est la forme, qui associe l'astronomie, la science-fiction et la métaphysique. Le texte est censé s'appuyer sur un document trouvé dans une bouteille flottant sur la Mare Tenebrarum lunaire datée en 2848 après J.-C. !

Sur le fond, l'ouvrage qui affirme que Dieu est à l'origine de la création de l'Univers le fait rejeter par la communauté scientifique de l'époque. Pourtant sa description d'un Univers

en évolution n'est reprise qu'en 1920 par Friedmann et Lemaître. En réalité, *Eurêka* fournit avec un siècle d'avance un modèle d'Univers newtonien dynamique, qui n'est repris qu'en 1934 par Edward Milne et William Mac Créa, sans plus de succès. Cependant on trouve dans ce livre des intuitions qui anticipent plusieurs découvertes du XXème siècle : l'âge fini des étoiles qui apporte une solution au paradoxe de la nuit noire, les trous noirs, les trous de vers, la théorie du chaos, la matière sombre, l'existence d'autres galaxies que la nôtre, l'expansion de l'espace, l'atome primitif, le Big-Crunch... Edgar Poe n'était pas sorti du sérail scientifique... Ce n'était qu'un écrivain !



Couverture de l'ouvrage *Eurêka*

Ainsi à la fin du XIXème siècle, tout en supposant un Univers infini et homogène, le problème du paradoxe bascule vers un Univers peuplé d'une quantité d'étoiles immense mais finie, au-delà de laquelle s'étend un vide sans fin. En 1907, l'astrophysicien irlandais Edward Fournier d'Albe suggère que même si le ciel était couvert d'étoiles, la plupart pourraient être éteintes et donc ne plus émettre de lumière. Le manque de toute réponse réaliste au paradoxe de la nuit noire transforme radicalement le raisonnement des chercheurs vers un déficit dans le nombre des étoiles.

Si le ciel n'est pas noir, qu'est-ce qui l'éclaire ?

Au début du XXème siècle, les progrès dans la fabrication des télescopes et l'invention de la photographie puis de la spectroscopie permettent d'avoir une connaissance approfondie de notre Univers. L'énigme du ciel noir ne sera cependant pas résolue avant le milieu du XXème siècle.

Le traitement de l'énigme de la nuit noire trouve son origine dans un article de William Thomson anobli sous le titre de Lord Kelvin : *Sur l'éther et la matière gravifique au sein d'un espace infini*, publié en 1901. Il y montre que selon le modèle standard de son époque, limité à notre galaxie, celle-ci contient bien trop peu d'étoiles pour couvrir le ciel entier. Mais il va plus loin et démontre que, même si les étoiles s'étendent à l'infini dans l'espace en remplissant tout l'Univers, les étoiles visibles ne peuvent aucunement recouvrir tout le ciel. Il appuie sa démonstration sur le fait que les étoiles ne peuvent briller indéfiniment, leur durée de vie est limitée à leurs ressources énergétiques. Il ajoute à cette première solution le fait que le temps que met la lumière pour parvenir à l'observateur dépend de la distance d'éloignement des étoiles. Pour les plus éloignées, la lumière n'a pas eu encore le temps de parvenir jusqu'à nous.

Le document de Lord Kelvin ne retient cependant pas l'attention des chercheurs et ce n'est qu'en 1985 que le cosmologue Edward Harrison nous le fait redécouvrir dans son livre *Le noir de la nuit*. En 1901 Simon Newcomb, dans un article paru dans *The Astrophysical Journal* cherche à quantifier numériquement la luminosité relative des différentes portions du ciel. Il découvre que la brillance par unité de surface dans la Voie lactée n'est que deux fois plus grande que celle des régions qui en sont éloignées. Cela ne correspond pas à la perception d'un observateur, ni avec les comptages des étoiles faibles de Hugo von Seeliger et de William Herschel, qui laissent prévoir que la Voie lactée doit être dix fois plus brillante que la région du pôle Nord galactique. Il ne remet cependant pas en cause l'hypothèse admise que la lumière du fond du ciel doit être issue des étoiles. Il a quand même conscience qu'il va falloir approfondir le sujet et son souhait est réalisé car son texte va orienter d'autres astronomes vers un problème négligé jusque-là.



Limite de l'Univers visible

Le premier est Gavin J. Burns (qui est aussi le premier à évoquer la notion d'espace-temps) qui, dans un article paru en 1902 dans *The Astrophysical Journal*, est surpris comme Simon Newcomb par la faible différence de brillance entre la Voie lactée et le reste du ciel qu'il constate lors de ses mesures. Il en attribue la cause à la différence de couleur entre les étoiles et le ciel. La sensibilité de l'œil est en effet extrêmement variable selon la longueur d'onde. En 1904, il publie une note dans laquelle il émet des doutes sur l'hypothèse attribuant aux seules étoiles la lumière du fond du ciel.

Il précise dans une autre note les deux arguments qui le conduisent à remettre en cause cette hypothèse. D'une part, à cause de l'absorption atmosphérique qui devrait affaiblir l'éclat des étoiles près de l'horizon, or c'est au contraire une augmentation de la lumière du fond du ciel qu'il observe. Et d'autre part, l'éclat de l'ensemble des étoiles devrait être globalement constant, or des variations importantes de luminosité sont constatées d'une nuit à l'autre et même d'une heure à l'autre dans la même nuit.



Airglow bien visible à l'horizon - Crédit ESO / Yuri Betelsky

En 1909, Lambertus Yntema, un astronome de l'observatoire de Groningen aux Pays-Bas dépose sa thèse de doctorat sur le thème : *On the brightness of the sky and the total amount of starlight*. Dans sa thèse, il a étudié de façon systématique la relation entre la brillance par unité de surface pour différentes portions du ciel nocturne et la brillance par unité de surface qui correspond à la lumière des étoiles identifiées dans les mêmes zones. Il confirme scientifiquement que :

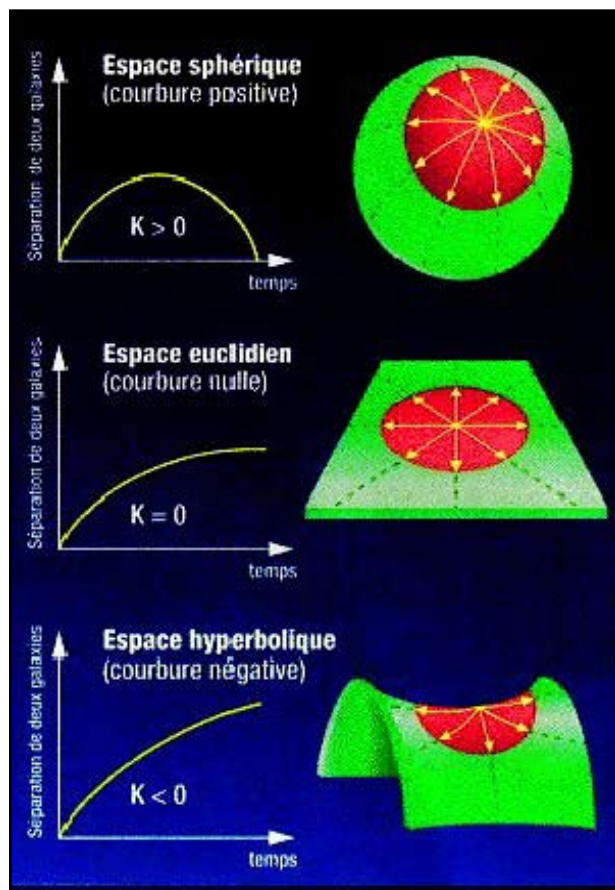
- pour une même zone du ciel proche du pôle Nord galactique, la brillance est variable au cours d'une même nuit, et d'une nuit à l'autre, mais ne dépend pratiquement pas des conditions météorologiques,
- pour des zones différentes du ciel, la brillance par unité de surface dépend de la latitude galactique, mais les différences ne sont pas très importantes. Il note un facteur maximum de deux fois entre la Voie lactée et les régions qui en sont éloignées,
- la brillance du ciel augmente notablement pour des zones situées non loin de l'horizon avec un facteur d'environ 1,5 fois,
- et pour les latitudes galactiques supérieures à 45°, la brillance du ciel est sept à quinze fois plus grande que celle donnée par les étoiles.

Ses conclusions sont claires : *"l'éclairage du fond du ciel n'est pas entièrement dû à la lumière directe des étoiles... Il y a une autre source de lumière en plus"*. Pour Lambertus Yntema, l'augmentation de la brillance près de l'horizon et les variations importantes constatées selon les jours prouvent qu'il s'agit d'une source terrestre.

Le physicien français spécialiste de l'optique Charles Fabry, s'intéresse lui aussi à l'astronomie, même s'il n'utilise pour se définir que le terme d' "astronome amateur". Il invente une méthode rigoureuse de photométrie photographique et effectue quelques mesures de la brillance du ciel nocturne et de l'éclat d'une étoile de comparaison. En 1910, il en publie un article détaillé dans *The Astrophysical Journal*. Il constate que ses résultats sont en accord avec ceux de Simon Newcomb et de Gavin Burns. Sa méthode de mesure est par la suite reprise à partir de 1928 par l'astronome français Jean Dufay de l'observatoire de Lyon qui étudie notamment les raies spectrales vertes, jaunes et rouges de la lumière nocturne émise dans notre haute atmosphère. Après des années de recherches et de mesures photométriques sur la brillance du ciel, il faut se rendre à l'évidence : la lumière venant des étoiles n'est pas la seule à éclairer le ciel nocturne.

En 1915, dans le cadre de sa relativité générale, Albert Einstein s'aperçoit que l'Univers pouvait être en expansion. Sa théorie interprète la gravitation comme une manifestation de la courbure de l'espace induite par la distribution de la matière et de l'énergie. Cette idée bouleverse la conception d'un Univers statique et illimité qui était jusqu'alors admise par tous. En 1916 et 1917, le physicien, mathématicien et astronome néerlandais De Sitter publie une série de trois articles sur les conséquences astronomiques de la relativité générale, le troisième concerne la cosmologie. À partir des équations d'Einstein, il compare trois systèmes d'univers : un univers euclidien, plat et infini, un univers sphérique comme celui d'Einstein (qui admettra plus tard l'intégration dans ses équations d'une "constante cosmologique" permettant de rendre l'Univers en expansion) et un modèle hyperbolique.

En 1921, le bulletin de l'observatoire de Harvard relate les dernières mesures de décalage spectral de l'américain Vesto Slipher sur NGC 584 dans la constellation de la Baleine. Mais ce qui surprend le monde scientifique est son interprétation qui, compte tenu des hypothèses de l'époque sur l'âge de la Terre, évalué par les géologues, remet en cause la conception d'un Univers statique et infini : *"Si on suppose que la présente nébuleuse en mouvement a quitté la région du Soleil aux commencements de la Terre... elle doit être éloignée de plusieurs millions d'années-lumière"*.



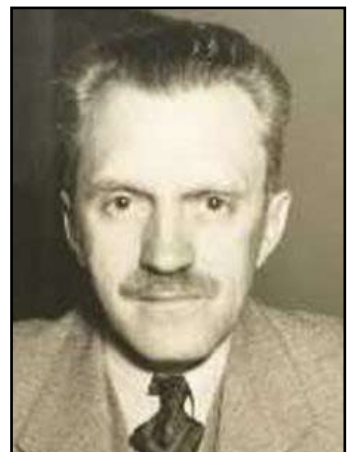
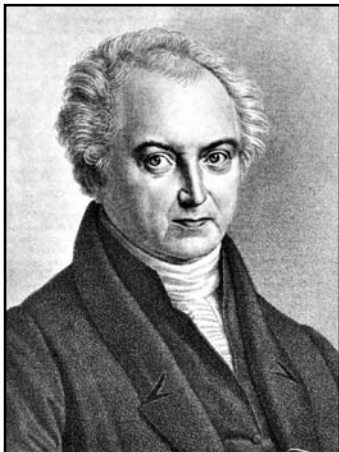
Différents modèles d'Univers

La chose apparaît à l'époque suffisamment sensationnelle pour être rapportée dans le Chicago Daily Tribune du 18 janvier 1921 et dans le New York Times du 19 janvier 1921.

En 1922, en appliquant les équations de la relativité générale par Einstein, le physicien russe Alexandre Friedmann trouve un ensemble de solutions cosmologiques aux équations d'Einstein qui permettent l'expansion de l'Univers. Le 30 décembre 1924, l'américain Edwin Hubble annonce la découverte d'un autre système galactique que celui de la Voie lactée. D'un seul coup le monde entier découvre que l'Univers n'est pas limité à notre Galaxie et qu'il est peuplé de milliards d'autres galaxies ou d'amas d'étoiles. L'horizon de nos connaissances s'élargit brutalement et donne raison à l'intuition qu'avait eut Vesto Slipher trois ans auparavant.

L'idée d'un Univers statique doit être abandonnée. Le paradoxe de la nuit noire, baptisé paradoxe d'Olbers, joue cependant un rôle surprenant dans la détermination du nouveau modèle d'Univers. En 1927, l'astronome et physicien belge Georges Lemaître dans un article publié dans les Annales de la société scientifique de Bruxelles, prédit, en s'appuyant sur les mesures de décalage spectral vers le rouge faites par Edwin Hubble et Gustaf Strömberg, l'expansion de l'Univers. Le paradoxe trouve enfin sa solution :

- l'Univers n'étant pas infini, il ne peut être rempli d'étoiles où que se porte notre regard. La théorie des troncs de la forêt qui bloqueraient notre regard est erroné,
- la vitesse de la lumière étant fixée à 300000 km/s, nous ne pouvons voir plus loin que l'horizon cosmologique, en tenant compte de l'expansion de l'Univers, la lumière de certaines étoiles n'est pas encore parvenue jusqu'à nous,
- les étoiles naissent et meurent, elles ne sont pas éternelles,
- le spectre de la lumière des étoiles lointaines est déformé par l'effet Doppler et sort du domaine du spectre visible à l'œil nu. La fréquence de la lumière se situe alors dans l'infrarouge ou les ondes radio.



Quatre grands scientifiques qui ont travaillé sur le paradoxe de la nuit noire. De gauche à droite : Heinrich Olbers (1758-1840), Vesto Slipher (1875-1969), Georges Lemaître (1894-1966) et Gustaf Strömberg (1882-1962)

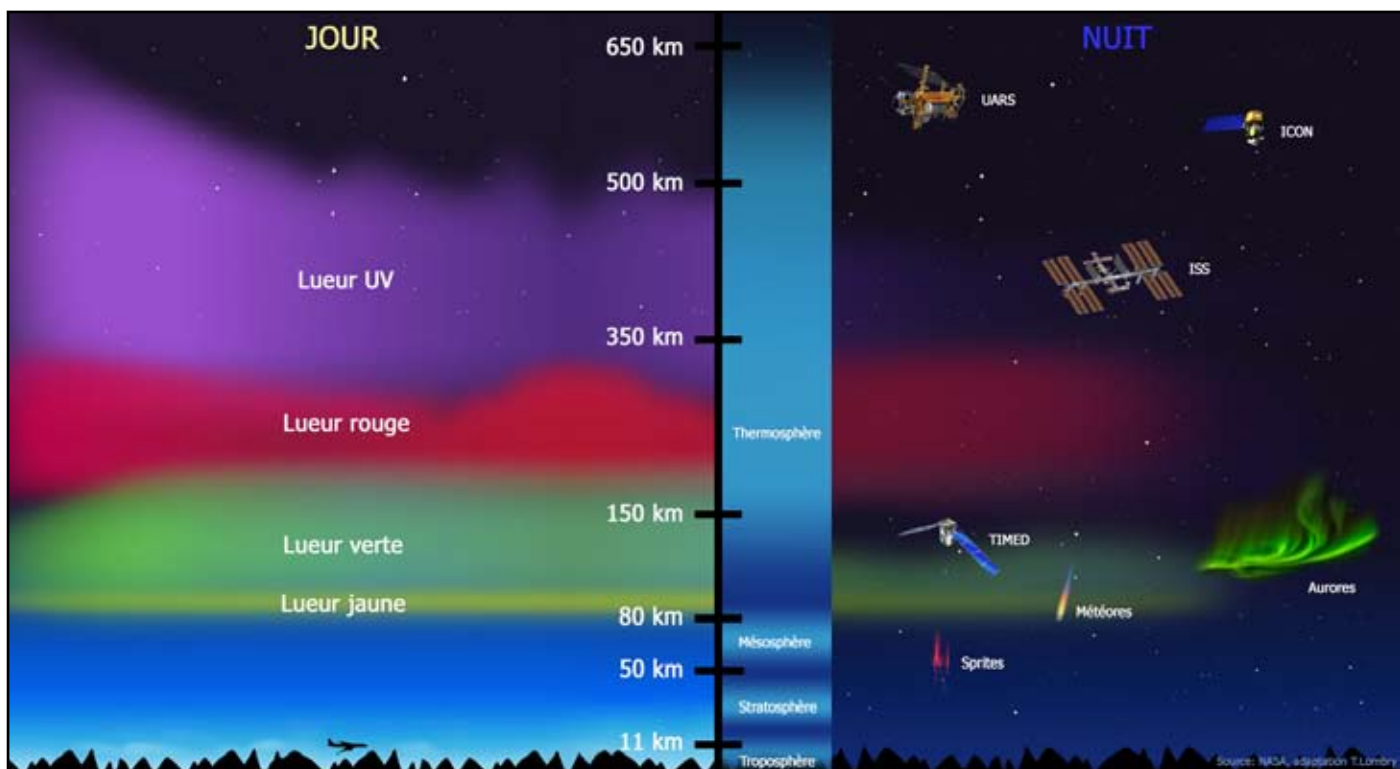
Le ciel n'est pas noir. De quelle couleur est-il ?

C'est un fait, le ciel nocturne nous semble noir. On parle même souvent des nuits noires, quand les reflets de la Lune n'éclairent plus le ciel. Même si l'Univers est peuplé d'étoiles, nous ne percevons pas le ciel nocturne noir mais... bleu foncé. Un phénomène illustré notamment par le célèbre tableau du peintre hollandais Vincent van Gogh *La nuit étoilée*. Ce ciel nous a même donné la teinte "bleu nuit", utilisée pour désigner une encre, une peinture ou un tissu bleu très foncé. D'où provient cet effet d'optique que le bleu nous semble noir ?

Selon une étude des chercheurs de l'Institut Technologique de Californie (États-Unis) parue dans la revue Nature, nos neurones atténueraient notre vision nocturne des autres couleurs que le bleu. Notre vision repose sur deux types de photorécepteurs qui tapissent le fond de notre rétine : les cônes et les bâtonnets. Les cônes (4 millions par œil) sont spécialisés dans la vision de jour et dans la perception des couleurs. Il existe trois types de cônes, qui se différencient en fonction de leur pigment photorécepteur sensible à une longueur d'onde particulière : le rouge, le vert ou le bleu. Les bâtonnets sont 25 fois plus nombreux que les cônes. Ils gèrent notre vision crépusculaire et nocturne et transmettent les images au cerveau en noir, en blanc et dans les nuances de gris.

Le neurobiologiste tchèque Johannes Evangelista Purkinje s'intéresse à cette étrange illusion d'optique de la nuit noire. Il en déduit en 1837 que chez l'être humain, la vision des couleurs dépend de la luminosité. En cas de forte lumière, ce sont les couleurs rouges que l'œil distingue le mieux mais lorsque l'intensité diminue ce sont les couleurs bleues qui sont le mieux perçues. On parle ainsi d'effet Purkinje.

Mais si le ciel nous paraît noir, les astronautes nous disent qu'il est plutôt gris. L'origine de la lumière nocturne en dehors de celle produite par la réflexion des rayons solaires sur la Lune et les aurores polaires est en grande partie la chimiluminescence ou "airglow" en anglais, qui est le processus qui contribue à 65 % de la luminosité du ciel nocturne. Elle résulte des réactions chimiques entre les diverses molécules de notre thermosphère. Les ultraviolets émis par le Soleil ou les rayons cosmiques cassent certaines molécules de notre atmosphère pendant le jour et leur recombinaison nocturne est accompagnée d'une émission lumineuse. La lumière zodiacale quant à elle compte pour 27 %. Elle est le reflet des rayons du Soleil sur les particules microscopiques de poussière qui se trouve entre les différentes planètes du Système solaire. Enfin, la lumière diffusée par les étoiles, représente environ 7 % de la lumière totale perçue.

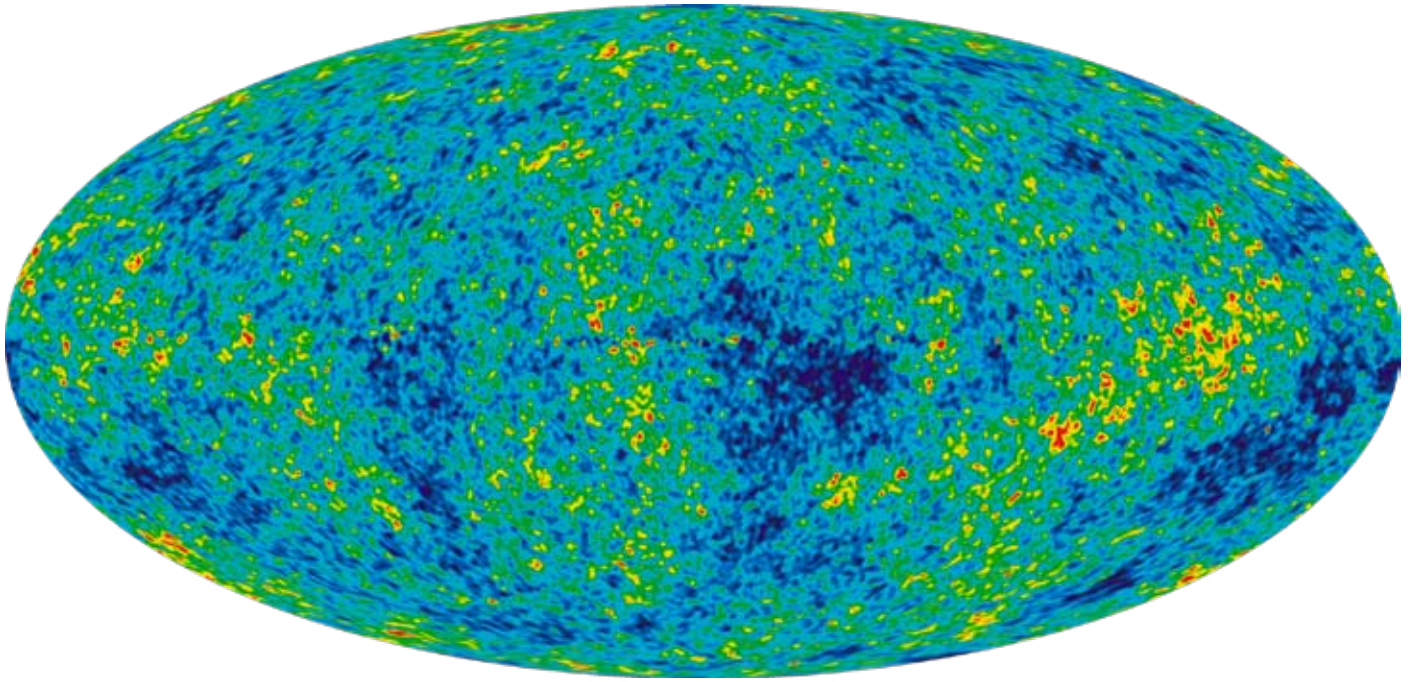


Différentes couleurs de l'airglow. Chaque élément chimique de notre atmosphère interagit différemment avec le rayonnement solaire ou les rayons cosmiques, de sorte que chacun réémet des longueurs d'onde qui lui sont propres, créant des couleurs différentes. La nuit, l'oxygène moléculaire (O₂) est responsable de la couleur verte prédominante, mais aussi des bleus et des rouges. Le sodium produit du jaune, alors que les radicaux hydroxyles donnent du rouge. La nuit n'est jamais vraiment noire.

