

numéro 84

février 2019

www.albireo78.com

*Albireo*⁷⁸

L'ALBIREOSCOPE

Chicxulub et Hiiawatha : cratères d'impact

la distance de Mars : de Cassini à Sadr...

Voyage aux Canaries



Sadr Cheli



Barnard 33 : la tête de cheval
IC434 : la nébuleuse à émission, rouge

Constellation : Orion
Distance : 1500 al
Instrument : lunette 127
Image : Ha LRVB
Total : 19h 05
Date : décembre 2018

Sadr Chili

Sommaire

4

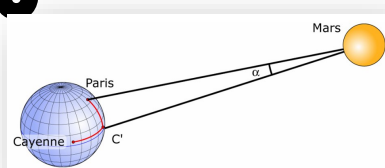
Chicxulub. Hiawatha

Michel

Des cratères d'impact, signe d'un passé mouvementé pour notre planète...



10



la distance de Mars : de Cassini à Sadr...

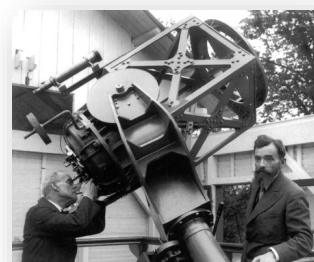
lionel

Récit de l'expédition de Jean Richer à Cayenne.

22

C'est arrivé ce jour-là...

Des évènements dans le monde de l'astronomie qui se sont déroulés en février 1879, 1779, etc...



26



Voyage aux Canaries

fabien

De nombreux sites dédiés à l'astronomie.

38

les lunettes VR

fabien

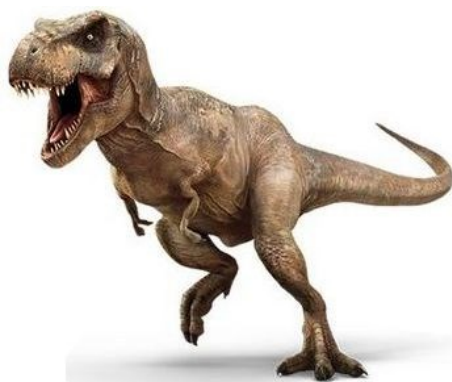
L'astronomie entre dans la réalité virtuelle : une véritable immersion dans l'espace...



Chicxulub



Chicxulub est un cratère d'impact, considéré comme la preuve évidente de la chute d'un énorme astéroïde, responsable de la disparition des dinosaures. C'était il y a environ 66 millions d'années. Les pétroliers, qui fouillent aussi les océans à la recherche de l'or noir, avaient remarqué cet énorme cratère enterré sous d'épais sédiments dans le golfe du Mexique mais n'avaient pas fait le rapprochement direct avec la disparition définitive de ces gros animaux qui ont régné sur la Terre un bon bout de temps. Des scientifiques ont analysé les restes de fossiles de dino-



saures de leur apparition, il y a 230 millions d'années, jusqu'à leur extinction. Les nouvelles espèces évoluèrent à un rythme élevé, mais qui va se ralentir il y a 160 millions d'années ; puis le nombre d'espèces décline à partir de 120 millions d'années. Bien que complètement décimés par la chute de l'astéroïde il y a 66 millions d'années, les dinosaures déclinaient en nombre déjà 50 millions d'années avant ! Voilà quelque chose qui était inattendu. Le déclin le plus rapide a été celui de la famille des théropodes qui comprend le fameux Tyrannosaurus

Rex ; un déclin entamé qui les a rendus sans doute plus fragiles avec cette catastrophe survenue sur Terre. La raison la plus probable a été un climat qui s'est refroidi avec la disparition progressive de la chaleur et de la luxuriance des pôles à l'équateur ; de ce fait, les mammifères étaient plus adaptables aux nouvelles conditions climatiques. De plus, on sait aujourd'hui que de gigantesques éruptions volcaniques se sont produites à la même époque, responsables d'émissions de gaz toxiques et de la diminution de l'ensoleillement sur Terre ; il n'en fallait pas autant pour venir à bout de Rex.

Même sans astéroïde, un renversement de suprématie des dinosaures vers les mammifères était ainsi inéluctable. Toutefois, tout n'a pas vraiment disparu dans le clan des dinosaures et nos oiseaux sont là pour en témoigner, rescapés de ce



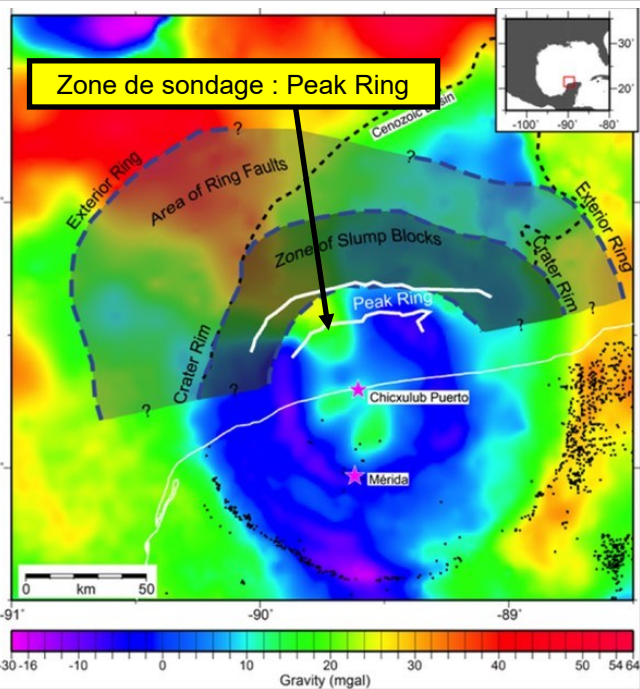
terrifiant cataclysme. L'impact de l'astéroïde, évalué à 18 km de diamètre et qui a frappé la Terre il y a 66 millions d'années, a fait un trou de 100 km de diamètre et de 30 km de profondeur qui s'est effondré par



la suite en faisant un rebond estimé à la hauteur des pics himalayens, puis à laissé un cratère de 200 km de diamètre et d'un kilomètre de profondeur. Le gros du cratère est aujourd'hui enterré sous 600 m de sédiments, dans la mer. Et sur terre, le cratère est recouvert de limons mais son contour est tracé par un arc de cavités (sinkholes ou cenotes), souvent remplies d'eau, qui font la joie des amateurs de plongée.