Crédit : NASA/GFSC/Luxorion - Adaptation T. Lombry.

Par ailleurs, observé dans d'autres rayonnements que la lumière blanche, le ciel devient excessivement lumineux, que ce soit aux longueurs d'ondes infrarouge, X ou radio. Il est donc permis de dire que la nuit n'est pas noire, dans la mesure où si nos yeux étaient sensibles aux rayonnements infrarouges lointains, millimétriques ou centimétriques, ils verraient une nuit brillante de rayonnements cosmologiques. L'Univers en dehors de notre Galaxie est baigné de nombreux rayonnements, le principal étant le fond diffus cosmologique ou CMB pour *Cosmic Microwave Background*, dont la température actuelle est de 2,7 Kelvin (-270 °C). Découvert en 1964 et largement étudié depuis pour ses infimes fluctuations de température et de polarisation, cette "lumière primordiale" se propage librement depuis une époque datée d'environ 370000 ans après le Big-Bang.

Découvert en 1996 par le satellite Cobe, un autre rayonnement d'importance cosmologique a été découvert dans le domaine de l'infrarouge lointain, vers 200 microns de longueur d'onde. C'est le rayonnement fossile des galaxies ou fond diffus extragalactique infrarouge. Il est environ 50 fois moins intense que le CMB. L'ensemble de ces rayonnements constitue le contenu électromagnétique de l'Univers d'aujourd'hui. Il est largement dominé par le CMB (environ 95 % de l'énergie).



La "lumière" du fond diffus cosmologique - Crédit NASA/WMAP

Le jour où l'Univers devient transparent, la lumière apparaît, mais au rythme de l'expansion de l'Univers celle-ci se dégrade pour ne plus être aujourd'hui qu'un faible rayonnement d'environ 2,7 K. Depuis 13,7 milliards d'années les étoiles brûlent leur combustible tandis que la température du rayonnement descend graduellement vers le zéro absolu. Dans plusieurs milliards de milliards d'années, l'Univers approchera inexorablement de l'équilibre thermodynamique. Les étoiles ayant épuisé leur énergie seront éteintes et l'Univers baignera dans un rayonnement très proche du zéro absolu. Dans ces conditions plus aucune lumière ne permettra d'illuminer le ciel.

Aujourd'hui, la nuit nous inspire, nous fascine, nous émerveille. Quelle que soit notre approche, scientifique, artistique, philosophique ou théologique, une partie de chacun de nous entre toujours à un moment ou un autre de son existence en contemplation et en étonnement devant l'immensité inaccessible d'un ciel nocturne étoilé. Cependant, il nous est déjà possible de nos jours d'envisager un ciel totalement noir : peut-on encore observer la nuit dans nos régions urbaines sur-éclairées par nos éclairages publics ?

Bibliographie

- *L'éclat du ciel nocturne* de Jean Dufay dans la Gazette astronomique de la Société Astronomique d'Anvers,
- *De l'infini* de Jean-Pierre Luminet et Marc Lachièze-Rey,
- Thèse d'Yves Gomas sur l'œuvre de Jean Dufay,
- Thèse d'Hervé Dole sur La nuit n'est pas noire,
- *Pourquoi la nuit est-elle noire ?* de Jean-Marc Lévy-Leblond,
- Conférence de François Mignard sur L'énigme du ciel noir,
- *À l'aube de la découverte de l'expansion de l'Univers* d'Alain Brémond et Hugues Chabot,
- *The dark night-sky riddle, Olbers paradox* d'Edward Harrison,
- *Olbers's paradox* de David Newton,
- *Olbers's paradox and the spectral intensity of extragalactic background light* de Paul S. Wesson,
- *Galactic background radiation in the 78 to 111 EV Band* de Sanders, Bloch, Edward, Jahoda, Juda, Mc Cammon et Snowden

Cet article est dédié à Alain Brémond, ancien président de la Société Astronomique de Lyon, qui m'a fait découvrir les travaux de l'astronome français Jean Dufay sur la lumière du ciel nocturne.

Les couleurs des étoiles

Par Christophe Leclercq

Agitation thermique et température

Au sein de la matière les atomes, les ions ou les molécules ne sont pas figés, ces entités chimiques vibrent constamment. Cette vibration permanente est appelée agitation thermique. C'est cette dernière que l'on mesure quand on relève une température. Plus l'agitation est importante, plus la température est élevée, et vice versa. Dans un espace sidéral totalement dépourvu de matière, s'il existe, aucune température ne peut être définie. Pas de matière, pas de température. Dans les régions de faible densité, nuages interstellaires ou autres, la température est liée à l'énergie cinétique des molécules.

Dans la vie courante nous utilisons l'échelle Celsius pour exprimer une température. C'est une échelle arbitraire définie par deux points fixes, le 0°C et le 100°C, correspondant respectivement à la fusion de la glace et à l'ébullition de l'eau (pour une pression de 1013 hPa). Les scientifiques utilisent l'échelle absolue ou échelle Kelvin. Il n'y a qu'un seul point fixe, le zéro absolu, température pour laquelle toute agitation thermique cesse, plus de vibration... Température absolue T en kelvins et température relative Θ en degrés Celsius sont liées par l'égalité suivante : $T \text{ (K)} = \Theta \text{ (}^\circ\text{C)} + 273,15$

Le zéro absolu correspond à $-273,15 \text{ }^\circ\text{C}$. Un écart de température a la même valeur exprimée en kelvins ou en degrés Celsius. On parle bien en kelvins (K) et non pas en degrés Kelvin ($^\circ\text{K}$).

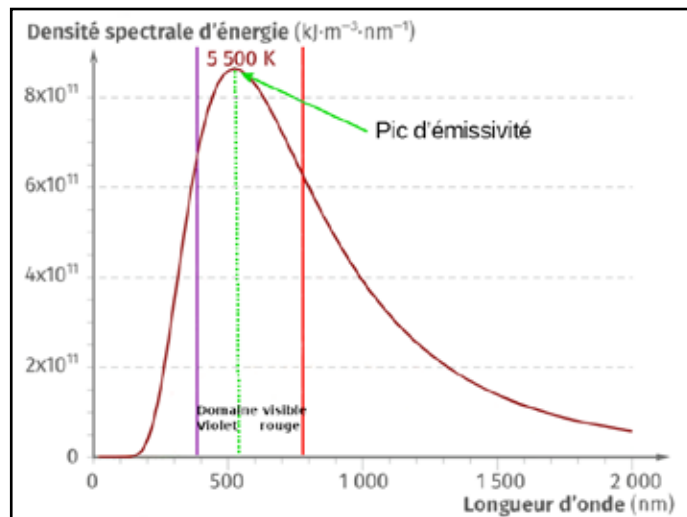
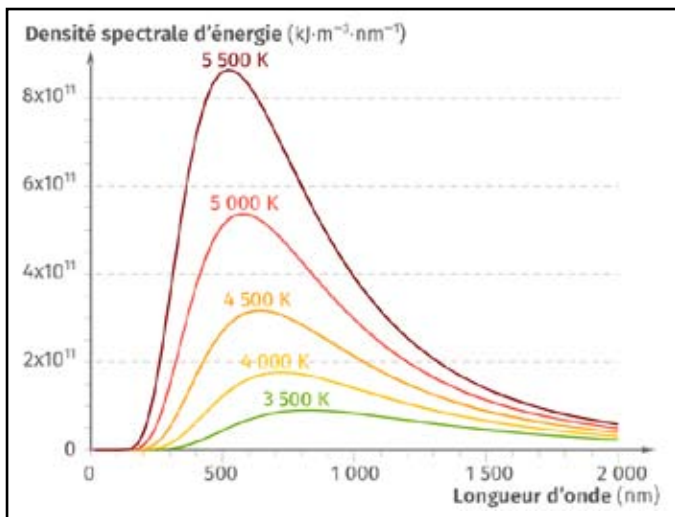
Pyroluminescence et incandescence

Nos ancêtres le savaient déjà, la combustion d'un matériau généralement carboné produit de la lumière. Ce phénomène est appelé pyroluminescence. Ils utilisaient pour s'éclairer un feu, une lampe à huile, une bougie, du gaz naturel, du pétrole lampant... C'est en 1802 que l'idée d'utiliser l'énergie électrique pour s'éclairer apparut. Humphry Davy parvint à mettre à l'état d'incandescence un filament de platine à l'aide de piles galvaniques. Les expériences se succédèrent jusqu'aux années 1878-1879 quand Joseph Swan et Thomas Edison mirent au point parallèlement les premières lampes électriques à usage pratique.

Parcouru par un courant électrique le filament par effet Joule va s'échauffer. L'agitation thermique augmente, les atomes le constituant vont alors émettre un rayonnement électromagnétique beaucoup plus important. Ce rayonnement thermique émis va s'apparenter à celui d'un corps noir, il ne dépend que de la température du filament.

Corps noir et spectre de rayonnement

On appelle corps noir un corps capable d'absorber intégralement tout rayonnement incident quelle que soit sa longueur d'onde. Il ne réfléchit ou ne transmet aucune lumière. Du fait de sa température aussi basse soit telle un corps noir émet dans toutes les longueurs d'onde. Une étoile comme le Soleil peut être assimilée à un corps noir, même si ce n'est pas vraiment sa couleur. Un four uniformément chauffé, un objet recouvert de suie peuvent être aussi assimilés à un corps noir. Ce dernier reste cependant un modèle théorique utilisé en physique. On l'utilise car son spectre d'émission n'est modifié par aucune source lumineuse incidente.



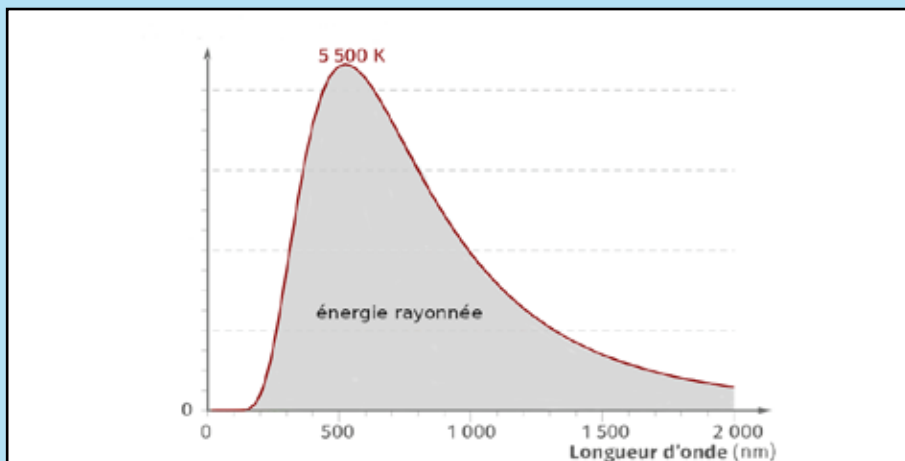
Spectres d'un corps noir - Source <https://www.lelivrescolaire.fr/page/6708254> - Schéma adapté par l'auteur

Ci-dessus, à gauche, on a représenté le spectre de rayonnement d'un corps pour différentes températures (3500, 4000, 4500, 5000, 5500 K). L'axe des abscisses représente les longueurs d'onde du rayonnement thermique, exprimée en nanomètres, le domaine visible étant compris entre 380 et 780 nm. L'axe des ordonnées représente la densité d'énergie spectrale, exprimée en $J \cdot m^{-3} \cdot nm^{-1}$, anciennement $J/m^3/nm$. Cela correspond à l'énergie thermique rayonnée pour un volume unitaire (m^3) et pour une étroite bande de longueurs d'onde (nm) autour de celle considérée.

On peut constater trois choses :

- plus un corps est chaud, plus son rayonnement thermique est important ;
- il y a une longueur d'onde privilégiée pour laquelle l'énergie rayonnée est maximale. Ce maximum est appelé pic d'émissivité ;
- plus le corps est chaud plus il émet dans les courtes longueurs d'onde. Le pic d'émissivité se déplace vers le violet.

Remarque : la surface comprise entre une courbe et l'axe des abscisses (longueurs d'onde) est égale à l'énergie totale rayonnée. Pour une étoile cette surface correspond à la magnitude bolométrique (en ordonnées l'énergie rayonnée en fonction de la longueur d'onde).



Loi du déplacement spectrale de Wien

C'est en 1893 que Wilhelm Wien découvrit la particularité du pic d'émissivité. Il utilisa un four uniformément chauffé, en équilibre thermique, comme modèle de corps noir. Température et longueur d'onde du pic sont inversement proportionnelles, liées par la relation : $\lambda_{pic} (m) = 2.898 \cdot 10^{-3} / T (K)$

Cette relation est appelée loi du déplacement spectral de Wien. En astronomie cette loi permet de déterminer la température de surface des étoiles qui sont des corps noirs presque parfaits.

Par exemple, notre étoile, le Soleil possède un pic d'émissivité à 500 nm soit $500 \cdot 10^{-9} m$ (radiation verte). La température de la photosphère est donc de :

$$T_{photosphère} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{pic}} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-9}} = 5800 K$$

Remarque 1 : l'œil a une sensibilité scotopique (en faibles lumières ou en vision nocturne) maximale à 510 nm (vert). En vision photopique (vision diurne) le maximum se situe à 550 nm (vert). La nature est quand même bien faite !

Remarque 2 : le rayonnement de fond cosmologique (RFC) fut découvert en 1965 par Robert Wilson et Arno Penzias des laboratoires Bell. Il consacra la théorie du Bing Bang et la fin de l'hypothèse stationnaire. Le spectre du RFC correspond à la perfection à celui d'un corps noir dont la température serait de 3 K. Mais initialement la matière était bien plus chaude. Le RFC ayant subi l'expansion de l'Univers son pic d'émissivité s'est décalé vers les ondes millimétriques.

Luminosité et exitance

Plus un corps est chaud, plus il rayonne. En 1879, Josef Stefan découvrit que la quantité de lumière émise par unité de surface était proportionnelle à la puissance 4 de la température absolue du corps. Cette relation fut démontrée par Ludwig Boltzmann à l'aide des principes fondamentaux de la physique statistique en 1884. La luminosité surfacique, appelée aussi exitance notée M , correspondant à la puissance rayonnée pour une surface unitaire, est donnée par la relation de Stefan-Boltzmann : $M = \sigma.T^4$

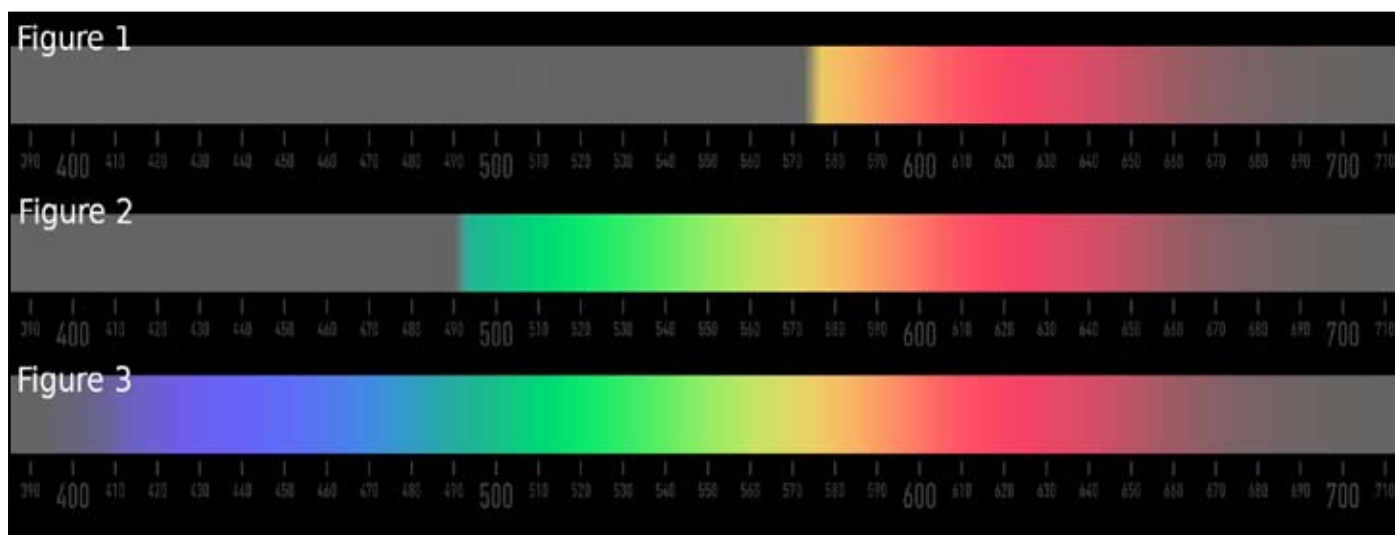
L'exitance M s'exprime en $W.m^{-2}$ (ou W/m^2), la température T en K, σ est une constante égale à $5,67.10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$. Pour le Soleil on trouve une exitance $M = 64,2.10^6 W/m^2$ soit 64,2 millions de watts par mètre carré !

Connaissant la surface totale S de l'objet on peut en déduire sa luminosité L correspondante à la puissance totale rayonnée : $L = M.S$. Dans le cas d'une étoile de rayon R (m) : $L = M.4.\pi.R^2$.

En considérant que le rayon solaire est de 700.10^3 km soit 7.10^8 m on obtient une luminosité de 4.10^{26} watts. La valeur admise est $L_s = 3,83.10^{26} W$. En connaissant la luminosité ainsi que la température de surface on peut calculer le rayon d'une étoile.

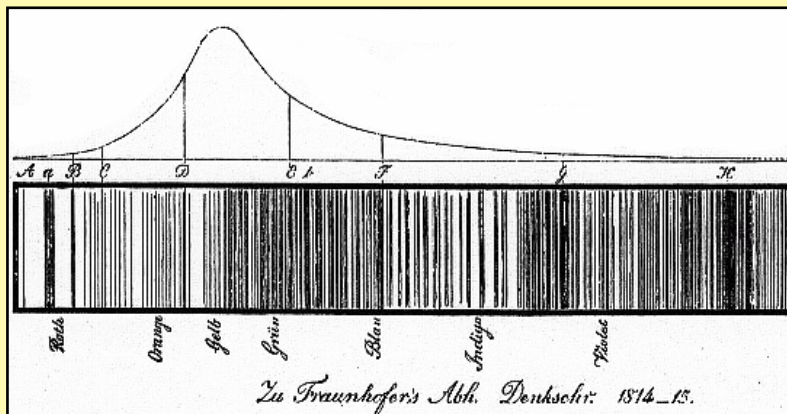
Température, couleurs et synthèse additive

Un corps à température ambiante rayonne principalement dans l'infra-rouge (thermique). Si on chauffe celui-ci, vers $800^\circ C$, il commence à émettre une lumière visible de couleur rouge-brun puis rouge. C'est le cas de l'extrémité d'une cigarette par exemple. Si on pouvait analyser ce rayonnement thermique avec un spectroscope on obtiendrait le spectre présenté figure 1 ci-dessous.



Source Wikipédia - Adaptation de l'auteur

Avec l'augmentation de la température des radiations vont apparaître, orange, puis jaunes puis vertes. Son spectre d'émission va s'élargir pour ressembler à celui de la figure 2. La somme de toutes ces radiations donne alors une couleur jaune à l'objet. Si on chauffe encore ce sont les radiations bleues puis violettes qui vont apparaître, on a "chauffé à blanc" l'objet. Si on analyse la lumière émise, on obtiendra un spectre continu recouvrant totalement le domaine visible comme la figure 3. On distingue trois couleurs principalement, le rouge, le vert et le bleu. Celles-ci sont appelées couleurs fondamentales (RVB) et correspondent au maximum



Le physicien allemand Joseph von Fraunhofer fut le premier en 1817 à observer les raies d'absorption dans le spectre du Soleil. Cela lui permit de déterminer en partie la composition chimique des couches externes de notre étoile. Aujourd'hui on compte dans le spectre solaire plus de 50000 raies, correspondant à 67 éléments chimiques.

Spectre de Fraunhofer réalisé en 1814 - Crédit J. Fraunhofer / Deutsches Museum

de sensibilité des cônes tapissant la rétine de nos yeux. L'addition de ces trois couleurs donne une lumière blanche. L'addition de deux de ces couleurs donne une couleur primaire. Du rouge avec du vert donne du jaune, du rouge avec du bleu donne du magenta, du bleu avec du vert donne du cyan (MJC).









Les radiations rouges apparaissent toujours en premier. Ainsi un corps chaud ne pourra jamais être de couleur verte, la superposition du rouge et du vert donnant du jaune. C'est le cas de tout objet, et de toute étoile.

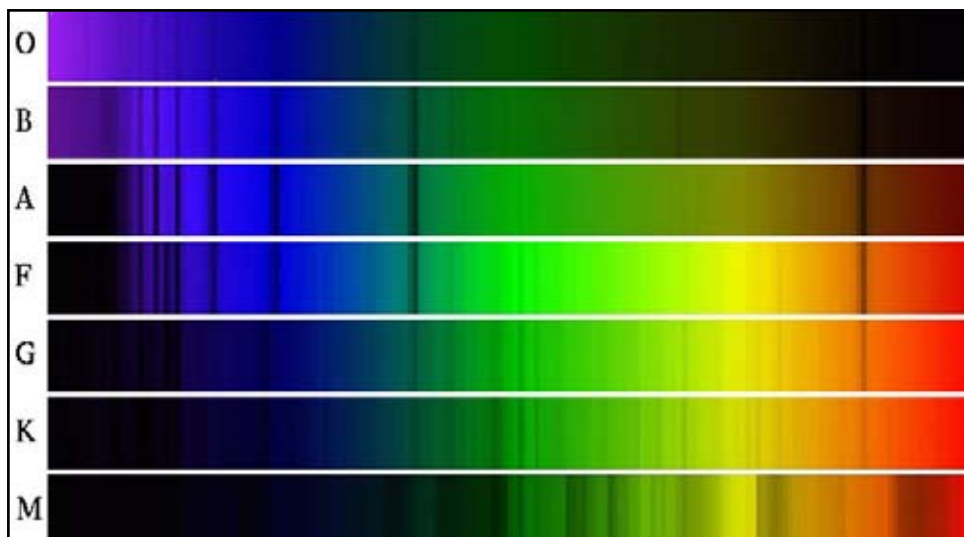
Classification des étoiles

Les photons gamma nés de la fusion au cœur des étoiles migrent vers la périphérie. Au cours de ce périple ils subissent une infinité d'interactions avec les autres particules. Ils perdent ainsi une fraction de leur énergie et se transforment en photons X, ultra-violets, visibles, infra-rouges, radios. Ce phénomène est appelé thermalisation. On peut alors observer tout le spectre électromagnétique.

Mais en traversant l'atmosphère stellaire certains photons de fréquences bien définies vont être absorbés par les espèces chimiques présentes. Le spectre continu se transforme alors en spectre de raies d'absorption (voir encadré ci-dessus), où chaque raie caractérise un élément. La plus connue étant la raie H α de l'hydrogène à 656,3 nm. Les éléments chimiques présents dépendent de la température de l'étoile, le spectre de raies évolue donc lui aussi avec la température.

Au début du XX^{ème} siècle les étoiles furent classées en fonction de leur spectre, c'est-à-dire en fonction de leur température de surface. Un groupe dirigé par les astronomes américains Edward Pickering et Annie Jump Cannon attribua les lettres (O, B, A, F, G, K, M) aux différents types d'étoiles, de la température la plus élevée à la plus basse. À cette classification de Harvard fut ajoutées deux autres classes, L et T, pour les naines brunes (il existe une troisième classe nommée Y pour les naines brunes). De nos jours chaque classe spectrale est subdivisée de 0 à 9. Notre Soleil appartient à la classe spectrale G2.

Classe	Couleur	Température (K)	Raies particulières présentes dans leurs spectres
O		50000-25000	Hélium neutre
B		25000-10000	Hélium neutre et hydrogène
A		10000-7400	Hydrogène
F		7400-6000	Hydrogène et métaux ionisés
G		6000-5000	Calcium, métaux neutres ou ionisés
K		5000-3500	Un peu d'hydrogène, métaux neutres, oxyde de titane
M		3500-1700	Métaux, oxydes de titane et vanadium
L et T		1700-1500	Oxydes métalliques



Exemples de spectres d'étoiles en fonction de leur classe
 Source http://astrodom.fr/classification_spectrale.html

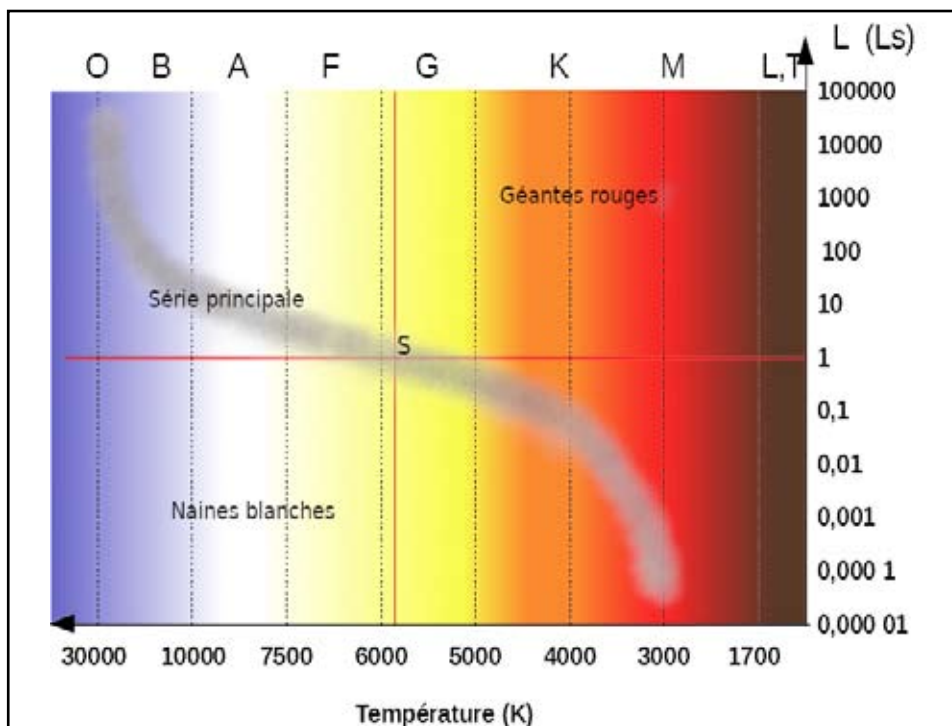
Un corps noir rayonne principalement autour de son pic d'émissivité. 98 % de l'énergie est dissipée aux longueurs d'onde comprises entre 0,5 fois λ_{pic} et 8 fois λ_{pic} . Bételgeuse ou α Orionis, de type spectral M, a une température de surface de 3600 K. Son pic d'émissivité se situe selon la loi de Wien à 805 nm. 98 % de son énergie est donc rayonnée entre 402 nm (violet) et 6440 nm (IRc). 1 % en deçà, bleu et ultra-violets, et 1 % au-delà

(infra-rouges). On peut voir sur la figure ci-dessus qu'un spectre de type M est peu lumineux pour les radiations bleues, le violet n'apparaît quasiment pas. Il est plus intense vers le rouge. Cette étoile est une supergéante rouge.

Rigel ou β Orionis est un système stellaire multiple. La composante principale de type spectral B8 a une température de 10000 K. Son pic d'émissivité se situe à 290 nm (UVB), elle rayonne 98 % de son énergie entre 145 nm (UVc) et 2320 nm (IRb). Son spectre est peu lumineux pour les radiations rouges et orange, intense pour celles violettes et bleues. C'est une supergéante bleue.

Le diagramme Hertzsprung-Russell ou diagramme H-R

Toujours au début du XXème siècle les astronomes Ejnar Hertzsprung et Henry Norris Russel indépendamment eurent l'idée de placer les étoiles sur un diagramme (ci-dessous). L'axe des abscisses orienté historiquement vers la gauche représente la température de surface de l'étoile, à l'axe des ordonnées correspond la luminosité de l'étoile, ici exprimée en luminosité solaire L_s ($3,83 \cdot 10^{26}$ W). On choisit parfois d'indiquer la magnitude absolue en ordonnées. Le fond du graphique correspond à la couleur des étoiles. Il est complété au-dessus par la classe spectrale des astres.



Le diagramme HR - Schéma réalisé par l'auteur

Sur ce diagramme les étoiles ne sont pas distribuées n'importe où, mais se répartissent dans certaines zones bien déterminées. Environ 80 % des étoiles se situent dans la diagonale appelée série principale à laquelle appartient notre Soleil (S). La luminosité de ces étoiles est proportionnelle à leur température comme le prédit la loi de Stefan-Boltzmann mais la luminosité dépend aussi de la taille de l'étoile. Pour une température donnée la luminosité des géantes rouges sera plus élevée, plus faible pour les naines blanches. Au cours de leur évolution, les étoiles sont destinées à se déplacer sur ce diagramme.

Le rapport Ib/Iv et température des étoiles

Nous avons vu que le pic d'émissivité nous permettait de déterminer avec l'aide de la loi de Wien la température de surface d'une étoile. Dans le cas d'une étoile chaude ($T > 15000$ K) ce pic se situe hors du visible. Pour contrer cette difficulté les astronomes américains Harold Lester Johnson et William Wilson Morgan développèrent au début des années 50 le système photométrique standardisé UBV, amélioré et complété par la suite. Ainsi trois filtres sont employés, un bleu laissant passer une large bande autour de 438 nm, le second, au milieu du visible, dans le vert autour de 547 nm (maximum de sensibilité de l'œil humain), le troisième dans l'ultraviolet à 365 nm. On mesure l'intensité de l'étoile à travers chaque filtre. Le rapport de l'intensité du bleu par celle du vert I_b/I_v est le plus utilisé pour définir la température d'une l'étoile.

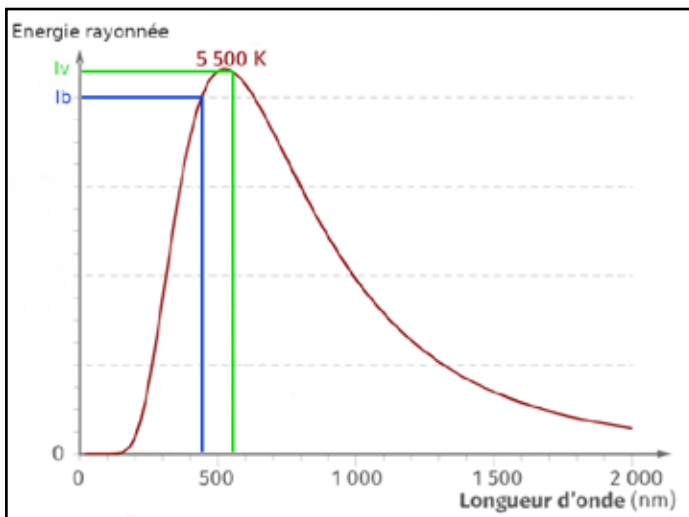


Schéma adapté par l'auteur

Dans le cas du Soleil dont la température de surface (photosphère) est de 5800 K le pic d'émissivité se situe à 500 nm. Il émet quasiment autant dans le bleu que dans le vert, le rapport I_b/I_v est donc proche de 1. Une étoile plus chaude dont le pic d'émissivité est décalé vers le bleu émet plus dans le bleu et moins dans le vert, son indice I_b/I_v sera supérieur à 1. Inversement une étoile plus froide dont le pic est décalé vers le rouge émet moins dans le bleu et plus dans le vert, son rapport I_b/I_v est inférieur à 1.

Température (K)	I_b/I_v	B-V
4000	0,61	1,20
5600	1,02	0,65
8000	1,54	0,20
9900	1,85	0,00
15500	2,14	-0,16
28000	2,46	-0,31
40000	2,55	-0,35

Extrait du livre *Astronomie et astrophysique* de Marc Séguin et Benoît Villeneuve, Masson, p205

Pour les étoiles dont les températures sont supérieures à 25000 K ou inférieures à 4000 K c'est une étude approfondie des raies d'absorption de leur spectre qui permet de déterminer leur température (la profondeur relative d'une raie dépend de la température).

L'indice B – V des étoiles

Si vous utilisez un logiciel de cartographie stellaire et que vous cliquez sur "À propos de...", il apparaît dans

les données concernant une étoile un indice de couleur non dénommé pour Cartes du ciel, mentionné comme "indice de couleur B-V" pour Stellarium, "B-V on Johnson" pour SkyMap Pro. Cet indice est lié au rapport I_b/I_v par la relation suivante : $B - V = 0,67 - 2,5 \log (I_b/I_v)$.

La constante 0,67 est une valeur arbitraire fixée par convention. On remarquera que l'indice B-V diminue quand I_b/I_v augmente. Ainsi les étoiles chaudes auront les plus faibles indices B-V.

Ci-contre quelques données concernant Bételgeuse, notamment ses indices photométriques – base de données SIMBAD, centre de données astronomiques de Strasbourg

```

Basic data :
* alf Ori -- Red supergiant star
Other object types:      * (*,Ag,...), IR (EIC,IRAS,...), ** (**,ADS,...), V* (V*,AAVSO), smm (JOHTSE,JOHTSF), s*r (1989ApJ5), LP* (2009yCat), UV (TD1)
ICRS coord. (ep=J2000) : 05 55 10.30536 +07 24 25.4304 (Optical) [ 9.04 5.72 90 ] A 2007A&A...474..653V
FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) : 05 52 27.79758 +07 23 57.7900 [ 9.04 5.72 90 ]
Gal coord. (ep=J2000) : 199.78723619 -08.95060329 [ 9.04 5.72 90 ]
Proper motions mas/yr: 27.54 11.30 [ 1.03 0.65 0 ] A 2007A&A...474..653V
Radial velocity / Redshift / cz : V(km/s) 21.91 [ 0.51 ] / z(-) 0.000073 [ 0.000002 ] / cz 21.91 [ 0.51 ] A 2005ABA...430..165F
Parallaxes (mas): 6.55 [ 0.83 ] A 2007A&A...474..653V
Spectral type: M1-M2Ia-Iab B 1989ApJ5...71..245K
Fluxes (8) : U 4.38 [-] C 1966CoLPL...4...993
B 2.27 [-] C 1966CoLPL...4...993
V 0.42 [-] C 1966CoLPL...4...993
R -1.17 [-] C 2002yCat..2237...00
I -2.45 [-] C 2002yCat..2237...00
J -3.00 [-] C 2002yCat..2237...00
H -3.73 [-] C 2002yCat..2237...00
K -4.05 [-] C 2002yCat..2237...00
    
```

Étoile	Type spectral	Température (K)	Indice B-V	Luminosité (L _s)	Mag. apparente	Mag. absolue
Mintaka	O9	30000	-0,22	90000	+2,25	-4,99
Regulus A	B7	11010 à 15400	-0,11	341	+1,40	-0,57
Rigel	B8	10000	-0,03	~ 40000	+0,12	-6,69
Vega	A0	9602	0,00	37	+0,03	+0,58
Sirius A	A1	9900	0,00	26,1	-1,46	+1,4
Castor A	A1	10300	0,04	30	+1,96	+1,33
Castor B	A2	8840	0,04	14	+2,91	+2,28
Deneb	A2	8700	0,09	~ 60000	+1,25	-7,5
Polaris	F8	7000	0,60	2440	+1,97	-3,5
Soleil	G2	5780		1	-26,9	+4,74
Pollux	K0	4865	1,00	32	+1,15	+1,09
Arcturus	K2	4286	1,23	170	-0,05	-0,31
Betelgeuse	M1-M2	3600	1,85	18900	+0,0 à 1,3	-5,3 à -5,0

Tableau présentant les caractéristiques de quelques étoiles remarquables

Nuits d'été

“Voilà l'été”... Les nuits sont courtes, le crépuscule astronomique a disparu, le ciel n'est pas vraiment noir mais le temps est vraiment agréable pour observer. Bas sur l'horizon Antarès rouge-orangée scintille dans le Scorpion. Plus haut Arcturus orangée règne sur le Bouvier. Proche du zénith la blanche Véga culmine avec sa voisine la double-double ε1-ε2 Lyrae. Deux autres duos de doubles très intéressants sont visibles, les bigarrées γ Delphini et STF 2725 dans le Dauphin, κ et ι Bootis non loin de la galaxie spirale évanescence M101. Dans cette constellation du Bouvier il ne faut pas manquer ζ Bootis remarquable déjà dans un chercheur par sa couleur or, on dirait deux paillettes du métal précieux. Bien sûr on n'oublie pas Albiréo et ses magnifiques couleurs jaune et bleu. Avec



L'étoile double et colorée Albireo dessinée par l'auteur avec un T150/750

les mêmes dominantes chromatiques il y a Polaris, qui elle est toujours visible quelle que soit la saison. Je vous souhaite de belles observations estivales, les plus colorées possible.

Bibliographie

- *Astronomie et astrophysique*, Marc Séguin et Benoît Villeneuve, Masson.
- *L'observation du ciel*, Michel Dumont, Éditions Atlas.
- *Atlas du cosmos – L'évolution des étoiles*, National Geographic.
- *Thermodynamique*, Jean-Pierre Faroux et Jacques Renault, Dunod, collection J'intègre Prépas scientifiques.

Mon oeil !



Par *Émeline Bellaud*

Qui n'a jamais été bluffé par le spectacle offert par la Voie lactée, les anneaux de Saturne, les Pléiades ou encore les détails d'un cratère lunaire ? Que ce soit lors d'une soirée d'observation (à l'aide d'instrumentation plus ou moins sophistiquée ou tout simplement à l'œil nu) ou en intérieur, confortablement installé dans son canapé à lire un magazine astro, on ne pense que rarement, voire jamais, à la manière dont tout cela est possible. À force de contempler les merveilles du ciel, nous en oublierions presque les raisons pour lesquelles cela s'avère possible. Et si je vous disais que c'est un petit organe de 8 grammes pour 2,5 centimètres de diamètre seulement qui est capable de nous offrir tout l'Univers sur un plateau d'argent ? Autrement dit bien peu, voire totalement insignifiant comparé aux échelles astronomiques que nous connaissons. Et c'est pourtant bien cet organe qui nous permet non seulement de jouir des beautés du ciel, mais également d'en décrypter tous les rouages et mystères, siècle après siècle, via l'observation, amorce de toute bonne hypothèse scientifique qui se respecte. C'est ainsi que je vous propose un petit tour d'horizon des super pouvoirs de l'œil humain.

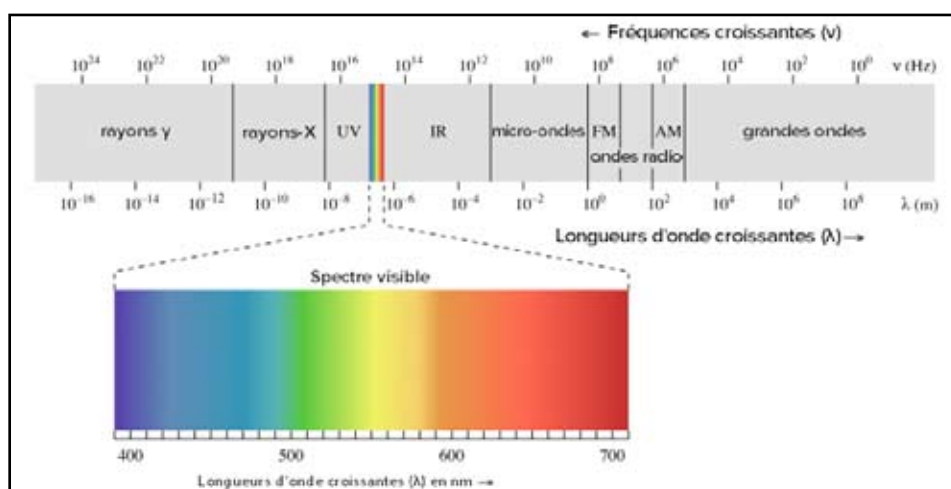
Il était une fois...

Commençons par le commencement. La formation de ce formidable organe qu'est l'œil débute très tôt, au 22ème jour de l'embryon. C'est à ce moment précis que deux gouttières optiques vont se développer au niveau du futur tube neural et vont constituer ici une première ébauche de l'œil. Malgré tout, le développement des yeux prend du temps, puisque la vue est le dernier sens qui est développé au niveau de l'embryogenèse. Les paupières restent d'ailleurs fermées jusqu'à la 24ème semaine de grossesse. C'est à partir du 7ème mois que le fœtus commence à percevoir des ombres et qu'il est stimulé par une lumière forte dirigée vers le ventre de sa mère. Rien n'est terminé à la naissance puisque la fonction visuelle poursuit son développement jusqu'à la 10ème année, même si les changements les plus importants s'effectuent durant la première année de vie (extension du champ visuel, coordination des mouvements oculaires et développement de la vision binoculaire).

Et la lumière fut !

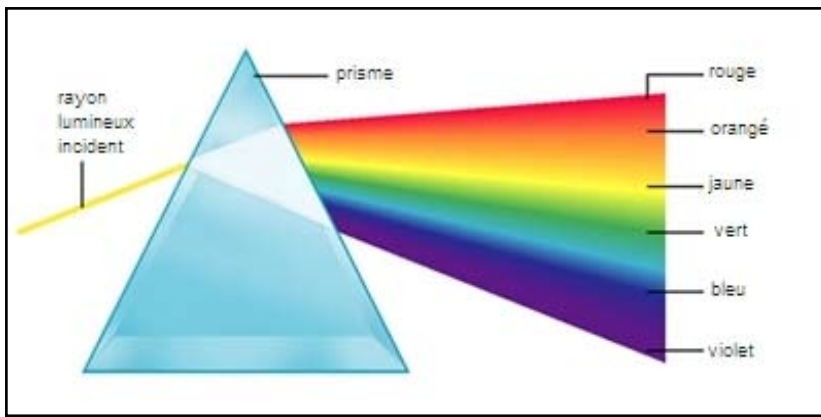
Mais comment cet organe fonctionne-t-il ? Afin de mieux en comprendre les mécanismes, il est nécessaire de partir de l'amont du processus visuel...

Bien qu'il constitue un organe remarquable, l'œil ne peut permettre la vision que s'il reçoit une information, qui sera par la suite traitée. Cette information n'est autre que la lumière, ou dans le jargon commun, le "visible". Cette lumière, constituée de photons, est aussi une onde électromagnétique, caractérisée par un spectre de différentes longueurs d'ondes. Les limites de ce spectre sont établies à 380 nm pour les longueurs d'ondes les plus courtes, et à 700 nm pour les plus longues, le tout définissant ainsi la limite de perception de l'œil humain. Comme le montre le schéma ci-dessus, nous percevons ainsi les couleurs allant du bleu violet (longueurs d'ondes les plus courtes), au rouge (longueurs d'ondes les plus longues).



L'œil humain ne perçoit qu'une partie mineure des ondes électromagnétiques.

Source www.researchgate.net



L'expérience du prisme d'Isaac Newton nous montre le polychromatisme de la lumière blanche - Source www.larousse.fr

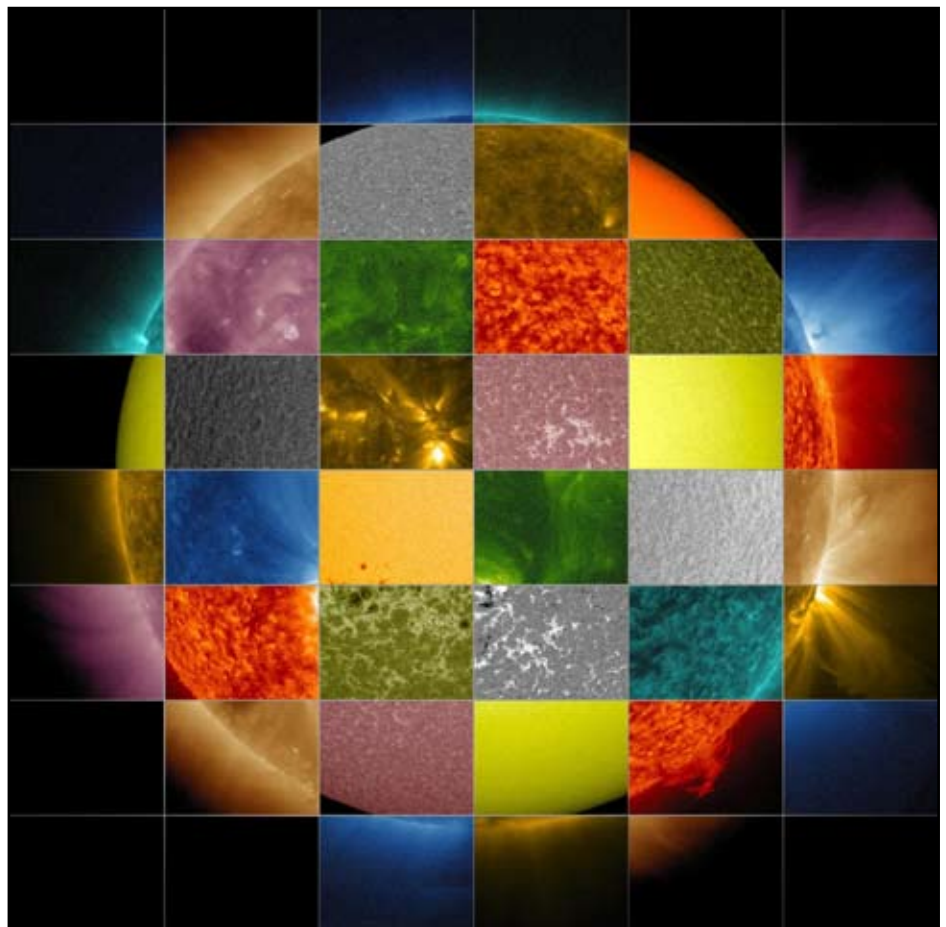
Ces longueurs d'ondes peuvent facilement être mises en évidence par une célèbre et simplissime expérience de spectroscopie par réfraction que l'on doit à Isaac Newton, et qui consiste en la dispersion de la lumière blanche via un prisme pour en obtenir toutes les couleurs qui constituent cette dernière. Les couleurs de l'arc-en-ciel ainsi révélées, on constate donc que la lumière blanche est une lumière polychromatique.

percevons qu'une infime partie de notre Univers. En effet, multitudes d'ondes échappent à notre machinerie optique pourtant parmi les plus élaborées du monde animal. En effet, ni les rayons γ , X ou ultraviolet inférieurs à 380 nm, ni les rayons infrarouges, micro-ondes, radio ou grandes ondes supérieurs à 700 nm ne sont perceptibles à nos yeux. Heureusement, les grandes découvertes et en particulier l'avancée des technologies nous permettent à nous, simples êtres humains de percevoir l'imperceptible. C'est ainsi que nous pouvons visuellement appréhender multitudes d'objets de manière différente, et en faire ressortir de manière assez fine certains détails. L'exemple le plus typique est certainement celui du Soleil. Cette étoile particulière, la nôtre, est scrutée dans toutes les longueurs d'ondes possibles. D'une part dans le visible : une observation dans la totalité du spectre ou dans certaines raies particulières ne donne pas les mêmes images. D'autre part, dans d'autres longueurs d'ondes inaccessibles à l'œil humain (rayons X, UV, γ), les données recueillies par des télescopes spatiaux ou de gigantesques radiotélescopes à la surface de la Terre permettent d'en savoir bien davantage sur le fonctionnement de notre Soleil et d'en révéler toutes les facettes. L'illustration ci-contre issue du travail de la NASA en combine les résultats (toutes longueurs d'ondes confondues), et on peut dire sans nul doute que cette sublime mosaïque nous fait rendre notre étoile encore plus spectaculaire qu'elle ne l'est d'ordinaire.