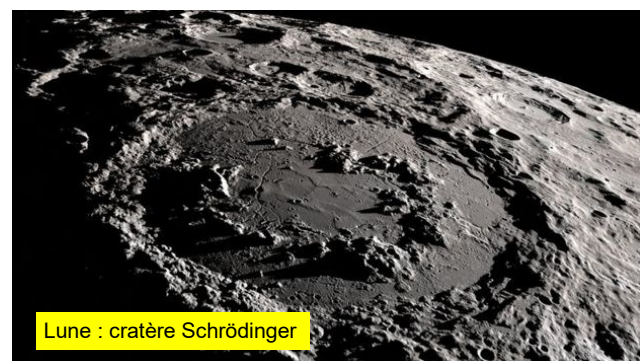
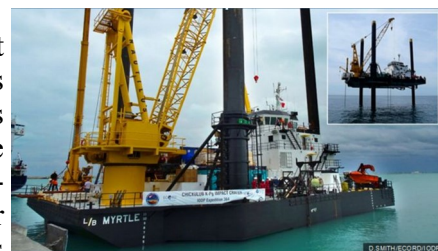


Il est difficile d'imaginer que des milliards de tonnes de roches s'envolent soudainement dans les airs, tout comme un liquide le ferait. En effet, les modèles dynamiques d'impact comme celui de « l'astéroïde des dinosaures » reposent sur l'idée que la roche choquée peut, sur une courte période, perdre sa cohérence et se fluidifier littéralement ; les particules glissent les unes sur les autres sans friction. C'est pour étudier ce phénomène qu'une campagne de forage et de mesure a été menée en mer en 2016, près du port de Chicxulub, dans la péninsule du Yucatan. Des carottes de roches ont été extraites à plus de 1300 mètres sous le plan-



cher maritime du golfe, par la plateforme de forage : le Myrtle.

Les roches ont été expédiées par la suite vers un laboratoire américain et allemand pour subir différents examens. L'équipe scientifique est issue de différents pays : USA, Mexique, Japon, Australie, Canada, Chine et Europe ; le projet a été organisé au travers du *European Consortium for Ocean Research* et du *International Ocean Discovery Program*. D'après le professeur Ulrich Riller, de l'Université de Hambourg (Allemagne), la carotte de forage montre que la roche s'est fragmentée. Elle a été brisée en minuscules petits morceaux initialement millimétriques; et cela cause essentiellement ce comportement fluide qui produit, à la fin, le plancher plat du cratère, caractéristique de Chicxulub et de toutes les



grandes structures d'impact, comme celles que nous voyons également sur la Lune. La roche ne fond pas mais elle est brisée par d'énormes forces vibratoires :



la quantité d'énergie qui se disperse dans ces roches est équivalente à des tremblements de terre de magnitude 10 ou 11 ; l'estimé pour l'ensemble de l'impact est d'environ 10 milliards de bombes de type Hiroshima. Mais, à la fin, la roche va retrouver sa cohésion et sa rigidité pour former les arcs et les collines en anneau observés. La rigidité est également observée dans les

échantillons remontés à la surface par le Myrtle ; la



Jo Morgan (Imperial college) & Sean Gulick (University of texas)

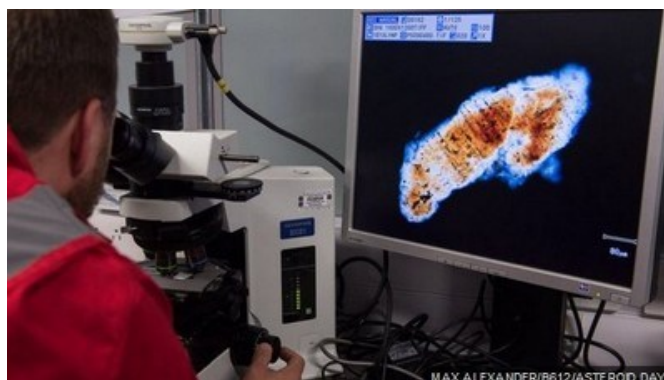
cible du forage était une zone dénommée « Peak Ring » : un anneau qui a été créé au centre du trou de l'impact, où la Terre a rebondi après avoir été heurtée par un objet de la taille d'une ville (lors



Echantillon de roche de Peak Ring

d'études géologiques antérieures, capables de sonder le sous-sol marin, cette zone ressemblait à une chaîne montagneuse en forme d'arc).