Un peu d'anatomie

Mais ensuite, que se passe-t-il lorsque les photons atteignent notre œil ? Quelques schémas anatomiques et des explications s'avèrent nécessaires afin de retracer le parcours de la lumière au sein de notre organe.

Les photons vont traverser notre cornée et pénétrer dans l'œil via la pupille, plus ou moins ouverte selon l'intensité lumineuse. La cornée ainsi que le cristallin situé en arrière de la pupille vont jouer le rôle de lentille, et concentrer les différents faisceaux lumineux pour les diffuser au cœur du globe oculaire. Ces faisceaux vont ainsi se projeter sur le fond de l'œil, au niveau d'une membrane qui n'est autre que la rétine. Cette dernière joue un rôle fondamental dans la vision puisqu'elle est tapissée de photorécepteurs,

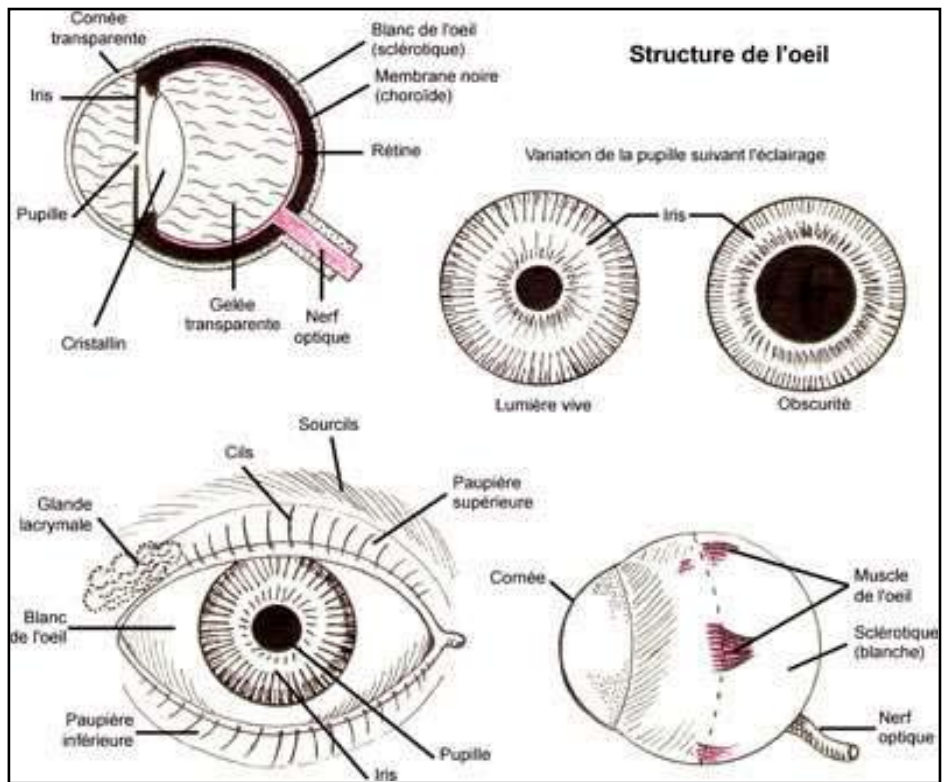


La spectroscopie nous révèle les multiples facettes du soleil, irradiant dans de multiples longueurs d'ondes - Crédit NASA/SDO

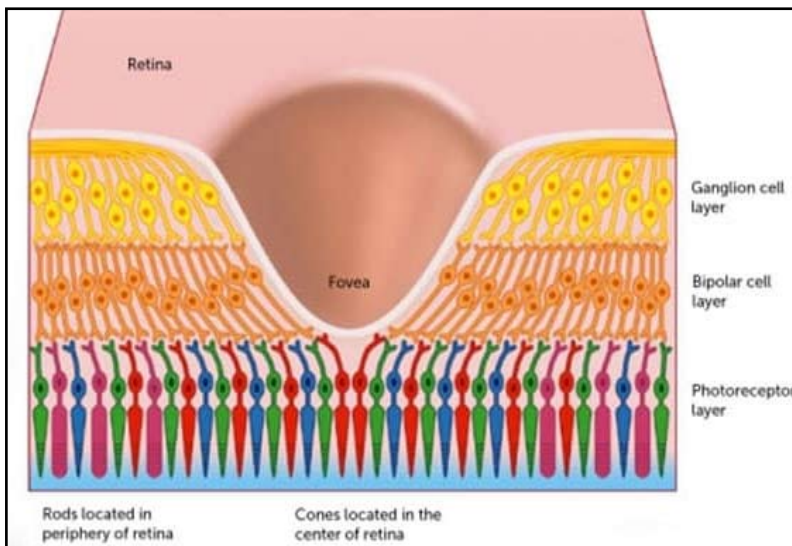
capables de communiquer au cerveau l'information, en transformant le signal lumineux en influx nerveux. Il existe ainsi au niveau rétinien tout un processus de traitement de cette information, dont par exemple le redressement de l'image (d'une résolution équivalente à 576 mégapixels) formée au niveau de la rétine et qui était inversée.

Mais regardons en détail ces fameux photorécepteurs. Il en existe deux grands types, impliqués dans le phénomène de la vision. Ce sont les cônes et les bâtonnets, qui possèdent ici un rôle bien plus primordial que de servir de support à de la crème glacée ! Commençons par les cônes. Ces cellules ont un rôle

fondamental dans la vision des couleurs (l'homme peut percevoir jusqu'à 15000 nuances de couleurs !), et ont besoin de beaucoup de lumière pour être fonctionnelles. Il en existe trois types, caractérisés par leur capacité à détecter trois couleurs principales : le bleu, le rouge et le vert. Ils seront particulièrement nombreux et concentrés au niveau de la fovéa, qui constitue la zone de la rétine où la vision des détails sera la plus précise (car les rayons y arrivent directement, avec peu d'interférences). Vous aurez ici facilement compris que les cônes fonctionnent en haute résolution et sont essentiellement utiles le jour ! Mais qu'en est-il de la vision crépusculaire et nocturne ? C'est là que les bâtonnets entrent en action.



Anatomie, coupes et fonctionnement de l'œil humain - Source Futura Sciences



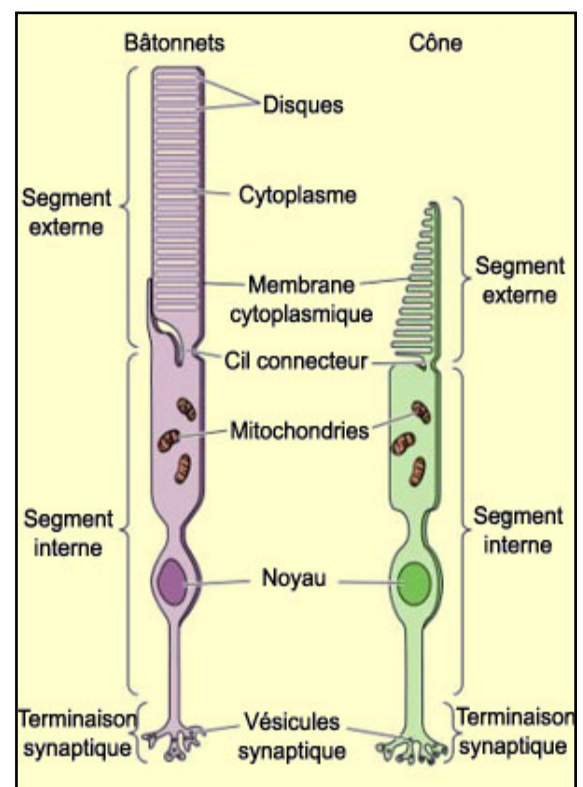
La fovéa, située dans le prolongement de l'axe optique, est une zone de la rétine regorgeant de cônes et permettant une perception accrue des détails. Les bâtonnets, quant à eux, sont davantage situés en périphérie rétinienne.

Source www.everydaysight.com

Ces cellules, plus longues que les cônes comme le montre le schéma ci-contre, nous permettent d'assez bien appréhender notre environnement la nuit, car elles ont besoin de peu de photons pour fonctionner. Contrairement aux cônes, elles ne sont en revanche pas capables de détecter les couleurs, d'où le fait de voir des nuances de gris et très peu de couleurs dans les environnements sombres.

6 millions de cônes (vision diurne) et 100 millions de bâtonnets (vision nocturne) constituent les cellules photoréceptrices de l'œil humain

Source <https://lecerveau.mcgill.ca>



Et notre cerveau ?

Avant de traiter plus en détails la vision nocturne, focalisons-nous sur le cerveau, déjà évoqué auparavant. On a souvent tendance à l'oublier, mais notre cerveau joue un rôle essentiel dans la vision, qu'elle soit nocturne ou diurne. Car si l'œil "voit", et transmet l'information via ses cellules rétinienne notamment, c'est bien le cerveau qui traite l'intégralité de l'information sensorielle. Comment cela fonctionne-t-il ? Nous l'avons vu, ce sont les photorécepteurs (cônes et bâtonnets) qui transforment l'information lumineuse en une information nerveuse. Cette dernière est transmise plus profondément dans la rétine à d'autres types de cellules, les cellules bipolaires et horizontales. Ces dernières synthétisent de manière globale l'information reçue, pour ensuite la transmettre à une cellule ganglionnaire un peu spéciale, qui n'est autre que le nerf optique. Nos deux nerfs optiques (un par œil), se croisent ensuite au niveau du chiasma optique et arrivent chacun dans une zone dédiée au sein du cerveau, dite aire visuelle primaire, ou cortex visuel primaire. Cette aire (ou plutôt ces aires, une par hémisphère cérébral) interprète ainsi l'influx nerveux, et nous permet par conséquent de "regarder" le monde extérieur. À noter qu'en plus du cortex visuel primaire, certaines aires cérébrales spécialisées peuvent également traiter des informations spécifiques (couleurs, mouvements...).

Il faut savoir que nous utilisons 30 % des capacités de notre cerveau rien que pour décrypter les informations issues de la vision (seulement 8 % sont consacrées au toucher et 3 % à l'audition).

La vitamine A : mythe ou réalité ?

Revenons un peu à l'Homme et à notre pratique de l'astronomie. Il est coutume d'entendre dire au sein de la petite communauté des astronomes amateurs qu'il est bénéfique de consommer des aliments riches en vitamine A. Cette molécule, qui se nomme également rétinol lorsqu'elle est localisée au niveau de la rétine, joue un rôle déterminant dans la vision crépusculaire. Mais quel est ce rôle exactement ? Elle permet à l'œil de s'adapter

Nos amis les animaux

Si notre œil atteint une qualité de vision assez impressionnante, il faut savoir que nous ne sommes pas les champions en la matière au sein du règne animal. Il existe en effet bien d'autres déclinaisons de cet organe, aux propriétés parfois épatantes. Imaginez-vous pourvoir observer avec des yeux à facette comme la mouche, à 200 images par seconde au lieu de 24 pour l'homme. Notre visage serait certes un peu différent avec des yeux rouges à facettes qui s'étendraient de chaque côté, mais au moins nous n'aurions plus besoin de tourner la tête pour regarder derrière nous !

On aura tendance à se comparer entre espèces, mais il faut savoir que la vision est tout simplement adaptée à chaque mode de vie. Un simple organe photosensible permettant juste la perception de la variation lumineuse peut convenir à certains, tandis que d'autres ont besoin d'une vision haute définition sur un très court champ de vision pour chasser par exemple.

Pour ce qui est de la vision nocturne, en règle générale, les animaux assez actifs la nuit (félins...) ont une proportion plus importante de bâtonnets au niveau de la rétine, mais aussi des caractéristiques anatomiques adaptées. Citons à titre d'exemple la chouette ou encore le hibou, dont les pupilles sont très rondes et larges, afin de capter le plus de photons possibles. Certains vertébrés (cervidés, renards, chiens, chats...) ont également une membrane supplémentaire, la *tapedum lucidum*. Située la plupart du temps derrière la rétine, elle permet d'augmenter par réflexion la quantité de lumière captée. Cette couche a la propriété d'être réfléchissante, d'où la fameuse paire d'yeux brillants dans la nuit que l'on peut parfois croiser sur les abords des routes... ou à la maison !



T'as de beaux yeux tu sais !

à l'obscurité. Comment ? Et bien en participant à la formation des fameux bâtonnets, amis des astronomes. Elle possède également de manière secondaire un autre rôle au niveau de l'œil, qui est la protection de la muqueuse oculaire et en particulier, la défense contre les infections, potentielles sources de danger pour cet organe fragile.

La vitamine A est essentielle, d'ailleurs, sa carence, fréquente dans les pays en voie de développement constitue l'une des principales causes de cécité, se manifestant en premier lieu par un déclin de la vision nocturne. Mais si la vitamine A aide à maintenir un bon niveau de fonctionnement de l'œil, elle n'améliore en revanche jamais l'acuité visuelle.

Toutefois, si vous êtes soucieux de votre santé et souhaitez mettre toutes les chances de votre côté, voici les deux sources principales où vous pourrez trouver de la vitamine A : une source animale (jaune d'œuf, beurre, foie de poisson, animaux d'élevage...), ainsi qu'une source végétale (abricot, piment rouge, pastèque, melon, poivron, carottes, mangue, épinard, tomate, patate douce...) sous forme de bêta-carotènes. On trouve donc cette vitamine A sur un large panel d'aliments. Les fruits rouges, contrairement à la croyance populaire, ne constituent pas la seule source de vitamine A pour l'œil. Notons également que les vitamines E et C jouent également un rôle dans la bonne santé de nos yeux (diminution du risque de cataracte et de dégénérescence maculaire liée à l'âge, la DMLA).

Pratiquer l'astronomie... sans les yeux ?

Si l'on considère en général la vue comme notre sens premier, qui traite les 70% des informations sensorielles que nous recevons, nous pouvons penser que sans nos yeux, pratiquer l'astronomie s'avère impossible. Et pourtant... Une belle initiative parmi d'autres verra prochainement le jour, portée par l'association Ciel d'Occitanie, qui se lance le pari un peu fou de construire un observatoire au cap de Guzet (1700 mètres d'altitude) en Ariège. Rien d'extraordinaire me direz-vous, à petit détail près que ce dernier sera ouvert et accessible aux personnes en situation de handicap, dont les personnes malvoyantes. Ce projet, unique en Europe, naîtra en 2022, et mettra à profit les autres sens pour une perception inédite de la voûte céleste. On y trouvera les différentes longueurs d'onde issues du cosmos décryptées en musique, des cartes du ciel en braille, ou encore des maquettes qui permettront de reproduire la surface lunaire. À noter que ce type de démarche se démocratise, car d'autres structures (bien souvent associatives) mettent en place des activités à destination des personnes malvoyantes.



APOD du 10 octobre 2017 - La Voie lactée et la lumière zodiacale au-dessus de l'Australie
Credit Jingyi Zhang

On ne peut qu'applaudir nos collègues associatifs qui bien que déjà soutenus par leur communauté de communes et divers laboratoires d'astronomie et d'astrophysique sur Paris et Marseille, restent à la recherche d'aides supplémentaires, que ce soit en terme de financement participatif, ou en terme technique, afin de les aider à développer des moyens tactiles ou sonores pour les malvoyants (toutes les informations sur : cielloccitanie.org)

Et finalement, quoi de plus logique que de rendre la voûte céleste accessible à tous, et pour tous, quand on sait que cette dernière est classée au patrimoine de l'Humanité par l'UNESCO depuis 1992 ?

Noirs, lumières et couleurs

Une perception artistique

Par Philippe Nonckelynck

Dessous la voûte céleste, scrutant intensément la nuit, déesse drapée qui absorbe physiquement l'astronome, je cherche à comprendre mon émerveillement pour la poésie des couleurs du Ciel et de la Terre. Jetons un regard, certes en vue un peu décalée, sur le noir, les noirs, les obscurités, le mystère des lumières et des ondulations de la couleur.

Philosophie, art et science, nous voici dans la convergence de l'éblouissement et de la connaissance. Un peu d'histoire. Au cours de notre Moyen Âge occidental, la pensée officielle se trouvait classée sous une jolie formule : *"les sept arts"*. Soit trois plus quatre ou plus précisément *trivium* et *quadrivium*. Dans le premier de ces deux groupes, nous trouvons la grammaire, la dialectique et la rhétorique et le second comprend arithmétique, géométrie, musique et astronomie. Aujourd'hui, l'équation scientifique, mélange de la pensée intuitive et inspirante, ne s'exprime pas dans un cloisonnement étanche mais empreinte au philosophe mais aussi à l'écrivain, au poète et l'artiste les éléments pour élaborer une universalité de langage. Ce que précisent Roland Lehoucq, astrophysicien et Vincent Bontems, philosophe chercheurs au CEA, dans leur ouvrage coécrit *Les idées noires de la physique*. Le ciel, à l'image de son ineffable démesure, a toujours exercé un immense pouvoir de séduction et nourri nos connaissances comme notre imaginaire. Cet émerveillement se renouvelle aujourd'hui dans les données complètement déstabilisantes de la nouvelle physique.

Le noir, beauté terrestre

Il convient, d'abord, d'extirper le noir de nos obscurités et de l'intégrer à sa notion de couleur. Ainsi le noir ne doit pas être traité comme une approximation qui échapperait à notre vue, soit une zone vaguement sombre et d'une hypothétique longueur d'onde non fixée dans la bande spectrale. L'esthétique humaine s'est ainsi toujours glissée vers la représentation du noir. Le fantasme absolu, mais jamais concrétisé, des botanistes reste l'obtention d'une tulipe noire et d'une rose noire.

Le noir est d'abord un éclat de la nature. Le merle, par exemple, affiche un plumage d'une pureté lumineuse presque insolente, de même que l'ébène, fibre végétale dense et absolue. Quant au noir minéral le plus intense, l'obsidienne, il se trouve souvent associé à l'eau, par exemple en représentation de ce superbe globe terrestre qui vient du Mexique. Pour cette connexion avec l'eau, il faut d'abord se référer à un principe physique : l'eau absorbe pratiquement toutes les longueurs d'onde et déjà sur les anciennes photographies aériennes en infrarouge, les



Globe terrestre

surfaces minérales apparaissent curieusement très claires et l'eau presque noire. L'autre aspect du couple *eau-noir* est philosophique. Cette notion se trouve, en particulier, traitée par Gaston Bachelard dans son ouvrage *"l'Eau et les Rêves"*. L'eau se trouve ici absorbée par la nuit noire et crée une combinaison intime entre ces deux matières qu'il décrit comme les plus primitives de notre imaginaire.

Donc, il ne s'agit absolument pas d'un noir associé à la souillure, l'indigence, au péché, aux puissances infernales et la mort, mais exactement les contraires. À l'image des minéraux, essences précieuses, matériaux et textiles de qualité, le *noir-vie* évoque une représentation de raffinement, d'élégance et d'opulence. Ainsi la mode, à travers les âges, habille de noir riche et soyeux, la femme éternelle afin de suggérer, la grâce et la volupté, sinon la sensualité.

Pour ce volet terrestre, j'ai choisi d'évoquer deux œuvres de sublimation de *noir-matière*. Lors d'une exposition assez exceptionnelle intitulée *Soleils noirs* au musée du Louvre-Lens est présentée une œuvre du peintre Carolus Durand (1837-1917), *la Dame aux gants*. Ce fut un artiste brillant et reconnu, mais aussi jugé trop académique et mondain en cette fin de XIXème siècle où déferle le génie indompté de ceux qu'on nommera *Impressionnistes*. Ce grand tableau, au titre énigmatique, est un portrait de son épouse. Le noir soyeux et lisse de la robe, traité avec une grande virtuosité, domine la toile et attire notre regard de façon magnétique. Il se donne comme une matière mystérieuse mais palpable. Se trouvent ainsi, davantage suggérée la pose élégante du modèle, le gant qu'elle retire, celui déjà tombé et le regard séducteur, message érotique adressé à son peintre-mari-amant.



La Dame aux gants de Carolus Durand

L'autre tableau, également présenté dans le cadre de cette exposition, ne présente aucunement, au moins à première vue, une évocation charnelle. Pierre Soulages, dans la lignée des peintres monochromes symbolistes apparus en parallèle à l'art abstrait du XXème siècle, déploie de façon quasi-obsessionnelle la complexité du noir matériel, souvent en association avec le bleu, une sorte d'accomplissement qui sera nommée *oultre noir* ou mieux encore *noir-lumière*. Il étale un condensé de structure lourde qui se trouve à l'opposé de la notion de vide. Il obtient une consistance serrée et finalement intensément lumineuse. Dans un groupe d'écoliers qui visitaient l'exposition, j'entendis une petite fille s'exclamer *"Mais il n'y a rien !"*. J'aurais aimé avoir le temps de lui expliquer qu'au contraire, *"il y a tout !"*

Ici, nous sommes encore sur Terre avant le départ vers notre espace.

La nuit bleue, la nuit transparente

"Le silence éternel de ces espaces infinis m'effraie."

La notion abstraite du noir cosmique est souvent considérée comme une vision d'angoisse univoque. Conformément à cette célèbre citation de Blaise Pascal, le noir est la représentation même du malaise que peut susciter le vertige de l'univers. Or cette notion de l'espace peut déranger de façon plus ou moins aiguë la sensibilité humaine sachant qu'il s'agit d'abord d'une approche sensorielle : notre sensibilité visuelle. Dans l'exposé qui précède, Jean-Pierre Auger aborde l'historique de la perception lumineuse du ciel nocturne ainsi que notre propre analyse physiologique. Selon l'effet Purkinje, l'intensité ou le manque d'intensité de lumière oriente notre palette vers des niveaux différents de lumière, mais toujours sur un ciel officiellement noir. Ainsi, historiquement, la nuit terrestre n'a pas souvent été noire, mais bleue et très précisément *bleu nuit*.



Clair de lune sur le port de Boulogne d'Édouard Manet

Sémantiquement, les Grecs utilisaient un seul adjectif *kuanos* pour la couleur hybride noire-bleue du ciel. Cette notion traduite en latin devient *caeruleus* soit couleur du ciel qui donnera céruléen en français qui veut dire bleu ciel. Citons ici les envoûtantes ambiances italiennes du XVIIIème de Canaletto tel que *Veillée nocturne à Santa Marta* ou en 1848, *Clair de lune sur le port de Boulogne* réalisé par Édouard Manet. L'ambiance émouvante rendue par l'attente d'un groupe de femmes de pêcheurs en retour de mer, soulignée par une Lune laiteuse de ces nuits d'été, qu'aimait ce peintre parisien quand il pouvait s'évader en Côte d'Opale. Enfin, parmi les 7000 extraordinaires illustrations

astronomiques d'Étienne Léopold Trouvelot, publiées en 1881, voici une représentation très délicate de Voie lactée bleue. Mais, comme le précise Bontemps dans l'ouvrage précité "*le bleu et le noir ont une longue histoire commune avant que le noir ne règne sans partage sur la nuit.*" Notons ici que l'approche du dessin d'astronomie sera toujours plus facilement maîtrisée sur un papier bleu foncé.

Ici, je propose l'article de David Réant paru dans le numéro 7 de *la porte des étoiles* qui traite des *Vraies couleurs des nébuleuses*. Les nébuleuses à réflexion renvoient davantage le bleu des étoiles les plus proches que les autres couleurs qui traversent discrètement le nuage. La physique nous ici offre un autre noir plus subtil encore. L'espace est par définition un milieu transparent, puisque la princesse, c'est la lumière, comme la déesse est la nuit. Cette nuit est non vide. Dans ce que les astrophysiciens appellent l'*ultravide*, flottent, au hasard des effets de gravité, quelques populations de particules éparpillées en densité infime dans un froid presque complètement glacial. Les astronautes, enfin, ces héros de l'impossible, ont témoigné d'un ressenti physique de l'espace qui paraît paradoxalement posséder une "texture" si dense qu'on pourrait la toucher si l'on tendait la main. La plus modeste particule, qu'elle soit présence ou semi-absence, isolée dans l'océan noir serait donc essentiellement tactile ? Ils ont vu, dans cet intensité nuit le joyau bleu, vécu comme une intensité dramatique, le bijou de valeur inestimable, probablement unique en notre estimation de nos repères, sur le vêtement diaphane de la déesse nuit. L'optique de votre lunette ou votre télescope, sinon le matériel photographique adapté vous envoient dans la transparence spatiale, celle qui nous emporte dans l'éblouissement de l'immensité. La nuit diaphane, c'est une globalité d'absence de lumière, de discrétion de l'onde-matière lumière pour que s'en détachent les innombrables et lointaines luminosités étoilées, pour notre émerveillement, mais aussi notre questionnement au sujet de celles qui ne nous sont pas parvenues, cachées là-bas, on ne sait où derrière l'horizon cosmologique.



La Voie lactée par Leopold Trouvelot

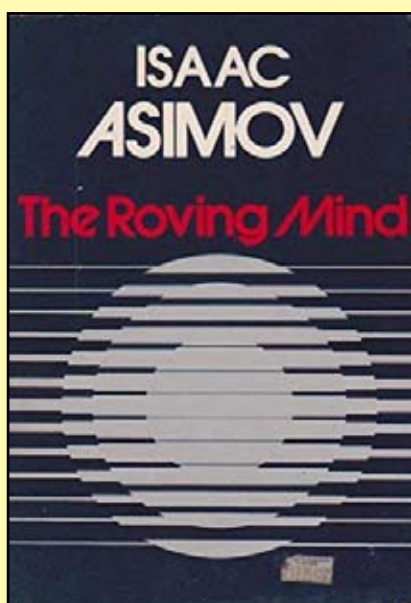
Couleurs et lumières du ciel, en vision décalée

Nous avons pudiquement soulevé les mystères du voile nocturne, habillons maintenant le ciel d'objets et de lumière. Hubert Reeves, dans son ouvrage *Poussières d'étoiles* précise, au sujet de cette célèbre citation de Blaise Pascal que ce génie universel pouvait également avoir conscience des événements démesurés d'une infinité de forges cosmiques qui se révéleront plus tard identiques quel que soit l'endroit de notre univers. Certes, au premier regard dans l'oculaire d'un instrument d'observation, le monde des chaudrons des sorcières spatiales nous semble d'abord un peu terne. Difficile de se projeter dans ces étoiles mélancoliques piquées dans un gris-noir et çà et là, des volutes de tâches plus ou moins ternes et des zones plus charbonneuses. Pourtant, avec la pratique, peu à peu, la poésie s'approprie l'espace lumière que l'on ouvre dans un silence respectueux et les couleurs se détachent. Ceci se mérite, demande une éducation sensitive adaptée au monde de la nuit, une approche patiente des mystères de la grande Dame céleste.

Les gaz ionisés par les étoiles environnantes se révéleront. Les masses grisâtres, en bonnes conditions d'observation, deviendront verdâtres selon notre courbe de sensibilité oculaire qui nous permettra la perception de l'oxygène ionisé. Si l'observateur dispose de conditions très transparentes et d'un matériel plus performant, les nuages de gaz des nébuleuses, principalement au voisinage d'étoiles chaudes comme celles du trapèze d'Orion, il apparaîtra des nuances de rouge et de bleu, sinon du mauve et du rose autour du piqué des étoiles. Et si vous voulez du noir, en voici du vrai, des zones de nuages comme de l'encre, point gazeuses, mais des gigantesques nuées d'une très fine fumée poussiéreuse.

Posons-nous en longue séance d'observation par temps clair et sous une atmosphère stable. Notre rédacteur en chef, Simon Lericque aime ici rappeler le plaisir de s'approprier les hasards des constructions d'étoiles, officielles ou non, constellations ou astérismes. Avec un peu de pratique, les astres se "colorisent" délicatement à nos yeux. Depuis les immensités de nuées HII, nous savons que les étoiles engendrées en masse vivent souvent en couple, à trois, voir plus, précisément en fratrie. Apparaissent ainsi les bleues, les blanches, les rouges, les orangées, ou une grenat dans Céphée. Voici maintenant la multiple nébuleuse planétaire de l'œil émeraude du Chat. Ce type d'objet, accessible avec un grossissement important, sans même le recours à l'astrophotographie ou les images époustouflantes du télescope Hubble, offre un chatolement de nuances et de contrastes.

Évoquons rapidement la photographie, notre troisième œil. Plus aisément polychrome que notre pauvre œil nocturne. Pour palier notre déficience visuelle, le photographe combine des émissions de lumière débordant dans les UV ou l'infrarouge, sinon l'emploi parfois jugé abusif du H α qui donne ce superbe effet cuivré. Entre l'utilisation plutôt conventionnelle des longueurs d'ondes qui révèlent en rouge l'Hydrogène et en vert l'Oxygène, et les contrastes étonnants, les formes suggestives des objets du ciel, nous serons tiraillés entre l'analyse en "vraies fausses couleurs" et l'art en "fausses couleurs". Mais ceci est un tout autre débat.



“Souvent on parle d’art et de science comme deux choses entièrement différentes, sans interconnexion. On pense qu’un artiste est sensible et n’utilise que son intuition ; il voit les choses dans leur ensemble et n’a pas besoin de raison. On pense qu’un scientifique est froid et n’utilise que sa raison ; il argumente avec prudence, point par point, et n’a pas besoin d’imagination. Tout cela est faux. Le véritable artiste est tout aussi rationnel qu’imaginatif et sait ce qu’il fait ; s’il ne le sait pas, son art en souffre. Le véritable scientifique est tout aussi imaginatif que rationnel et parfois il voit directement les solutions quand la raison peine à suivre ; s’il ne le fait pas, sa science en souffre.”

Isaac Asimov - la pensée vagabonde - Prometheus Books, 1983

“Le poète a toujours raison, qui voit plus haut que l’horizon” chantait Jean Ferrat dans les années 70. Cet horizon qui brûla, dans un état d’épuisement et d’angoisse absolu, les yeux écarquillés de Saint Exupéry, alors qu’il luttait contre les éléments déchaînés de l’atmosphère, coïncé dans sa pauvre carlingue volante. Cet horizon supposé à une limite fixée par Edgar Poe, également évoqué par Jean-Pierre. Insistons sur cet auteur génial, torturé de métaphysique, d’une inspiration démentielle, qui n’a cessé d’intégrer dans la noirceur de ces récits fantastiques, les lumières scientifiques de son temps, reprenant, en particulier le concept de l’éther, le mystérieux élément réapparu, aujourd’hui sous la forme de champs quantiques. Ce personnage hors normes aura

bousculé la lumière au point de la fixer dans un temps et affirme une définition révolutionnaire de l’énergie qu’il nomme joliment “*matière imparticulée*”, mais pour autant pesante. Avec une précision déroutante, il osera, par exemple, comparer une analyse d’enquête policière à la vision décalée que requiert l’observation d’une étoile à l’œil nu.

Les couleurs, avant...

Les trous noirs n’ont pas de cheveux, c’est bien connu. L’artiste, comme le scientifique “dur” pose la question de la représentation. Certaines sont analytiques, comme la supernova de Vazarely qui affectionne l’arithmétique et rendra des effets époustouflants en trois dimensions sur la toile. Certains fantômes de la vision du ciel, prudemment nommées par leurs auteurs comme “vue d’artiste”, se révéleront peut-être plus vrais que prévisible. Mais qu’en serait-il d’une représentation de la nature profonde du cosmos ? Et si, plus loin encore, nous tentions d’approcher les couleurs d’origine ? Puisqu’il faut conclure, irions-nous dans le monde des formes et couleurs du début de notre temps ?

Ajoutons que, par définition, à l’instant zéro du Big Bang, il ne peut exister de couleur. L’histoire a probablement



Galaxy de Jackson Pollock

commencé par une page blanche, comme les autres histoires encore inconnues d’autres univers possibles. Des artistes célèbres, comme Janet Sobel ou Jackson Pollock se sont tentés à la représentation des structures cosmiques, superpositions de mouvements incessants de matière jamais en repos. Tentative d’illustration digne d’être nommée “quantique”. Pour ma part, j’ai choisi une série d’œuvres, également citée par Roland Lehoucq : *Galactic 572* par Germain Caminade. Le physicien se trouve ici stupéfait de ces représentations de début de monde. La petite fille du musée du Louvre Lens aurait probablement précisé “*C’est quoi ?*” ou “*Qu’est-ce que c’est laid !*” Pour ma part, j’y trouverais plutôt l’idée “réaliste” d’une représentation, à l’échelle humaine, adaptée aux deux dimensions d’un tableau, de la purée initiale, imaginable après la première seconde qui suit l’instant zéro, dans le tumulte ahurissant des collisions de nos particules élémentaires. Le temps où notre monde s’organisait, dans un indescriptible chaos, à la douce température d’un milliard de degrés.

Références

- Yaël Nazé - *Art et astronomie* - éditions Omniscience
- et le site http://culture.uliege.be/jcms/c_2245021/en/art-et-astronomie-impressions-celestes
- Bontems et Lehoucq - *Les idées noires de la physique* - éditions Point
- Hubert Reeves - *Poussières d’étoiles* - éditions du Seuil
- Appolinaire - *Alcools* - éditions Flammarion
- Edgar Poe - *Histoires extraordinaires* - éditions Le livre de poche

Exposition

- *Soleils noirs* - Louvre Lens - 25 mars 2020-25 janvier 2021

La galerie



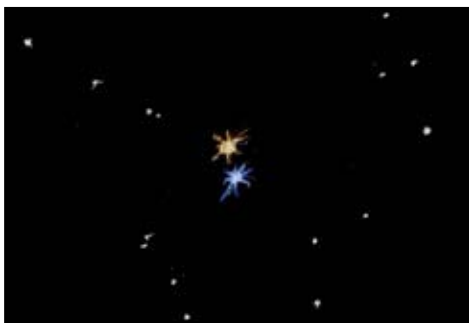
Quelques heureux élus ont eu la chance d'avoir un ciel clément le 10 juin dernier. Il y avait ce jour là une éclipse de Soleil. Bien que partielle en France, une éclipse est toujours un spectacle fascinant dont il faut profiter...



Le visuel assisté a vu le jour récemment dans la communauté des astronomes amateurs. Cette nouvelle technique permet, même sous des ciels pollués par la lumière, d'obtenir des résultats intéressants en ciel profond.



Au printemps, les gros croissants et les premiers quartiers de Lune sont bien hauts dans le ciel de début de nuit... Ce sont donc des conditions idéales pour tacher d'immortaliser quelques spectaculaires formations géologiques à sa surface.



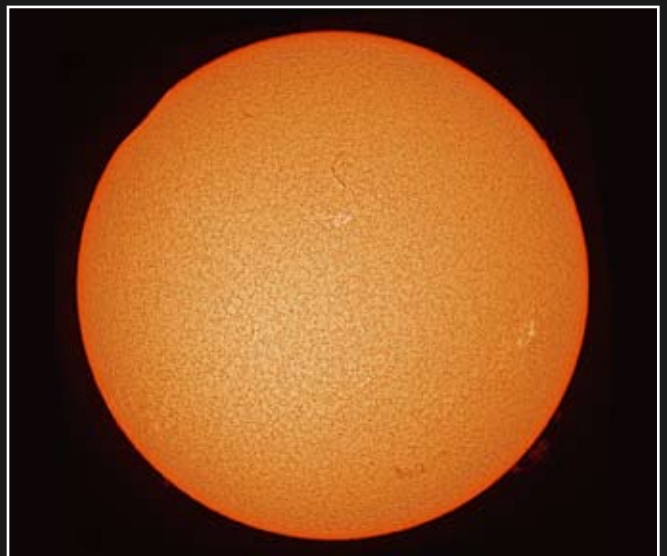
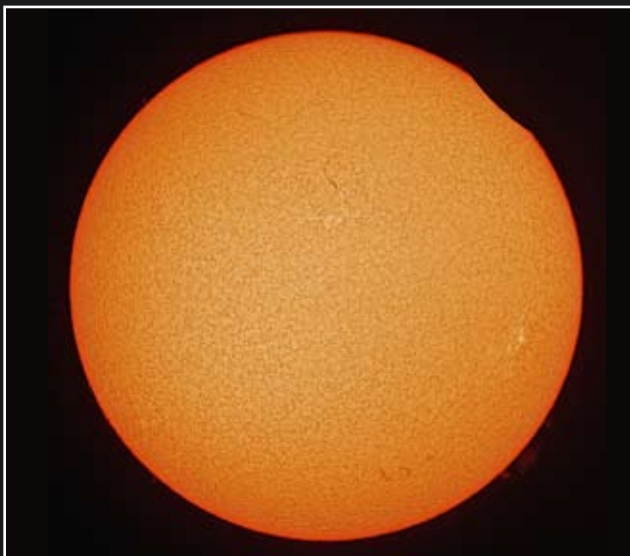
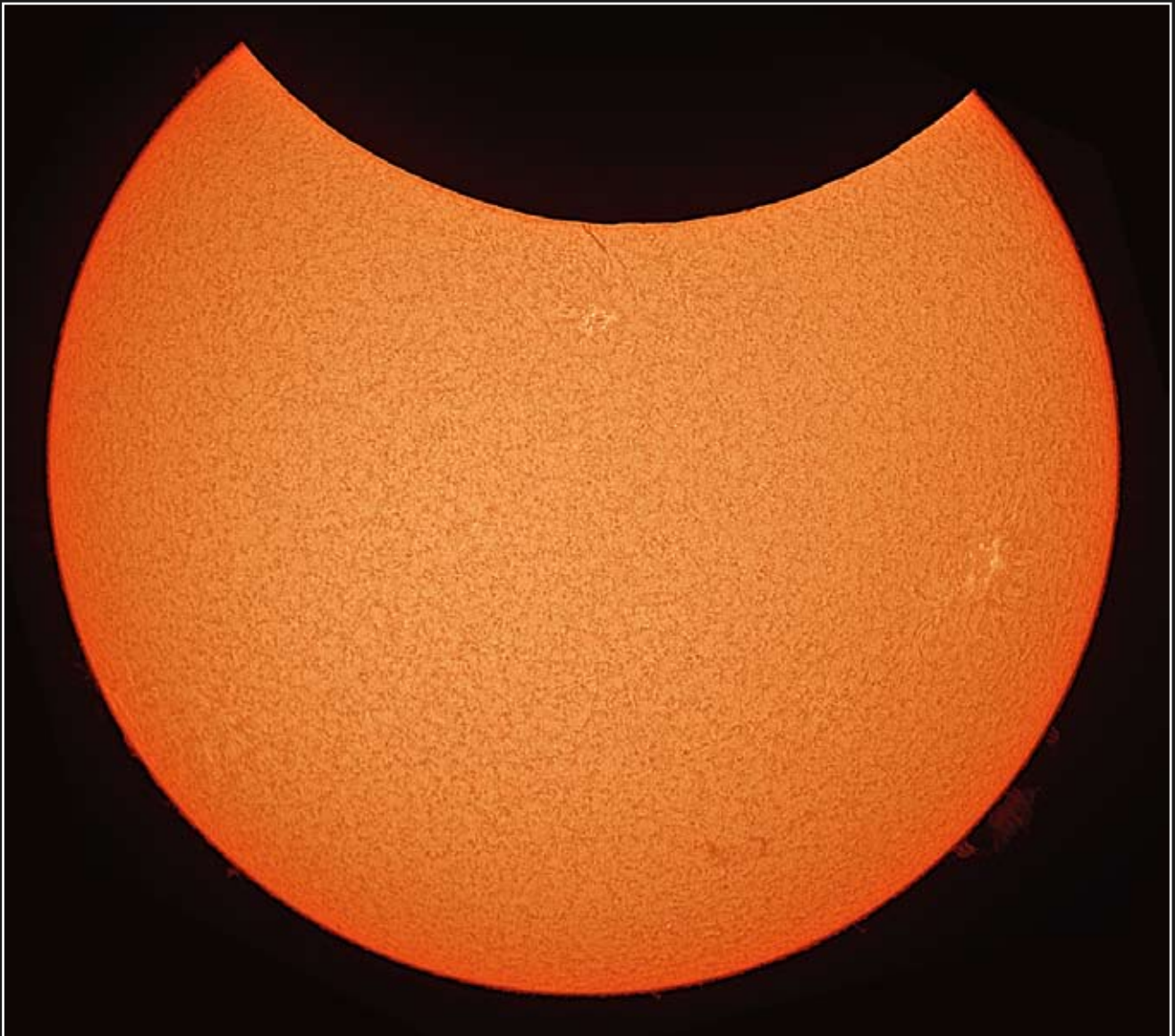
Pour saluer la mémoire de notre copain Jean-Pierre, et pour conclure cette galerie, l'on a compilé quelques uns de ses dessins astro, discipline dont il était très friand et dont il faisait la promotion lors de chaque rassemblement auquel il participait...



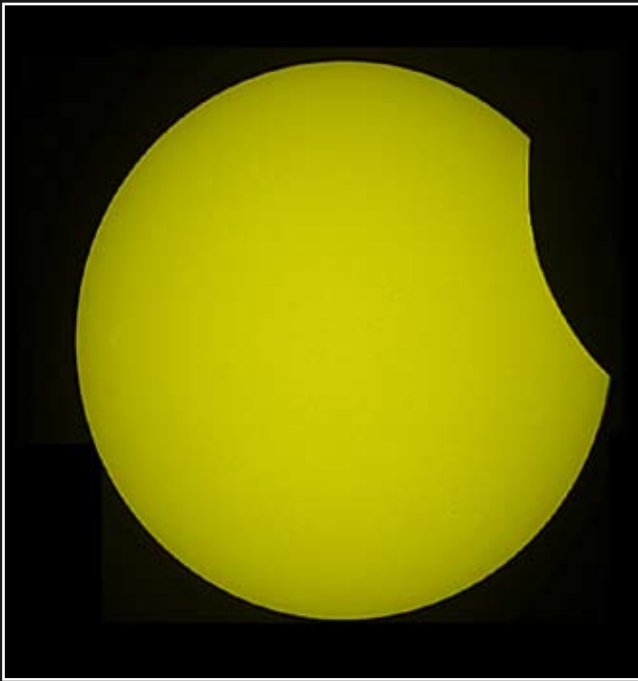
Sommaire

31..... Une belle éclipse
 39..... Balades lunaires
 46..... Visuel assisté
 48..... Les dessins de Jean-Pierre

Une belle éclipse



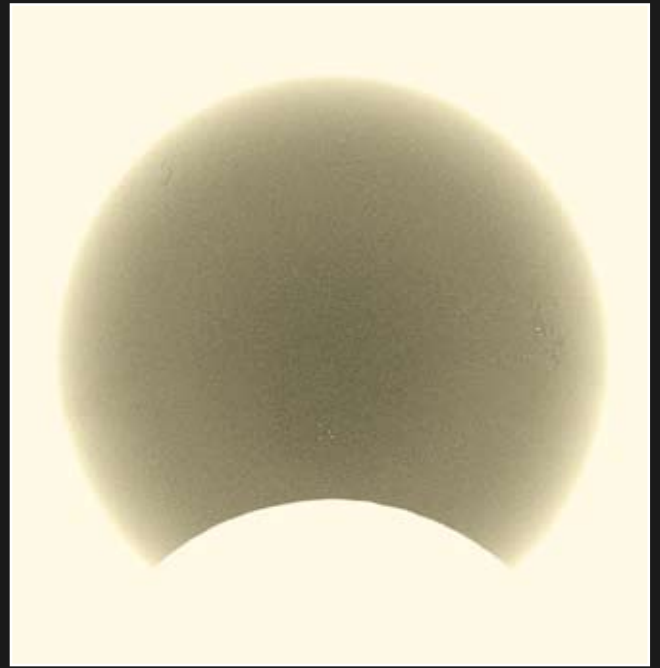
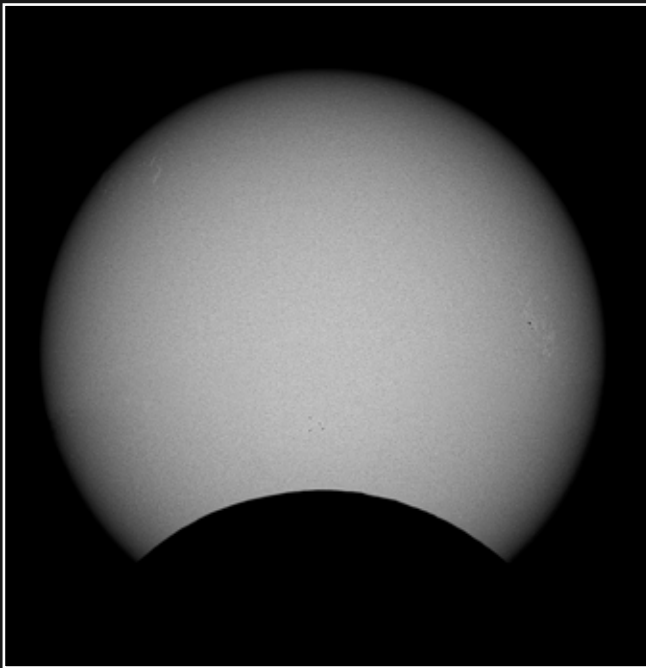
Différentes phases de l'éclipse : en haut le maximum ; à gauche le premier contact ; à droite le dernier contact - Caméra ASI 174 et lunette Lunt 100 B1200 H α
 Capelle-la-Grande (59), le 10/06/2021 - Philippe SENICOURT