Le Myrtle était aussi en mesure d'effectuer les premières analyses des échantillons récoltés avant leur expédition vers les laboratoires américain et allemand :

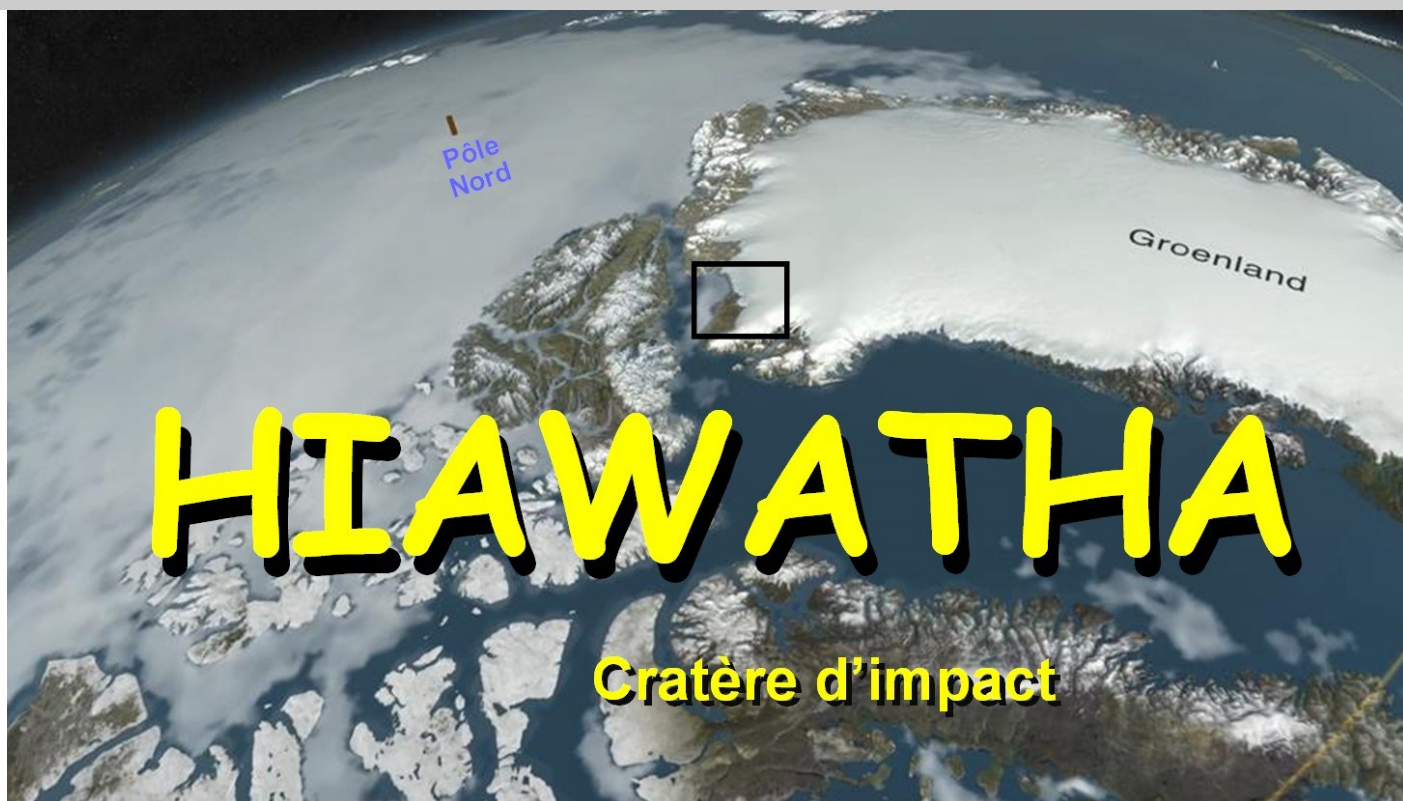


Les analyses des roches extraites montrent clairement le processus sous-jacent de fluidisation: la substance pulvérisée commence à se comporter comme de l'eau. Les modèles ont prédit ce qu'il advient quand un objet rocheux de 12 km de diamètre venu de l'espace rencontre la Terre.

En plus d'apporter de nouvelles informations sur l'un des jours les plus catastrophiques de l'histoire de la Terre et sur l'extinction de masse qui a suivi, l'enquête sur Chicxulub aidera également les scientifiques à étudier de grands cratères d'impact sur d'autres corps planétaires.

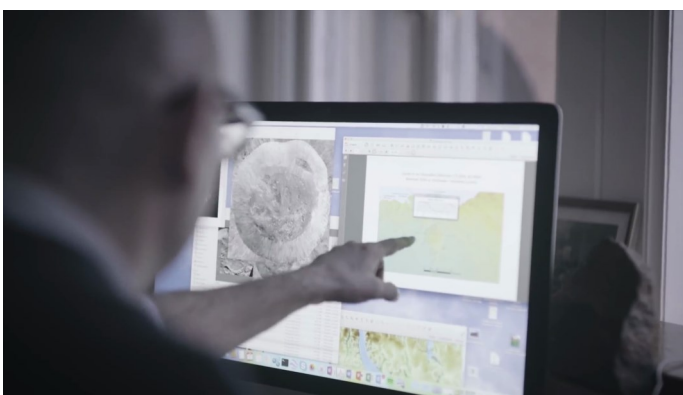
« Nous expliquons un processus fondamental qui se produit sur n'importe quel corps rocheux », explique le professeur Gulick. "Pour la toute première fois, nous avons maintenant des roches nous indiquant le type de déformation qu'elles ont subies pour se comporter temporairement comme un liquide, puis redevenir à la fin comme une roche - sans fondre. Cela se fait par des mécanismes de chevauchement des déformations. C'est un processus fondamental qui remanie la surface des planètes, pas seulement dans notre Système Solaire mais vraisemblablement aussi ailleurs ».

Les dernières découvertes sur la « fluidisation acoustique » dans le cratère Chicxulub sont publiées dans la revue Nature.