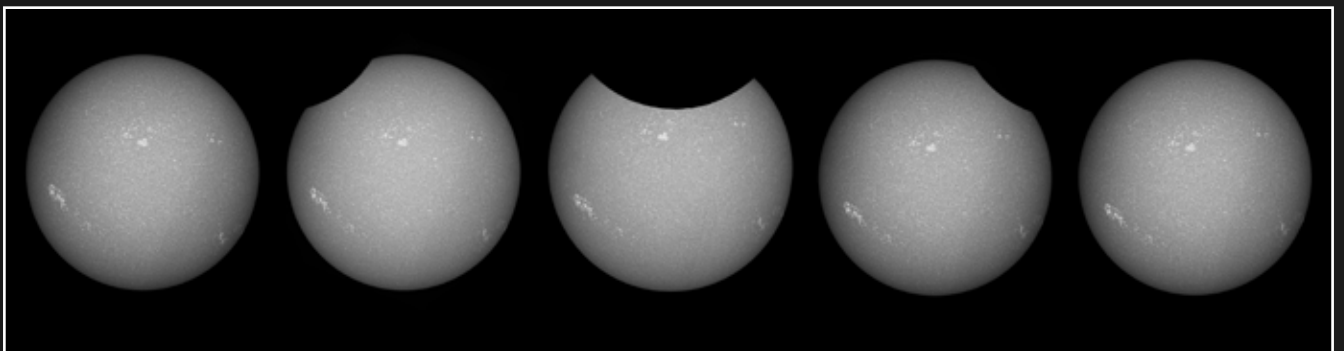
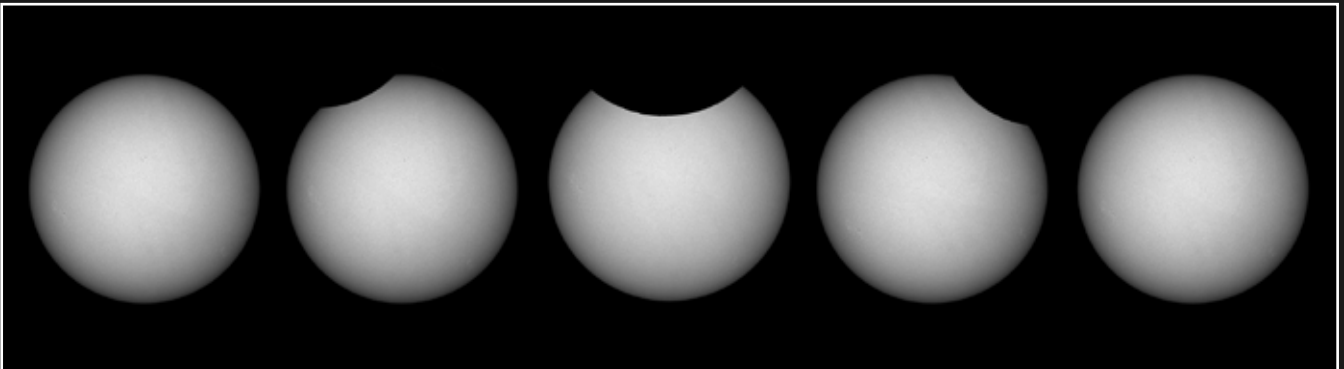
Caméra Inova plac2 et lunette 66/400
Chéreng (59), le 10/06/2021 - François LEFEBVRE



Juste après le premier contact - Photo au Smartphone, oculaire 18mm et lunette 60/800
Wancourt (62), le 10/06/2021 - Michel PRUVOST



En positif et négatif - Caméra ASI 174, prisme de Herschel et lunette TSA 120 mm
Wambrechies (59), le 10/06/2021 - Mikaël DE KETELAERE



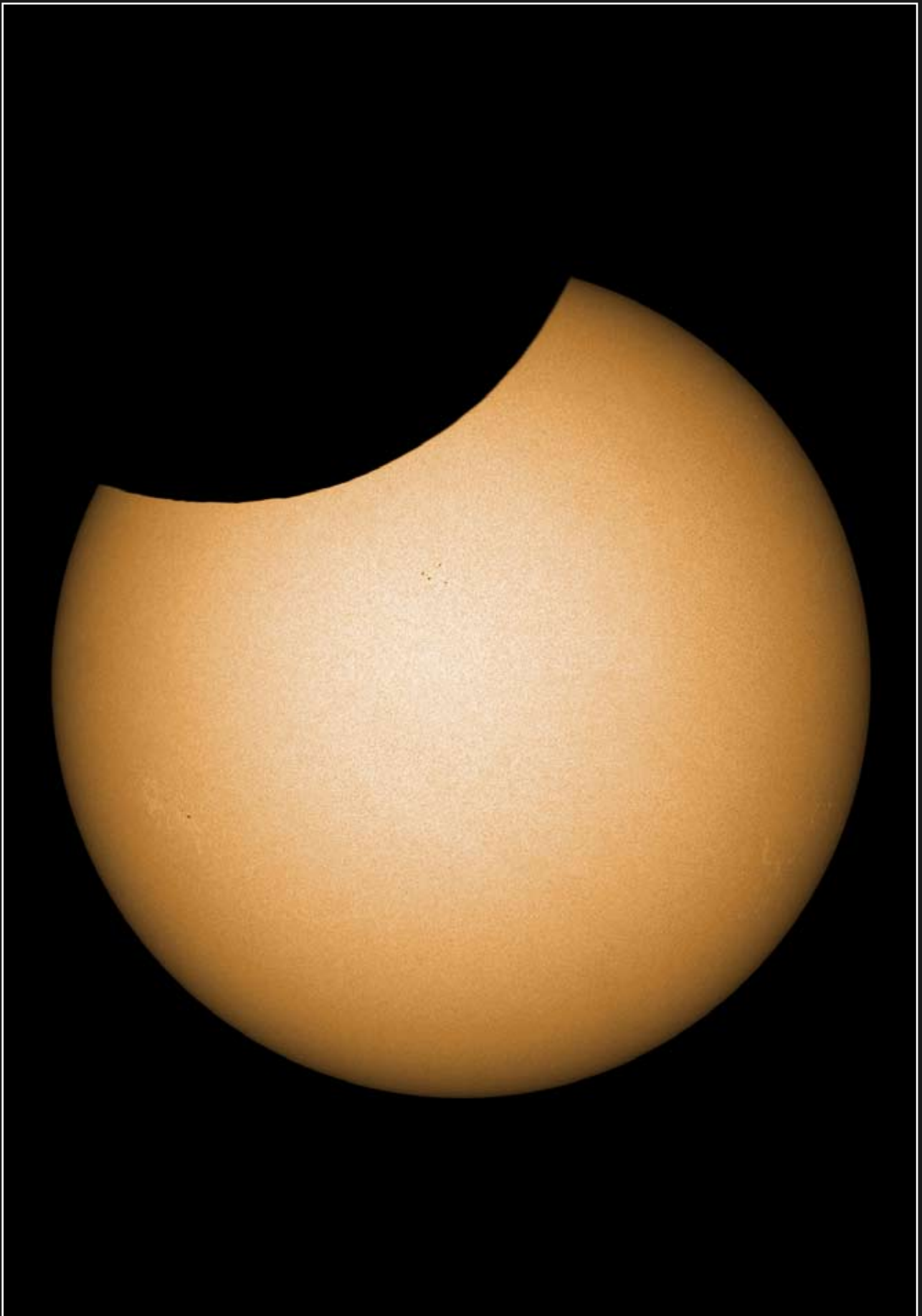
Chapelets de l'éclipse en lumière blanche (en haut) et en calcium (en bas)
Caméra DMK 31 monochrome, hélioscope de Herschel, filtre CaK B1200 et lunette Orion 80ED
Wancourt (62), le 10/06/2021 - Simon LERICQUE



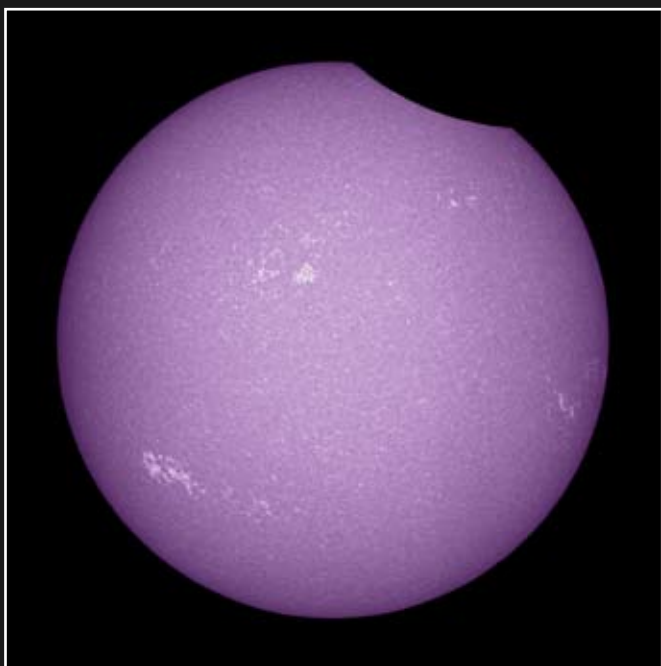
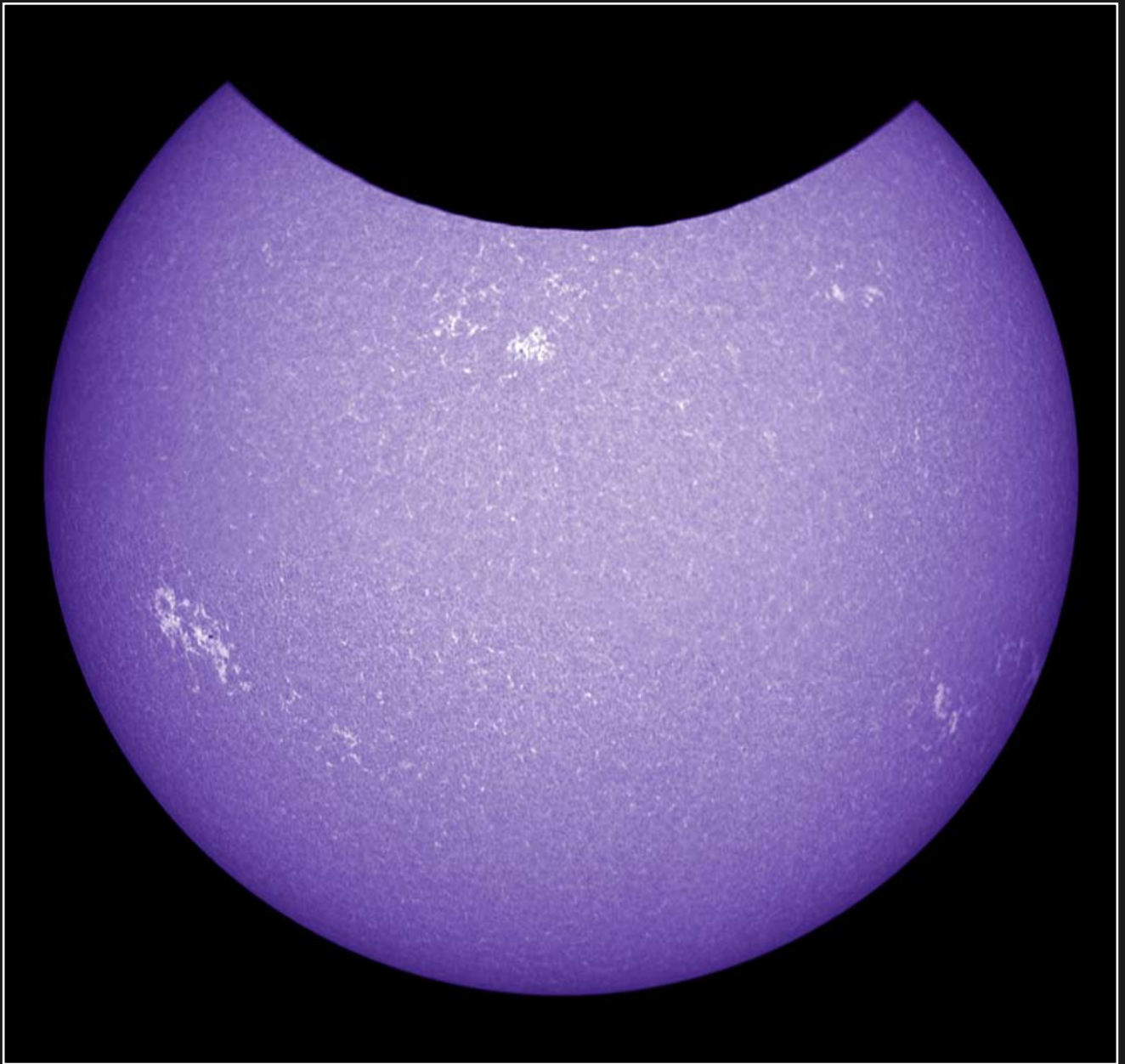
Éclipse et protubérance - Caméra DMK 31 monochrome, filtre CaK B1200 et lunette Orion 80ED
Wancourt (62), le 10/06/2021 - Simon LERICQUE



Reliefs lunaires sur le terminateur - Caméra DMK 31 monochrome, hélioscope de Herschel et
lunette Orion 80ED - Wancourt (62), le 10/06/2021 - Simon LERICQUE



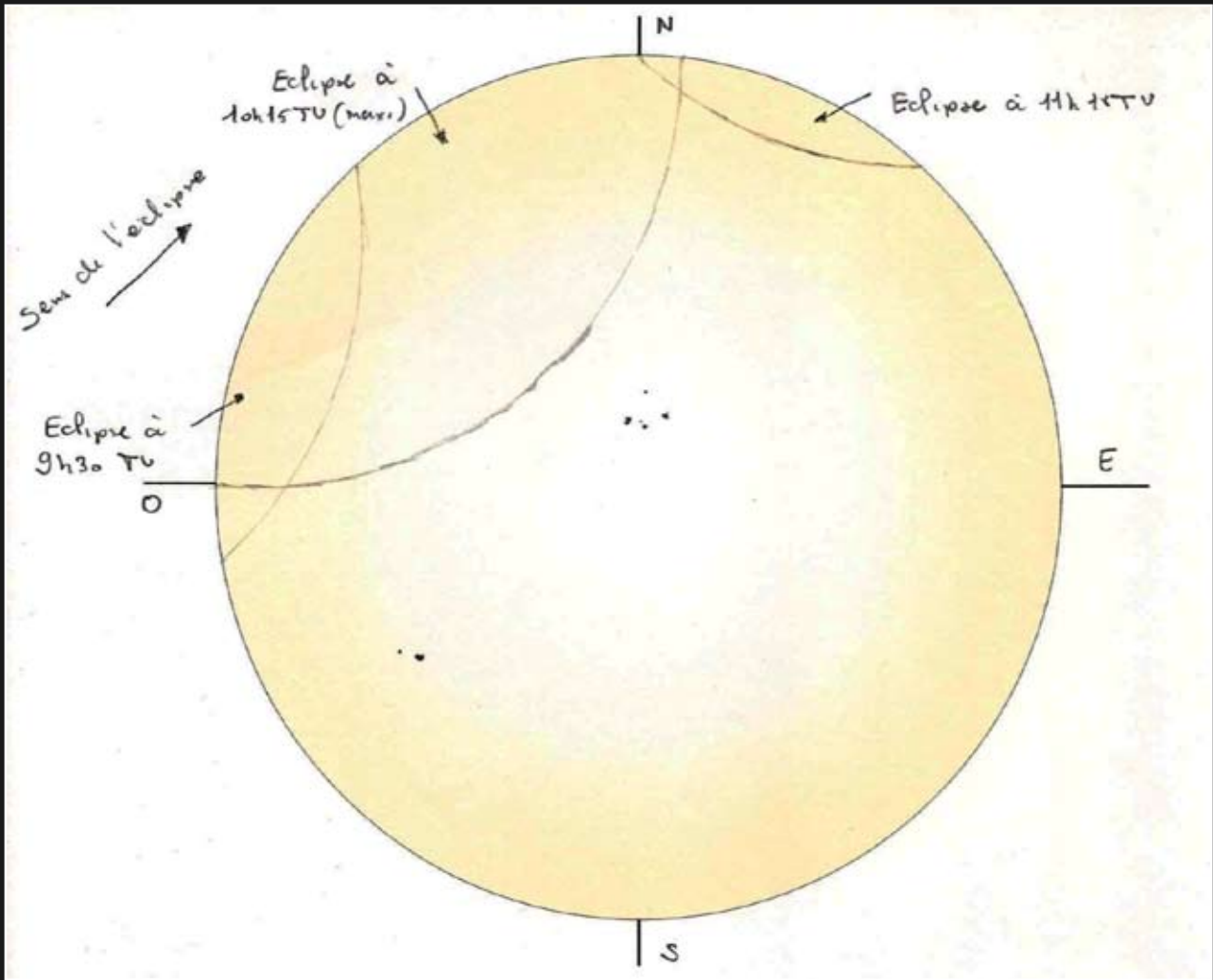
Près du maximum - Caméra DMK 31 monochrome, hélioscope de Herschel et lunette Orion 80ED
Wancourt (62), le 10/06/2021 - Simon LERICQUE



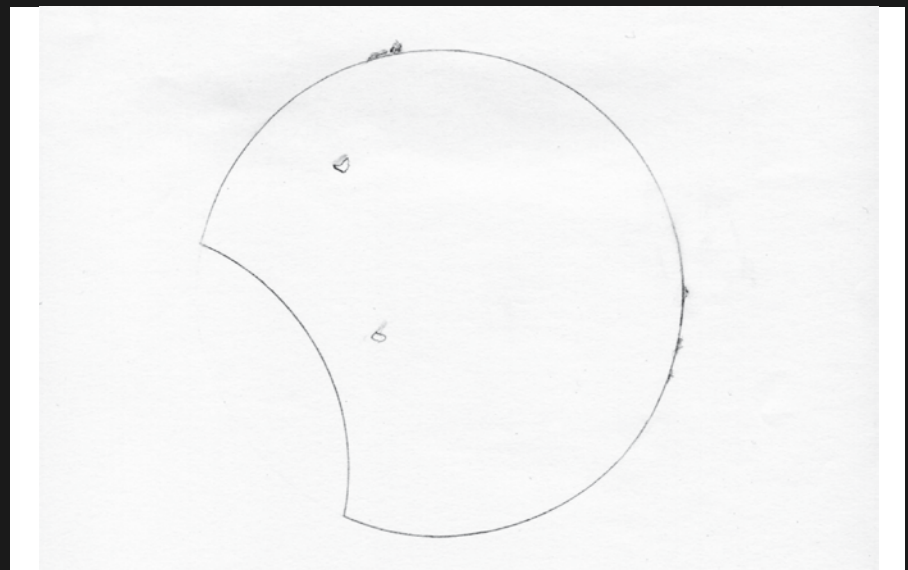
L'éclipse en calcium

Caméra DMK 31 monochrome, filtre CaK B1200
et lunette Orion 80ED

Wancourt (62), le 10/06/2021
Simon LERICQUE



Dessin de l'évolution de l'éclipse - Oculaire 18mm et lunette 60/800
Wancourt (62), le 10/06/2021 - Michel PRUVOST



Ci-contre, dessin des reliefs lunaires
le long du terminateur
Projection avec lunette
SkyWatcher 80ED
Wancourt (62), P. NONCKELYNCK

Ci-dessus, dessin de l'éclipse en Ho
Oculaire Lanthanum 17mm et
PST Coronado
Wancourt (62),
Arnaud AGACHE



Dessin en lumière blanche

Oculaire Ethos 8mm, hélioscope
de Herschel et lunette Orion80ED

Wancourt (62), le 10/06/2021

Simon LERICQUE



Dessin en H α

Oculaire Lanthanum 17 mm et
PST Coronado

Wancourt (62), le 10/06/2021

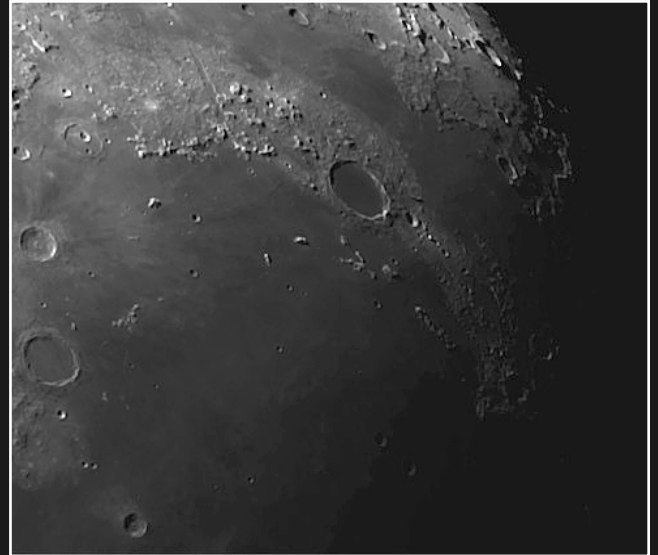
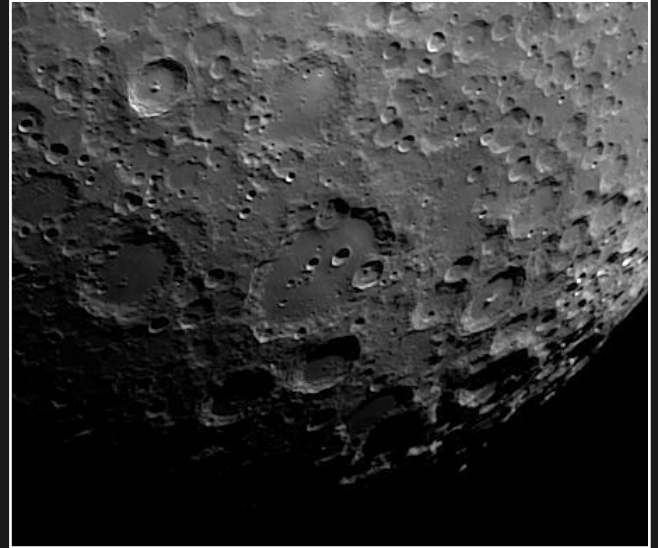
Simon LERICQUE

Balades lunaires



En haut, la région de Copernic ; en bas, celle de Platon - Caméra ASI 290 mm et lunette TSA 120
22 mars 2021 - Wambrechies (59) - Mikaël DE KETELAERE

Quelques survols lunaires



Le cratère Clavius

Caméra DMK 21 monochrome et lunette Helios 150/1200 - 23/03/2021 - Courrières (62) - P. ROUSSEAU