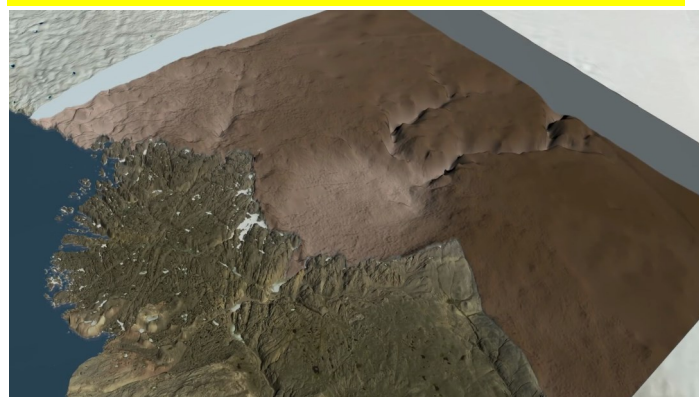
C'est dans un coin reculé du nord ouest du Groenland qu'une équipe internationale de scientifiques a fait une découverte surprenante, enterrée sous 1 km d'épaisseur de glace : un cratère d'impact météoritique, d'une profondeur de 300 m, et plus grand que la ville de Paris.

L'existence du cratère d'impact Hiawatha a été suspectée pour la première fois courant l'été 2015, à partir de l'examen d'une compilation de mesures par radar de la topographie du site, sous la glace

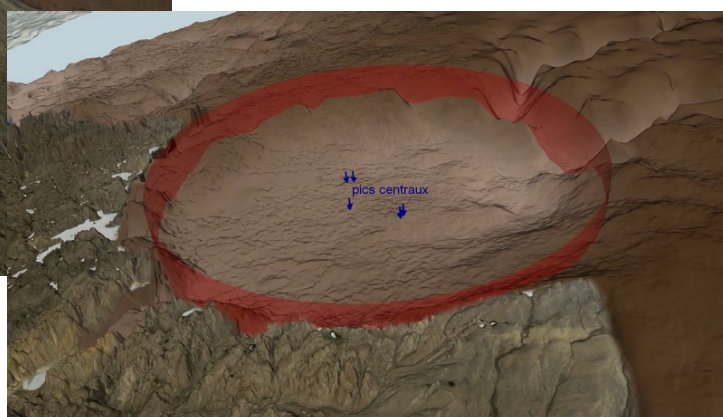
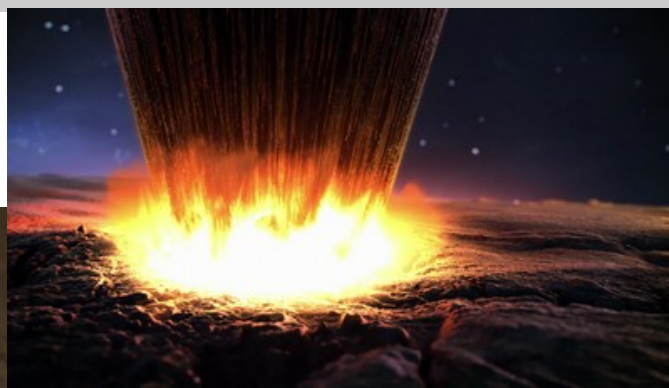


qui le recouvrait. Ces mesures de la Nasa couvraient une période d'une vingtaine d'années. L'analyse des échantillons de sédiments entrainés par l'eau de fonte du glacier révèle qu'ils contiennent du quartz choqué et une concentration élevée de métaux lourds comme le fer et platine ; ces ré-

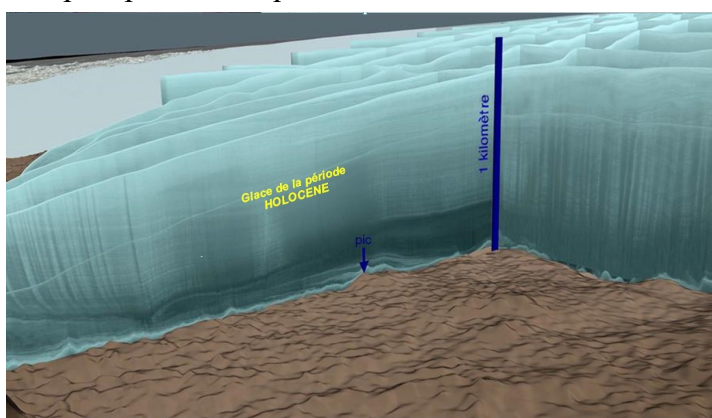
La visualisation de la surface cachée par la glace a été obtenue par une campagne de mesure aérienne de l'Institut allemand Alfred Wegener ; un sondeur radar à ultra large bande développé par le Center for Remote Sensing of Ice Sheets de l'Université du Kansas a été utilisé. Par la suite, des compléments d'observation ont été réalisés à l'aide d'hélicoptères, pour récupérer des sédiments à l'avant du glacier, là où l'eau de fonte de la glace s'évacue vers la côte nord ouest.



sultats sont des signes évidents de l'impact d'un astéroïde métallique dont la dimension avoisinait le kilomètre. Le cratère d'impact Hiawatha est potentiellement un des plus jeunes cratères météoritiques sur la Terre, et fait partie maintenant des 25 plus



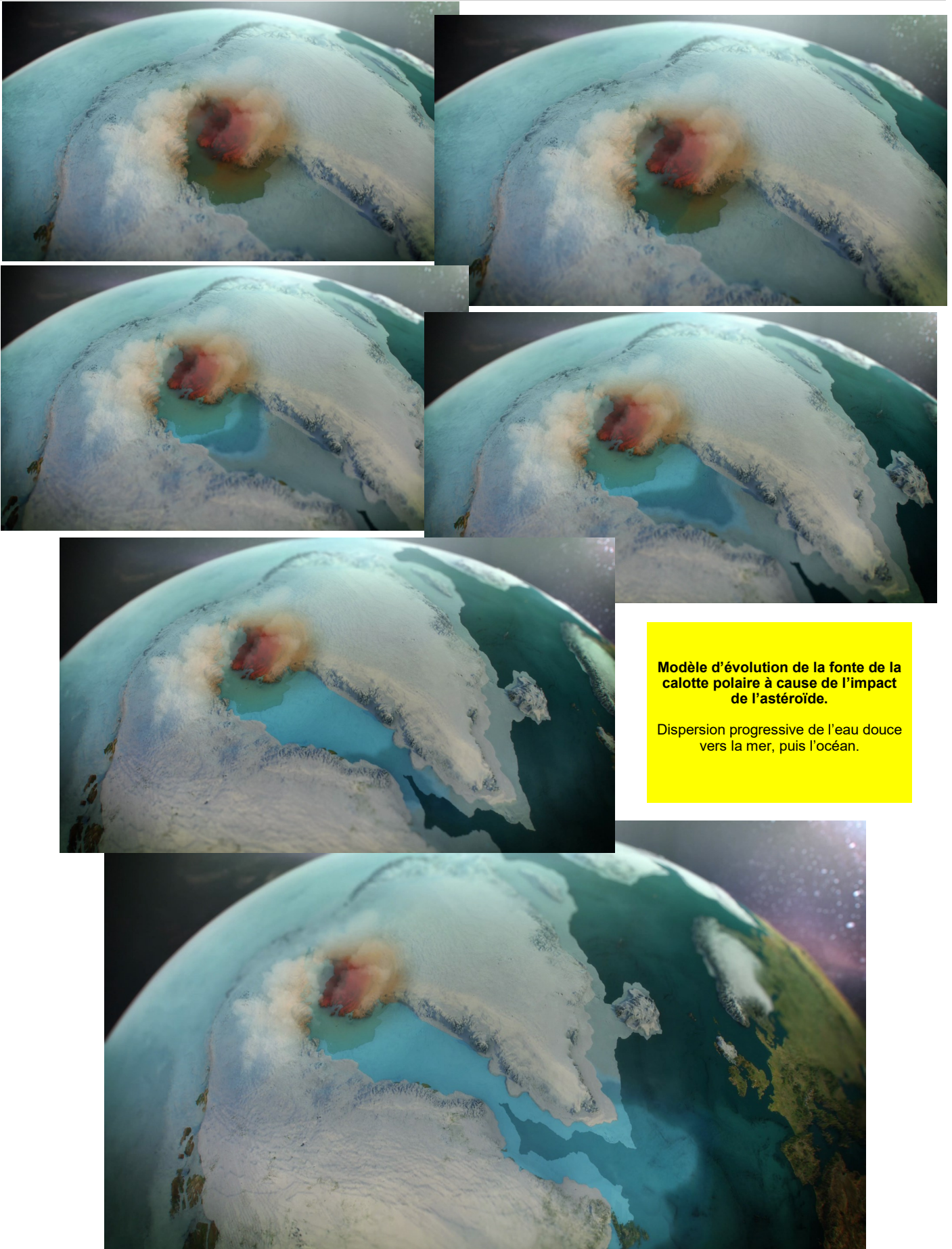
grands cratères d'impact connus sur notre Terre. Le radar à bord de l'avion a littéralement coupé la glace pour montrer la dépression du cratère et notamment mettre en évidence les pics centraux liés au rebond des roches éjectées ; sur la photo de droite, l'anneau rouge délimite la fine et nette délimitation du cratère. Le radar permet également de détecter les différentes couches de glace générées par le cycle des saisons, avec une suite de dépôts et de fontes. La glace apparaît plus homogène vers la surface, et le lit du cratère est recouvert d'une glace d'aspect plus chaotique...



C'est donc un cratère d'impact météoritique qui était ainsi caché sous une épaisse couche de glace d'un kilomètre d'épaisseur, et c'est le premier de cette taille découvert sous une calotte polaire. Le groupe de scientifiques, mené par des chercheurs du *Center for GeoGenetics* du *Natural History Museum* de l'Université de Copenhague (Danemark) a travaillé pendant trois ans afin de vérifier cette découverte initialement faite à partir des données de

la NASA obtenues en 2015. Une publication a été réalisée en novembre 2018 dans le journal *Science Advances*. Toutefois, les scientifiques ne peuvent pas encore dater de manière précise le moment où le cratère s'est formé par cet impact d'une météorite ferreuse de 1 km dans le nord ouest du Groenland : la période probable s'étend entre 3 millions d'années et 13 000 ans ; la dépression creusée s'est ensuite recouverte de glace.





Modèle d'évolution de la fonte de la calotte polaire à cause de l'impact de l'astéroïde.

Dispersion progressive de l'eau douce vers la mer, puis l'océan.

La distance de Mars

De Cassini 1672
à Sadr 2018...