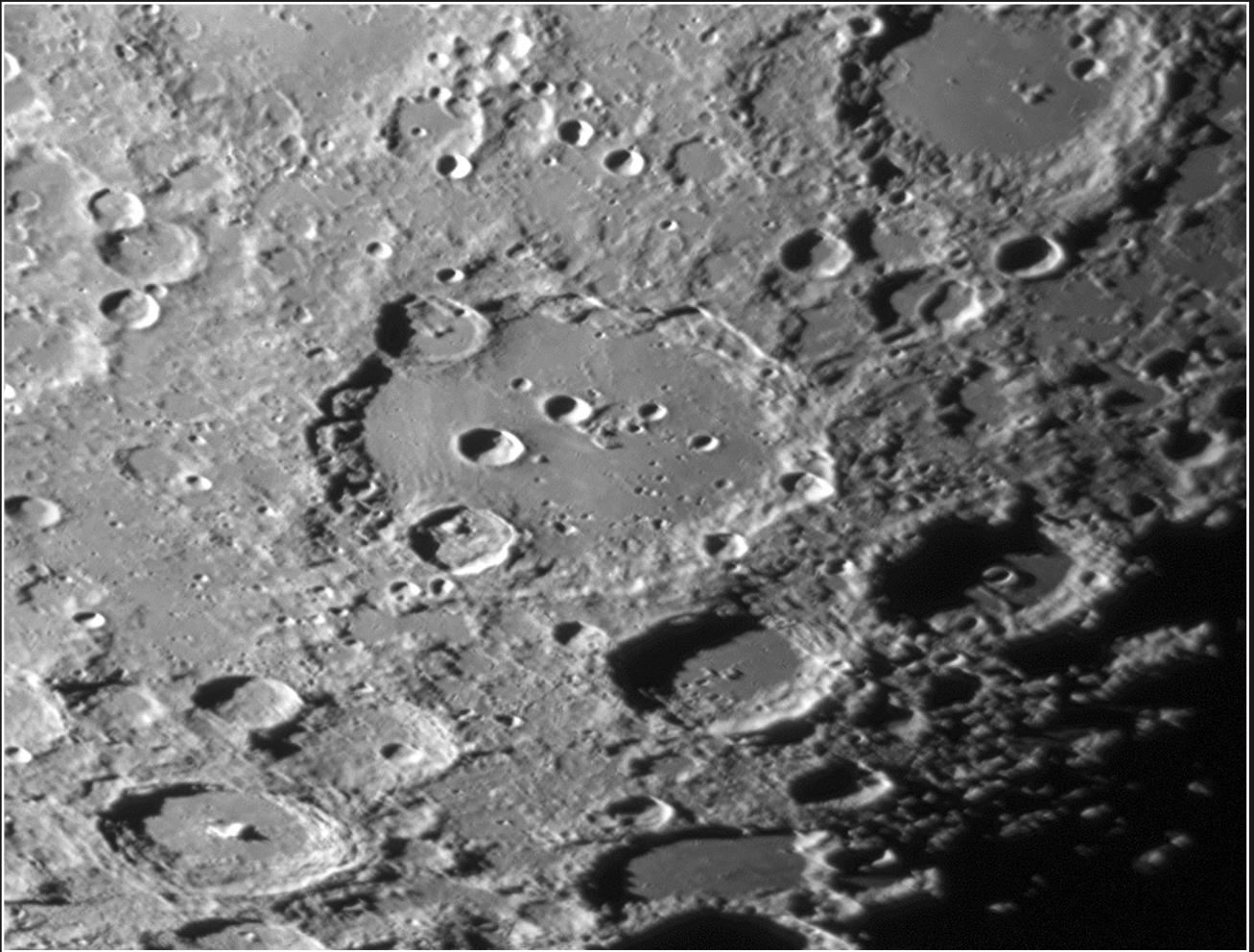


En haut à gauche, le cratère Platon
Ci-dessus, le cratère Copernic
Ci-contre, les rainures d'Hippalus

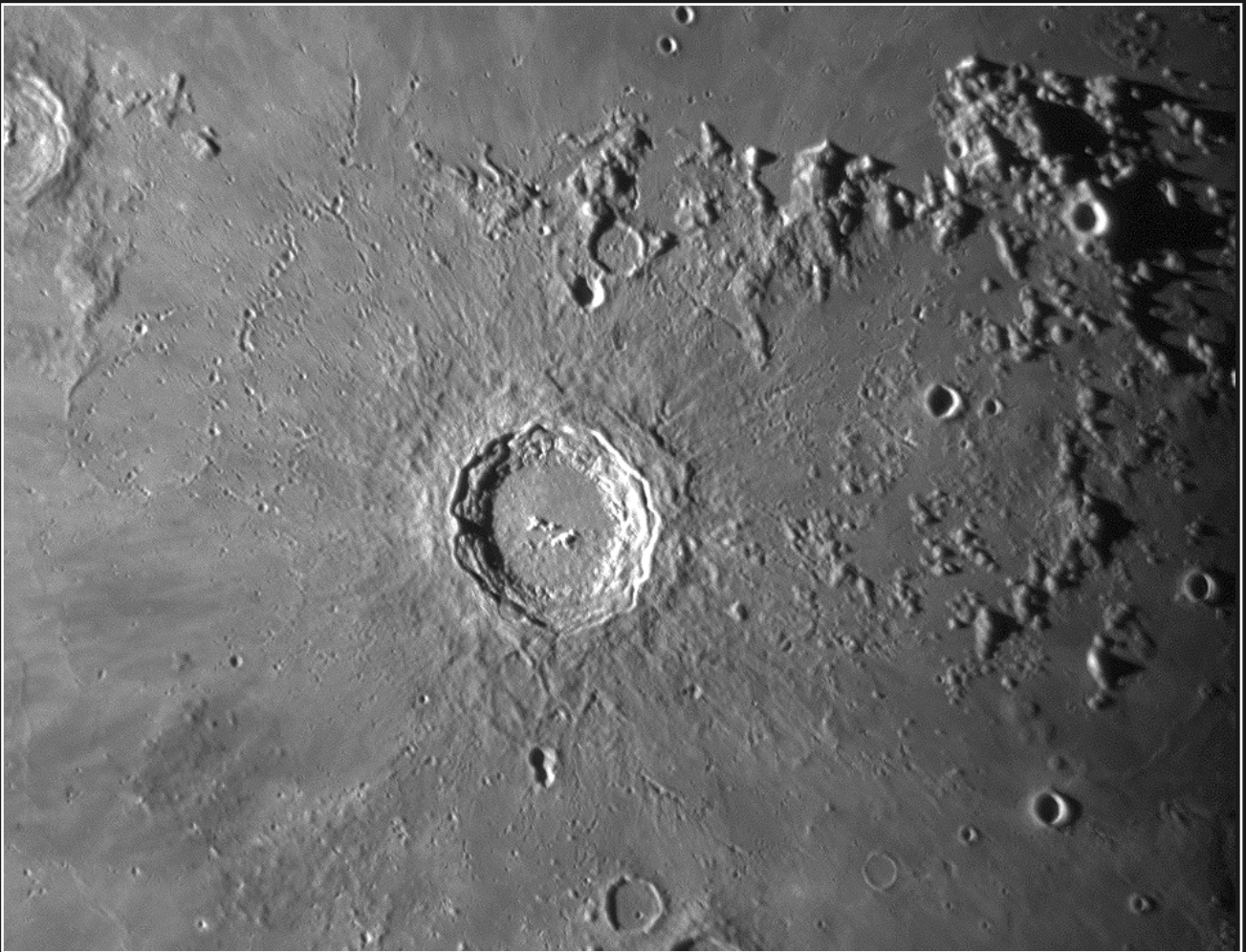
Caméra DMK 21 monochrome et lunette
Helios 150/1200

23/03/2021 - Courrières (62)

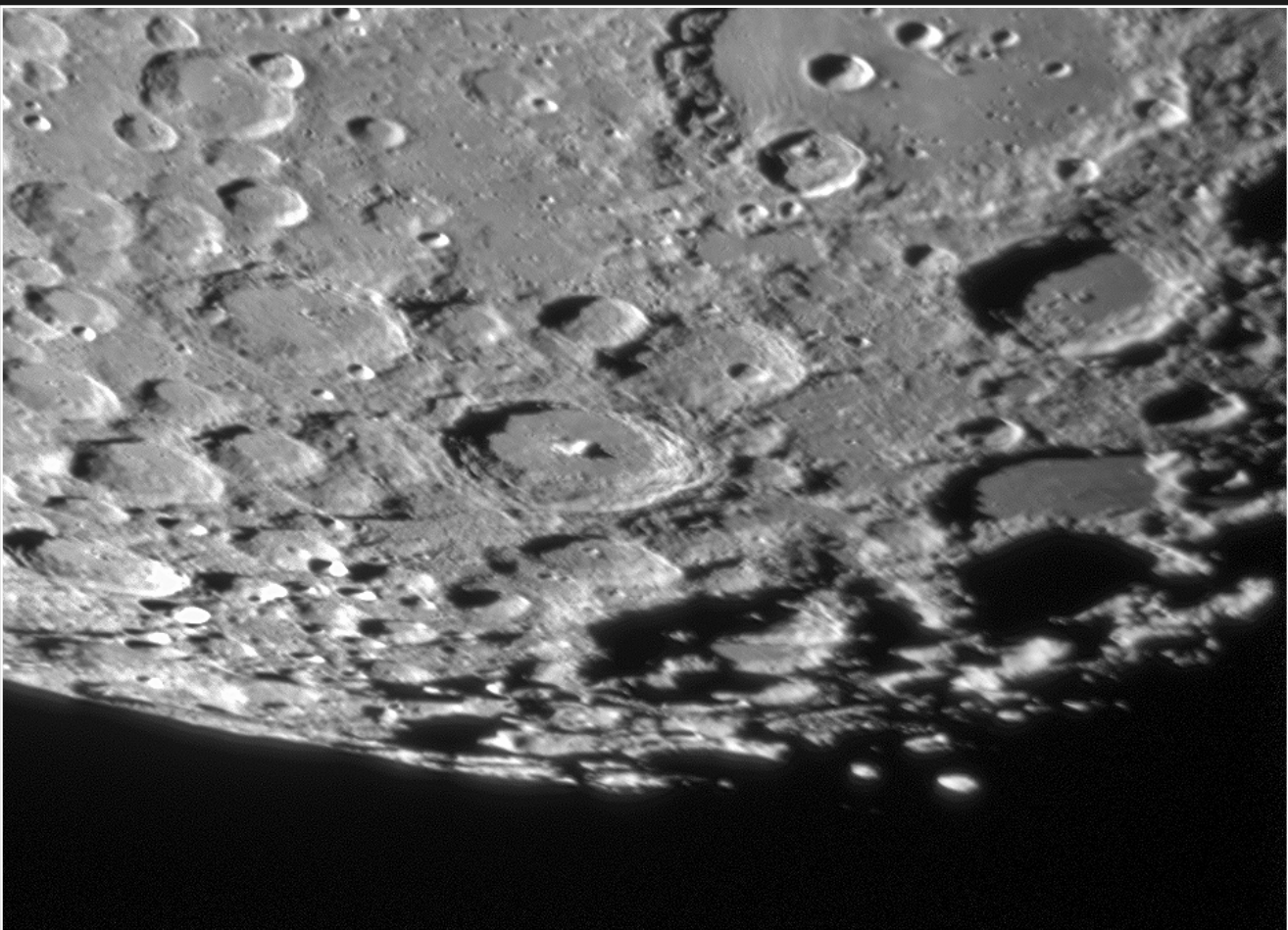
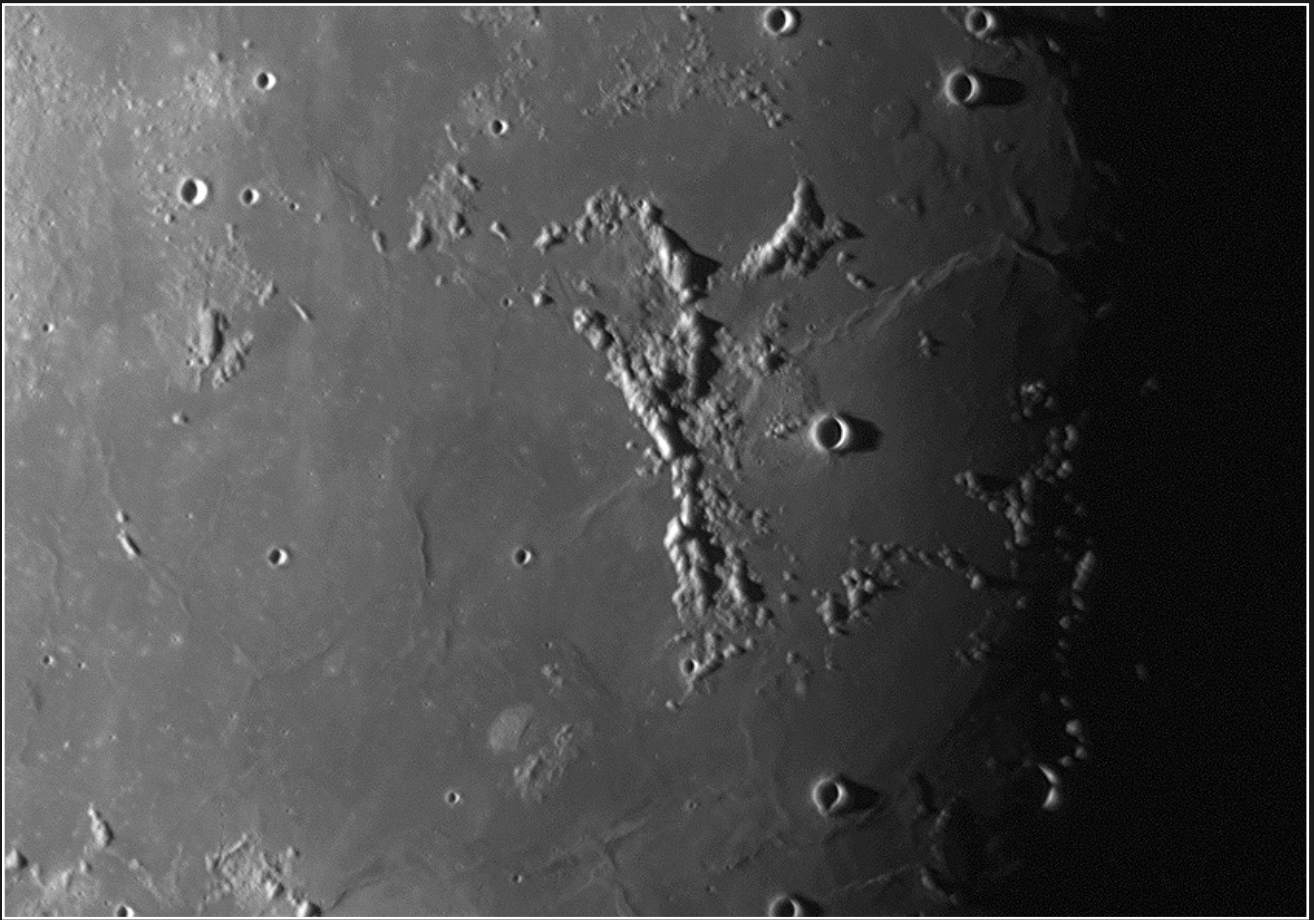
Patrick ROUSSEAU



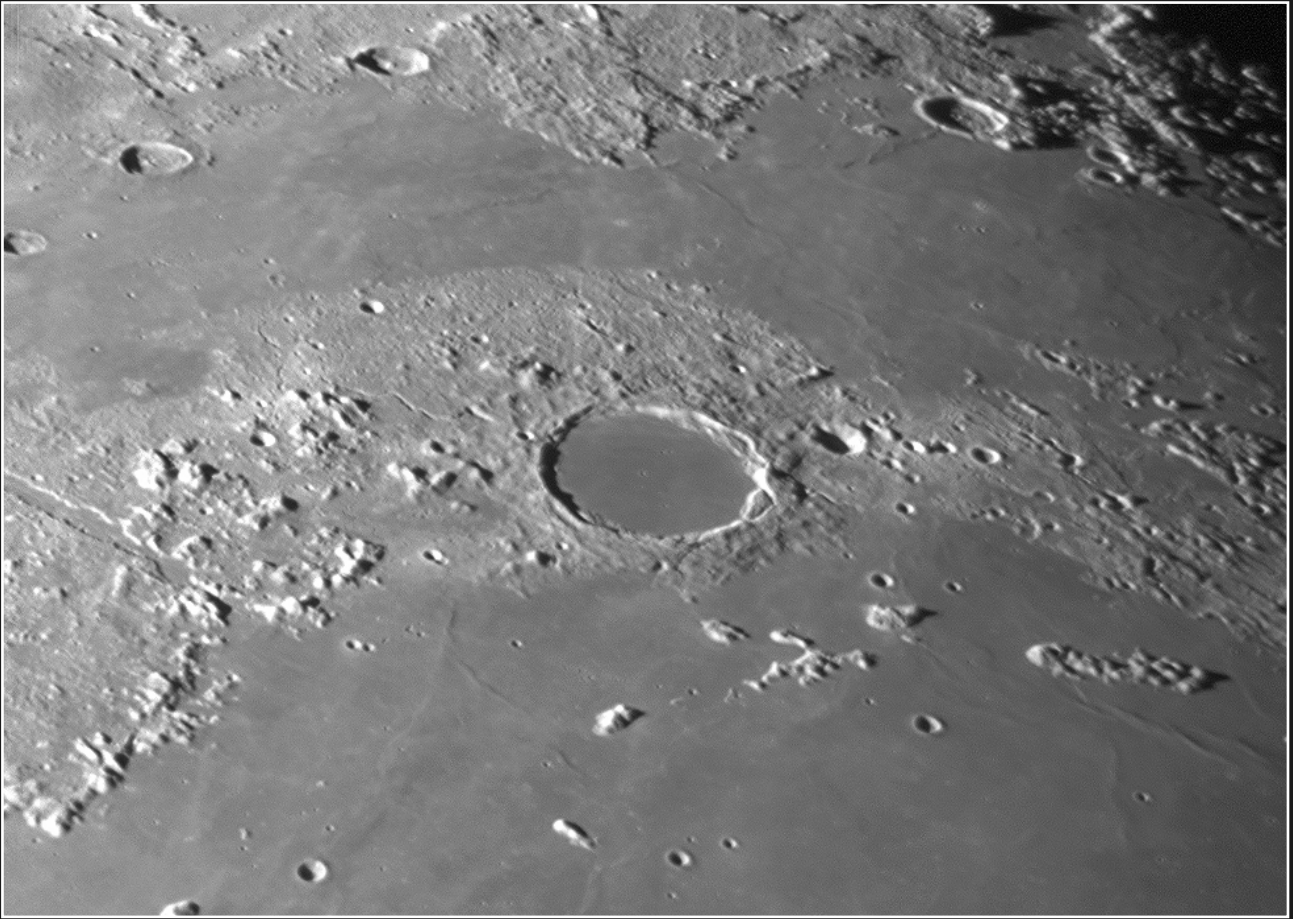
En haut, le cratère Clavius ; en bas, les environs du cratère Bullialdus
Caméra DMK 31 monocheme et télescope C11 - Wancourt (62), 23/03/2021 - Simon LERICQUE



En haut, le cratère Copernic ; en bas, le Golfe des Iris avec un éclairage rasant
Caméra DMK 31 monochrome et télescope C11 - Wancourt (62), 23/03/2021 - Simon LERICQUE



En haut, la région des monts Riphée ; en bas le cratère Moretus et la région du pôle
Caméra DMK 31 monochrome et télescope C11 - Wancourt (62), 23/03/2021 - Simon LERICQUE



En haut, la région de Platon ; en bas, les rainures de Hippalus
Caméra DMK 31 monocheme et télescope C11 - Wancourt (62), 23/03/2021 - Simon LERICQUE

Visuel assisté



L'amas globulaire M3 - 01/05/2021



L'amas globulaire M53 - 02/05/2021



La galaxie du Tourbillon M51 - 30/04/2021



La galaxie de l'Oeil noir M64 - 06/05/2021

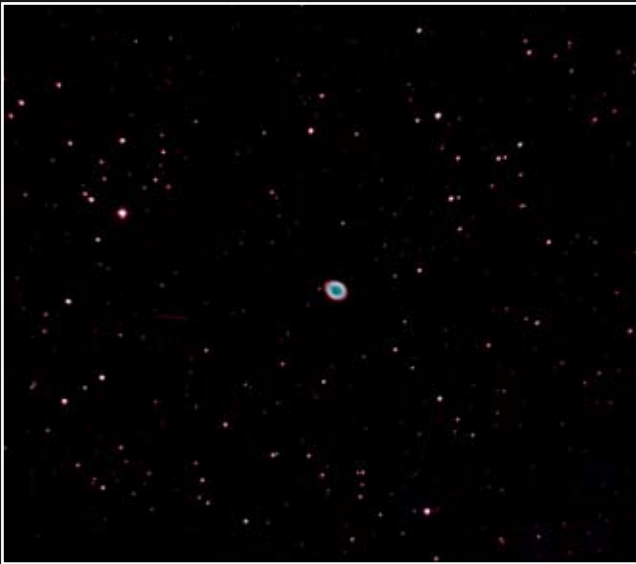


La galaxie M81 - 30/04/2021



La galaxie du Sombrero M104 - 29/04/2021

Visuel assisté avec un eVscope Unistellar
Oignies (62) - Vincent CATTELAIN



L'anneau de la Lyre M57 - 01/05/2021



L'amas globulaire M3 - 23/04/2021



L'amas globulaire M13 - 23/04/2021



La nébuleuse d'Orion M42 - 06/03/2021



La galaxie du Tourbillon M51 - 23/04/2021



L'amas globulaire M92 - 23/04/2021

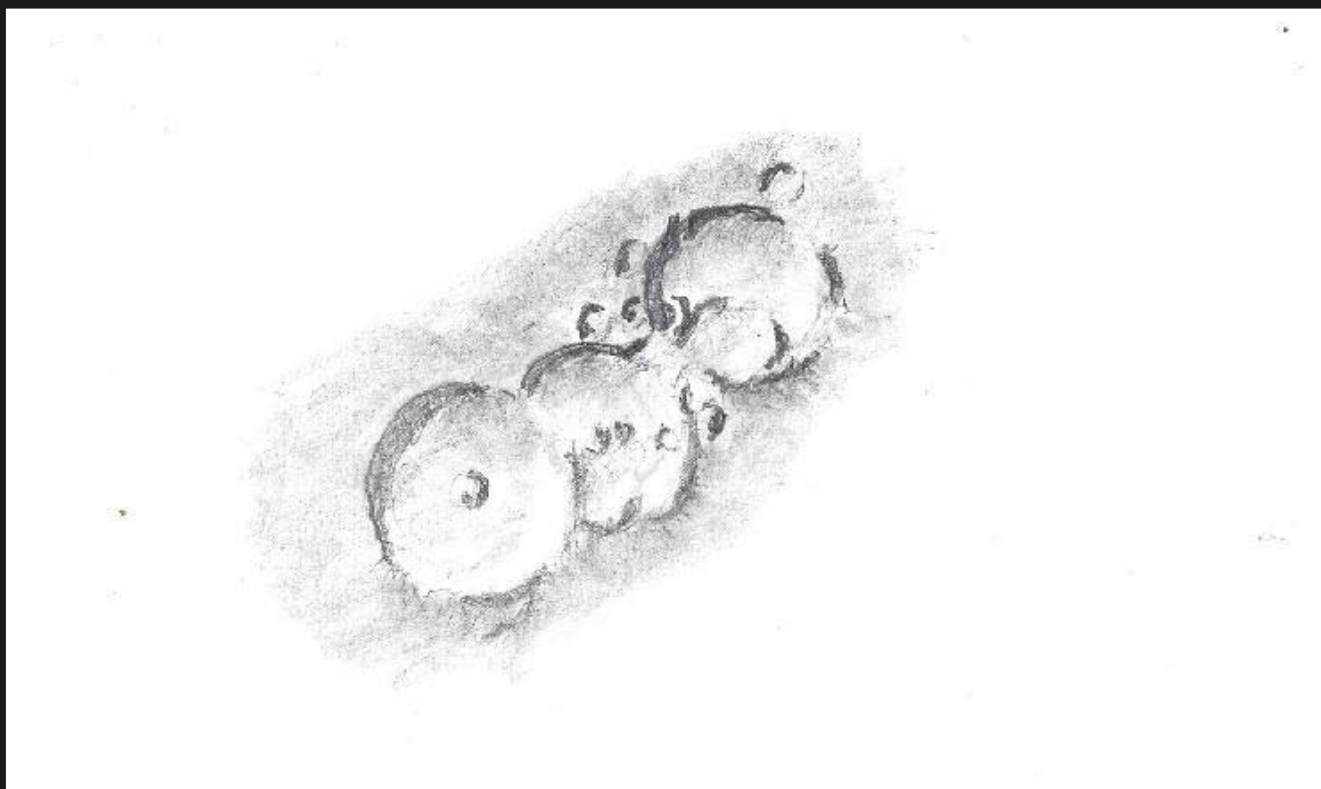
Caméra ZWO ASI 533 MC et télescope Newton 150/610
Bauvin (59) - Sébastien DEMANGEAT