Lionel

Il y a 346 ans, Jean-Dominique Cassini et Jean Richer parvenaient à mesurer la distance Terre-Mars en utilisant la parallaxe de la planète rouge. D'un seul coup, la taille du système solaire a gagné un facteur 20. A l'époque on ne connaissait le système solaire que de manière qualitative, avec une échelle basée sur l'unité astronomique (UA), la distance Terre-Soleil, qu'on estimait à seulement 7 millions de km depuis l'époque de Ptolémée. Les distances des planètes autour du Soleil étaient toutes connues en fonction de cette valeur très largement sous-estimée : pour Johannes Kepler, l'unité astronomique était au moins 3 fois plus grande. Grâce à l'expédition de Jean Richer à Cayenne en 1672, la distance entre la Terre et Mars a pu être déterminée en kilomètres, mais les calculs controversés de Cassini à l'époque n'ont pas donné à ces résultats la portée historique qu'ils auraient méritée. A l'image de ce qu'ont réalisé Jean-Dominique Cassini et Jean Richer, il y a 372 ans, l'Observatoire Sadr a profité de l'opposition de Mars de 2018 pour reproduire l'expérience qui a redonné au système solaire une taille plus proche de la vérité.

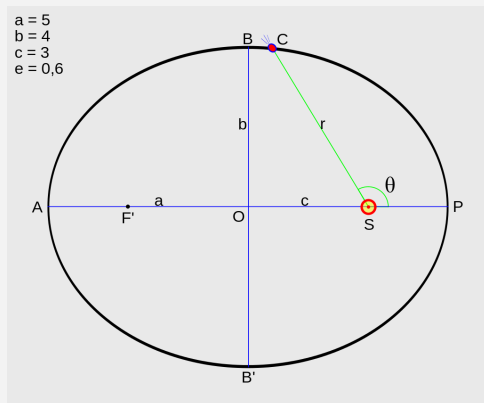
Jean-Dominique Cassini et Jean Richer : l'expédition à Cayenne de 1672

Grâce à la première loi de Kepler (1608), on sait que les orbites des planètes sont des ellipses et non des cercles. Grâce à la troisième loi de Kepler (1618), on connaît toutes les distances des planètes les unes par rapport aux autres, en fonction d'une distance de référence : la distance Terre-Soleil ou unité astronomique. Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter et Saturne se trouvent respectivement à 0,4 – 0,7 – 1 – 1,5 – 5,2 et 9,5 UA du Soleil. Ces positions, correctes, ne sont malheureusement que relatives, elles dépendent de la valeur de l'unité astronomique qui n'est pas connue avec précision. C'est l'expédition de Jean Richer à Cayenne en 1672 qui va tout changer. A l'occasion de l'opposition de Mars en 1672, Cassini profite de la corrélation de deux événements pour déterminer la valeur de l'unité astronomique : Mars est proche de l'opposition (distance la plus proche à la Terre) et elle se trouve également proche de son périhélie (sa distance minimum au Soleil), qu'on sait égale à $3/8^e$ de cette fameuse unité astronomique. La distance entre la

Les lois de Kepler

1^{ère} loi : la loi des orbites

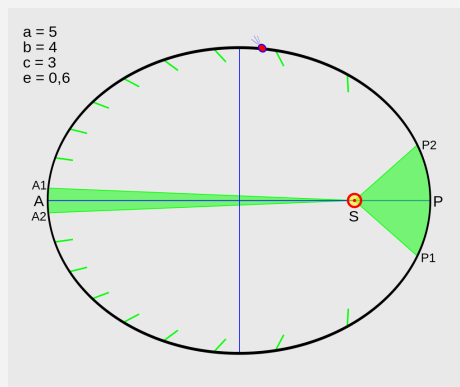
Les planètes du système solaire décrivent des trajectoires elliptiques, dont le Soleil occupe l'un des foyers.



Johannes Kepler (1723 - 1788)

2^e loi : la loi des aires

Le rayon vecteur qui relie la planète au Soleil balaie des aires égales dans des temps égaux.



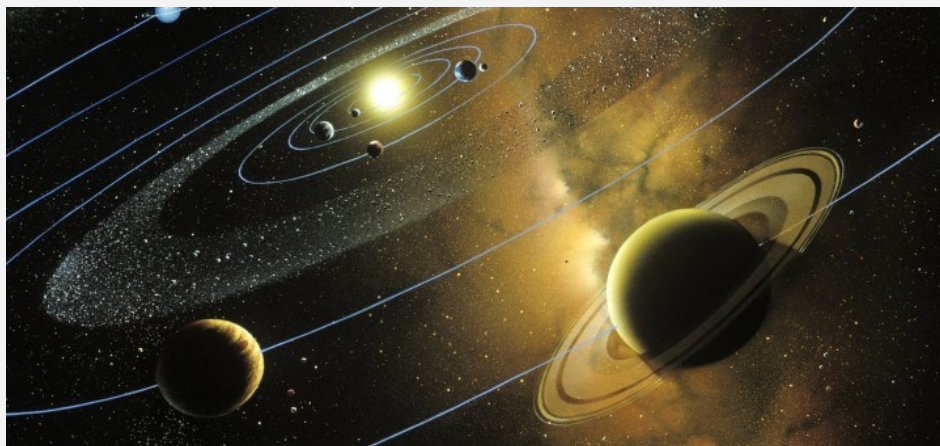
Les zones en vert ont des aires égales.

Conséquence : une planète va plus vite sur son orbite lorsqu'elle passe au plus près du Soleil.

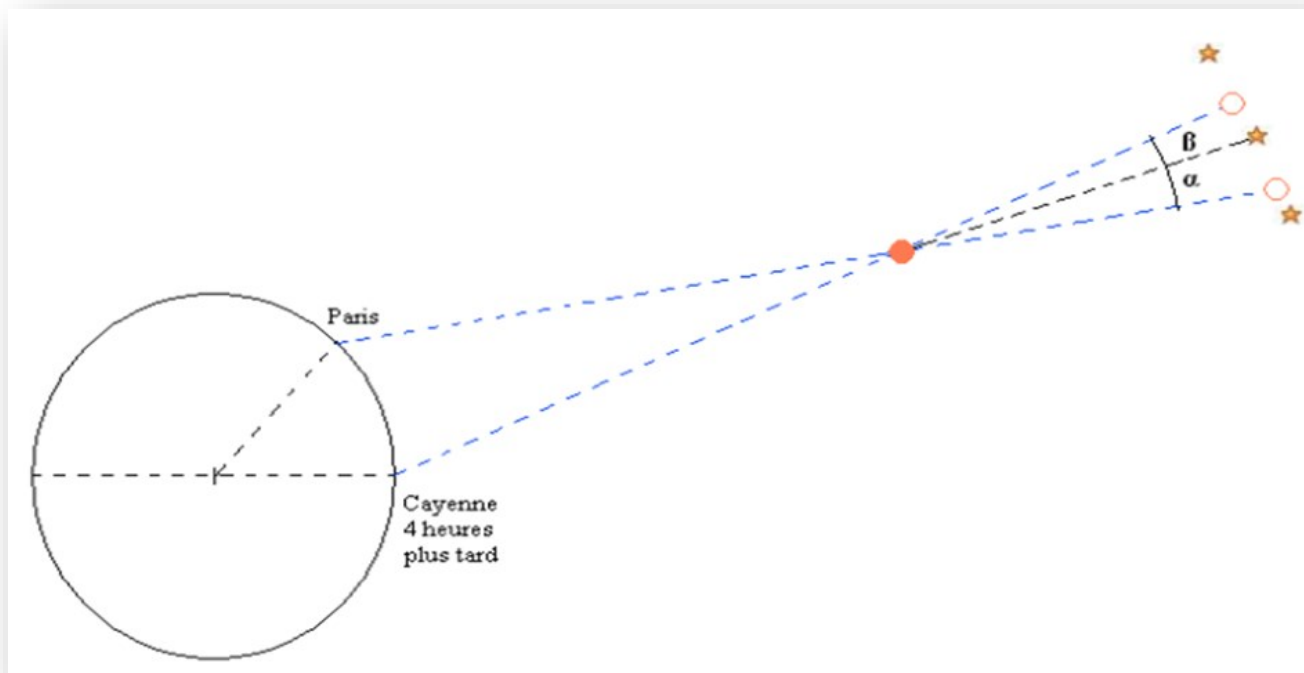
La Terre
vitesse minimale : 105 500 km/h
vitesse maximale : 109 000 km/h

3^e loi : la loi des périodes

Le carré de la période sidérale P d'une planète est proportionnel au cube du demi-grand axe de son orbite.



| Planète | Vitesse moyenne |
|---------|-----------------|
| Mercure | 170 500 km/h |
| Vénus | 126 000 km/h |
| Terre | 108 000 km/h |
| Mars | 86 400 km/h |
| Jupiter | 46 800 km/h |
| Saturne | 34 500 km/h |
| Uranus | 24 500 km/h |
| Neptune | 19 400 km/h |

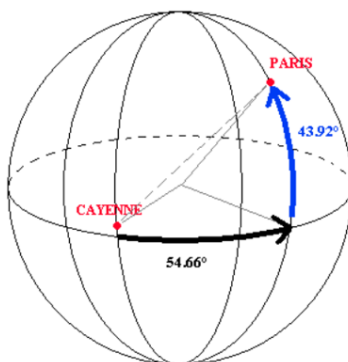


Terre et Mars va pouvoir être déterminée pour la première fois en kilomètres à l'occasion de cette opposition et donner ainsi une valeur à l'unité astronomique : la distance Terre-Soleil. Par une méthode de triangulation, la parallaxe de Mars peut être mesurée précisément.

L'idée semble simple, a priori. En réalité la base du triangle (la corde entre Paris et Cayenne) n'est pas toujours « idéalement orientée ». Pour que les calculs soient simples, cette base doit être perpendiculaire au segment Terre-Mars.

Mais Paris et Cayenne ne se trouvent pas à la même latitude, ni même à la même longitude, et la Terre tourne : heure après heure, la corde change d'orientation.

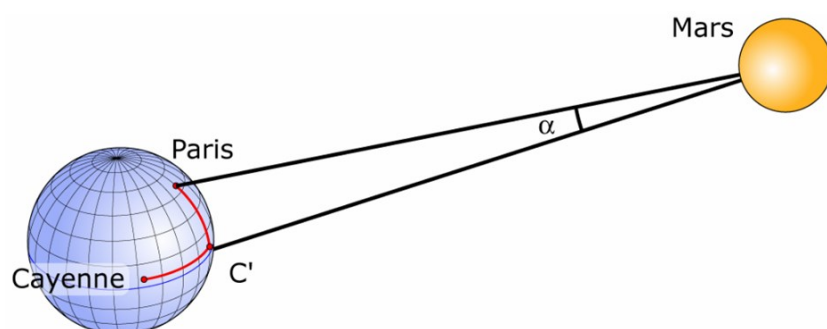
A l'époque, on est capable de mesurer des latitudes, mais on n'a pas de méthode fiable pour mesurer les longitudes. Un prix est d'ailleurs offert par la Royal Society britannique à celui qui fournira une méthode précise de mesure des longitudes. Les pendules ne sont pas capables de garder le temps de manière précise encore moins en mer, sur un navire et dans un environnement humide et salé. L'autre méthode est d'observer un phénomène astronomique depuis 2 points à la surface de la Terre et de mesurer l'heure de l'évènement.