Les dessins de Jean-Pierre

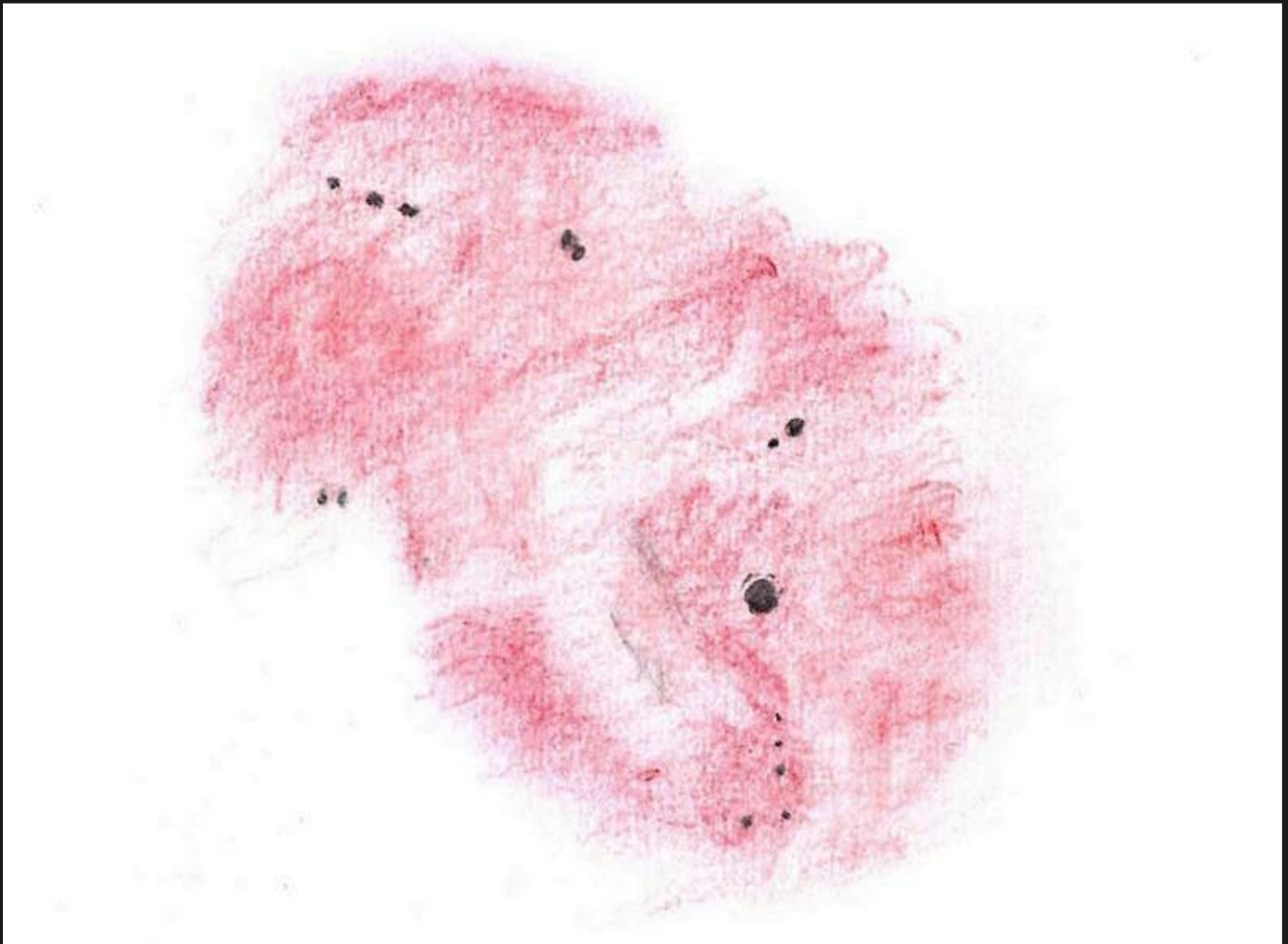
Un grand merci aux copains de Quasar 95, l'autre club astro de Jean-Pierre dans lequel il était très investi, de nous avoir fourni et autorisé à republier ici quelques uns de ses astrodessins...



À gauche, un premier quartier de Lune du 11 août 2012 à Saint Clément des Levées (49)
 À droite, la pleine Lune du 20 septembre 2013 - Dessins Jean-Pierre AUGER



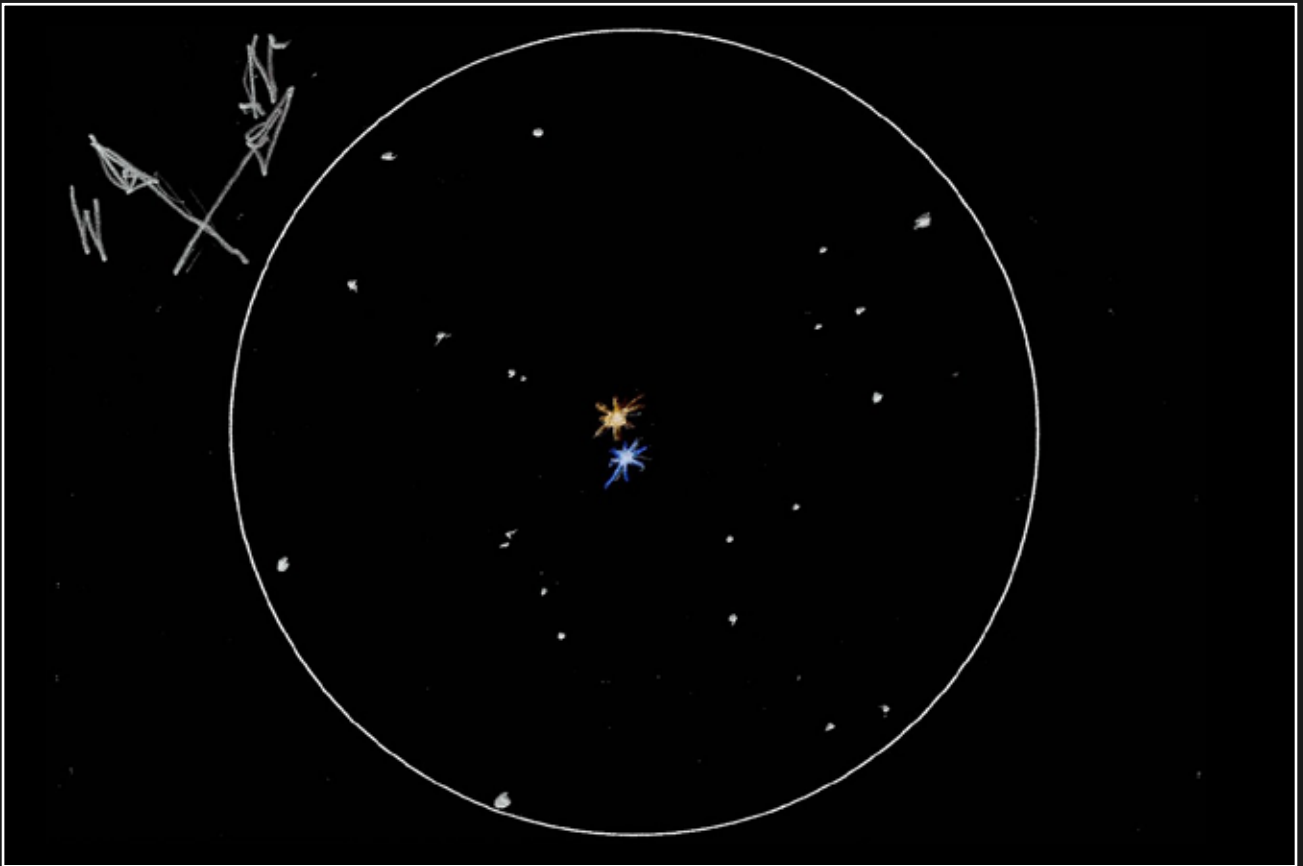
Les cratères Théophile, Cyrille et Catherine
 Eygalayes (26), le 20/08/2015 - Dessin Jean-Pierre AUGER



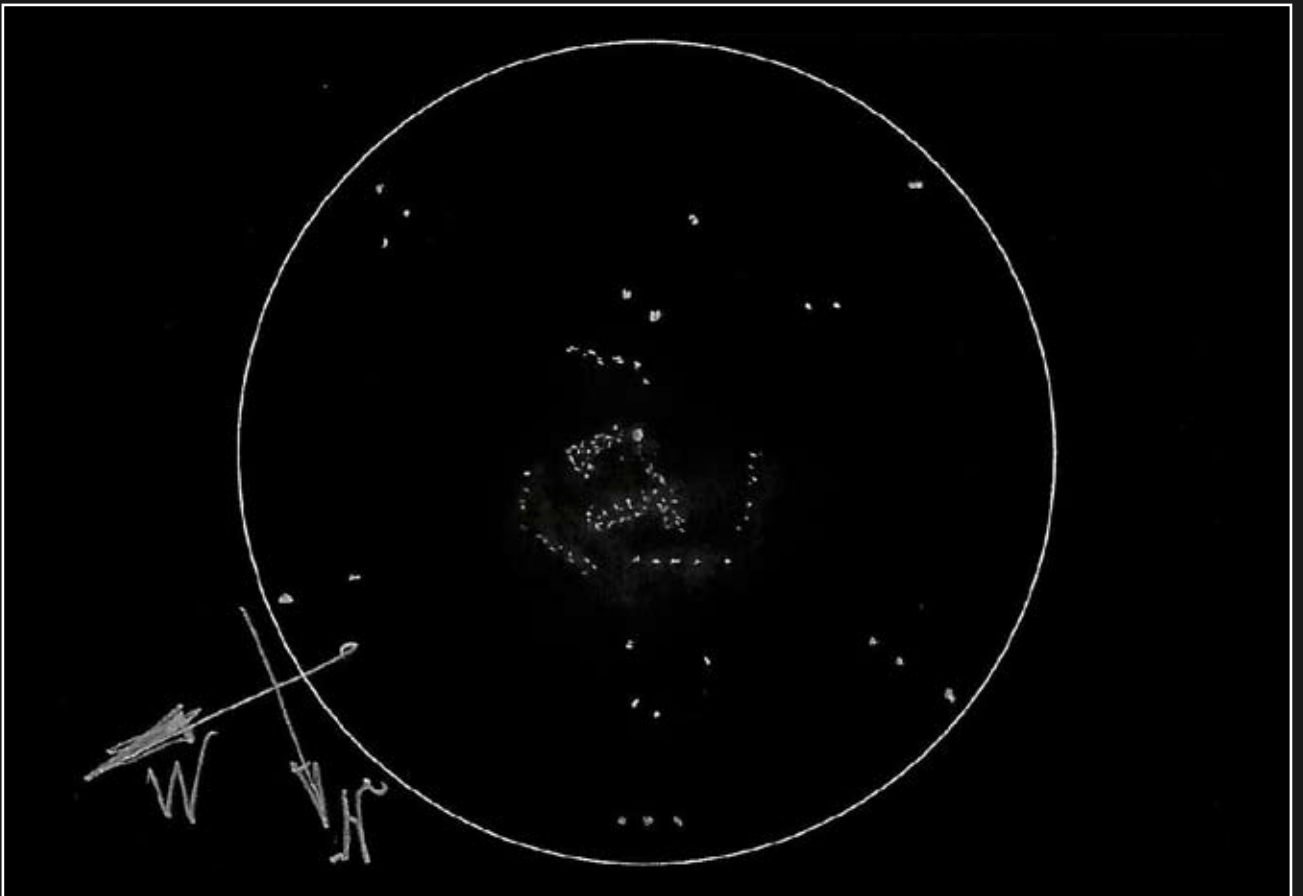
Le Soleil en H α à travers une Lunt 60 B1200
le 24/02/2014 - Dessin Jean-Pierre AUGER



Protubérances solaires
Eygalayes (26), le 20/08/2015
Dessin Jean-Pierre AUGER



L'étoile double Albiréo en août 2016 - Dessin Jean-Pierre AUGER



L'amas du canard sauvage M11 en 2018 - Dessin Jean-Pierre AUGER



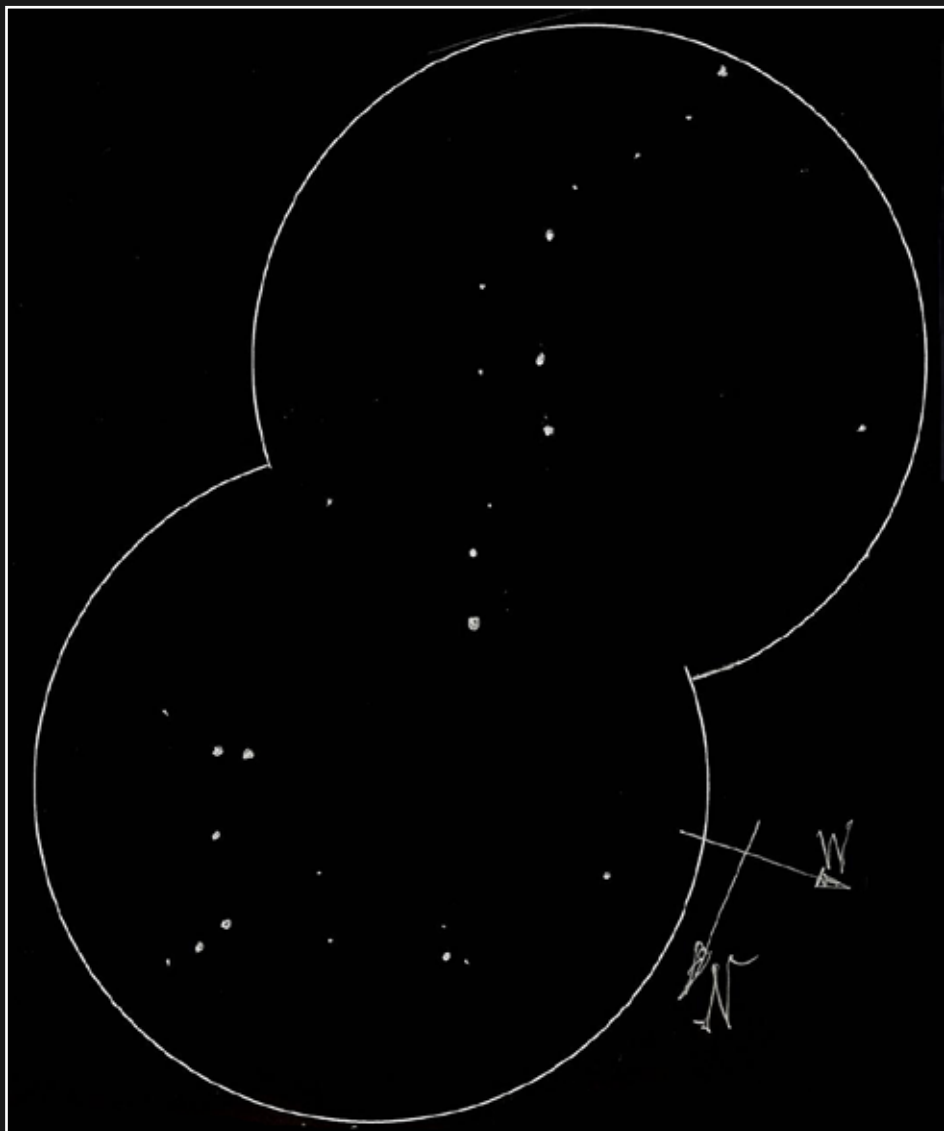
L'anneau de la Lyre - M57
Dessin Jean-Pierre AUGER



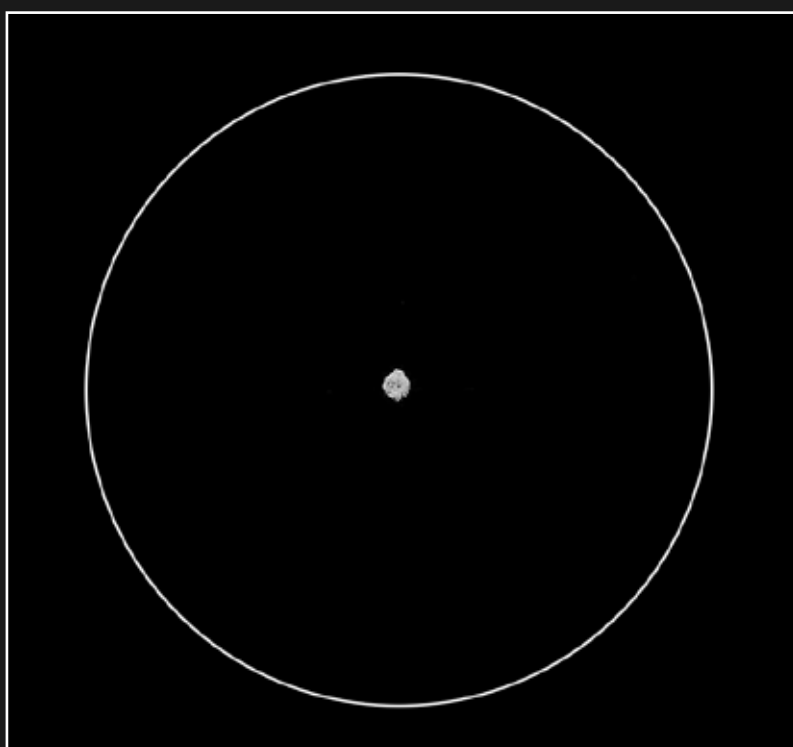
L'amas globulaire - M3
Dessin Jean-Pierre AUGER



La nébuleuse Omega - M17
Dessin Jean-Pierre AUGER



Le cerf-volant de Kemble
Dessin Jean-Pierre AUGER



L'étoile Canopus... lors d'un séjour à La Palma.

Le mot de la fin à Jean-Pierre :

"Canopus, c'est aussi le nom donné à l'une des bombes atomiques françaises. Et vous constaterez que ce dessin est une véritable bombe... Tout est dans le détail et dans la vigueur du trait. Admirez cet arrondi magistral. Un vrai travail de Maître ! J'ai enfin atteint le Graal du dessin astro. Je suis enfin arrivé à la hauteur des Fred Burgeot ou Serge Vieillard. Il ne vous reste plus qu'à admirer ! Je suis très fier de ce travail !!!"

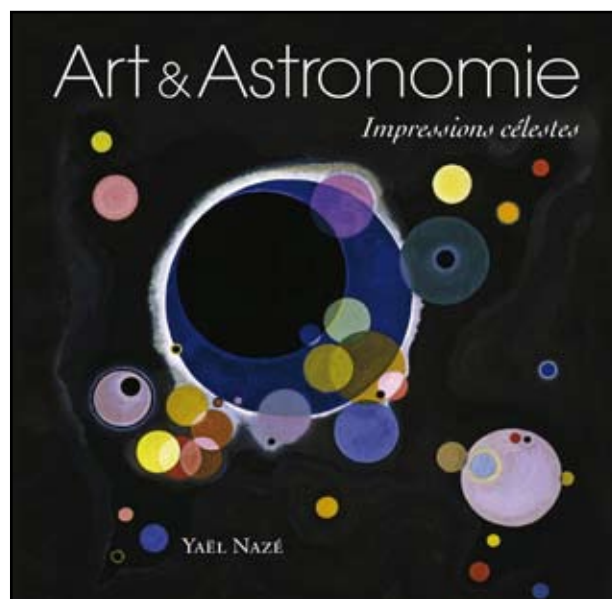
Encore plus...

Art et Astronomie - Impressions célestes

par Yaël Nazé

Yaël Nazé, très portée sur la vulgarisation scientifique, nous livre ici ce bel ouvrage, superbement illustré de dessins, de tableaux, de sculptures et de photographies. Il y a là plus de 500 oeuvres d'art compilées, toutes avec un point commun : l'astronomie ! Quand on y réfléchit, ce n'est finalement pas étonnant que le ciel étoilé, la ronde des planètes ou un joli clair de Lune aient pu à ce point inspirer les artistes. L'astrophysicienne nous guide dans cette contemplation céleste, à travers toutes les civilisations et les époques, de l'Antiquité à l'art moderne.

À noter que ce livre laisse une petite place au dessin astronomique, on trouve notamment quelques œuvres remarquables de Leopold Trouvelot, alors forcément, on y est d'autant plus sensible.



Histoire de l'arc-en-ciel

par Bernard Maitte

Aristote, Ibn Al Haytham, Kepler, Newton, Descartes... Tant de grands noms se sont "penchés" sur l'arc-en-ciel. Le photométéore sert ici de prétexte à une passionnante plongée dans l'histoire des sciences. C'est le physicien (mais aussi historien des sciences, ça tombe bien) Bernard Maitte qui nous guide à travers ce livre. Il présente les différents concepts de l'arc-en-ciel, et de la lumière d'une manière plus générale, ayant été utilisés et imaginés à travers les siècles.



Les idées noires de la physique

par V. Bontems et R. Lehoucq

Matière noire, énergie noire, corps noir, trou noir... Le noir est partout en astronomie. Pourquoi cette couleur (qui n'en est d'ailleurs pas une) est souvent utilisée par les astronomes dans leurs raisonnements et pourquoi est-ce qu'elle nous interpelle autant ? V. Bontems, philosophe des sciences et l'astrophysicien R. Lehoucq s'attardent sur ce qu'implique cette notion dans divers domaines de la recherche scientifique. Grâce à eux, vous y verrez déjà un peu plus clair sur des notions parfois obscures...



Les couleurs de l'Univers

par Yaël Nazé

En dehors du visible, et pour chacune des "couleurs" particulières, ondes radio, X, IR, UV, l'astrophysicienne Yaël Nazé (encore elle) élargit notre arc-en-ciel invisible et présente un aspect historique avec des anecdotes parfois savoureuses. Elle décrit aussi leur prise en compte dans la science et l'astronomie d'aujourd'hui. Par exemple, c'est très amusant de "voir" à quoi ressemble notre Voie lactée dans les différentes longueurs d'ondes du spectre électromagnétique.