Jean Richer arrive en Guyane le 22 avril 1762. Le 7 septembre 1672, une éclipse de Lune est observée par Jean-Dominique Cassini à 5 h 15 min 40 s, et Jean Richer à Cayenne à 1 h 47 min 12 s, soit un écart de 3 h 28 min 28 s (dans son « Recueil d'observations », Cassini a noté l'éclipse de Lune en question le 7 novembre 1672). Une conjonction entre Io et Jupiter est observée à 0 h 43 min 3 s à Paris et à 21 h 16 min 30 s à Cayenne, soit un écart de 3 h 26 min 27 s. En mesurant les

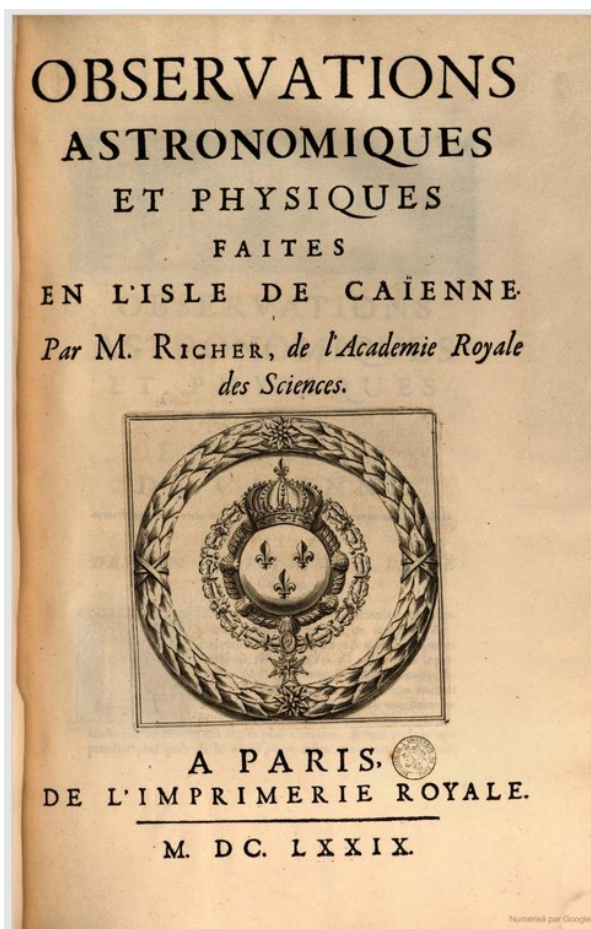
passages du Soleil au méridien lors de l'équinoxe d'automne de 1672 et de celle du printemps de 1673, l'écart vaut 3 h 42 min. Toutes ces mesures donnent à Cassini une moyenne de 3 h 39 min avec une incertitude de l'ordre de 10 min.

Pour simplifier le problème, l'idée de Cassini est de faire une première mesure depuis Paris et d'attendre



que la Terre tourne pour que Cayenne se trouve sur ce même méridien et renouveler la mesure. Mais l'angle entre les méridiens de Paris et Cayenne n'est pas connu avec précision. On ne sait pas exactement combien de temps il faut attendre : environ 3 h 30 min à quelques minutes près. D'autre part, comment synchroniser les mesures et respecter ces 3 h 30 min à une époque où le téléphone n'existe pas ? Et comment tenir compte du fait que, pendant ce temps, la Terre et Mars se sont déplacés autour du Soleil, la planète rouge s'est donc déplacée dans le ciel, la parallaxe s'en trouvera inévitablement faussée...

Pour synchroniser les deux mesures sans connaître précisément l'angle entre les méridiens de Paris et de Cayenne, Cassini a l'idée d'effectuer les observations au moment du passage de



Mars au méridien, lorsque Mars est au plus haut dans le ciel. Mars passe alors au point cardinal sud. La mesure de la parallaxe au moment du passage au méridien permet de s'affranchir d'un horaire difficile à déterminer.

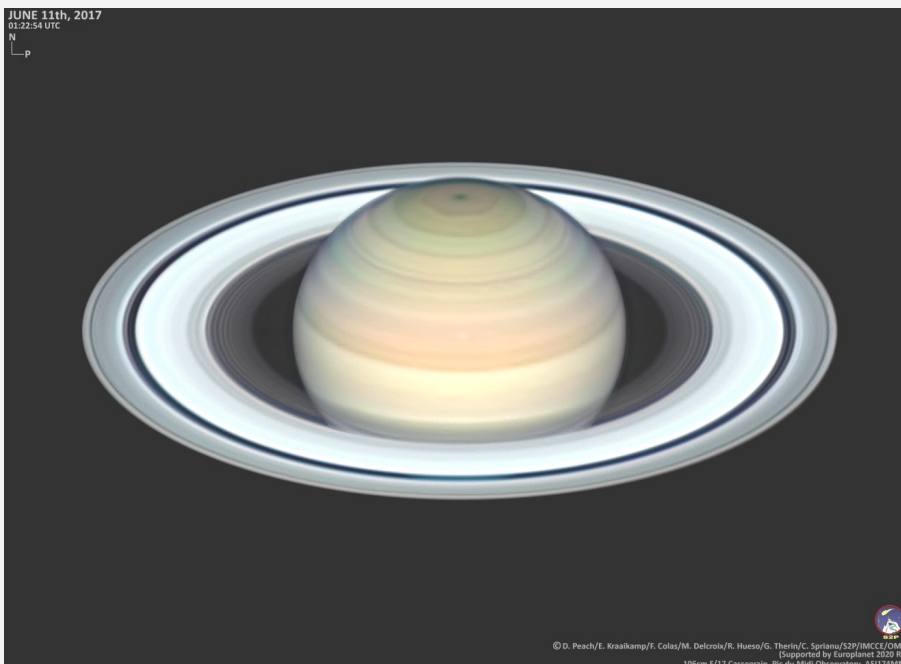
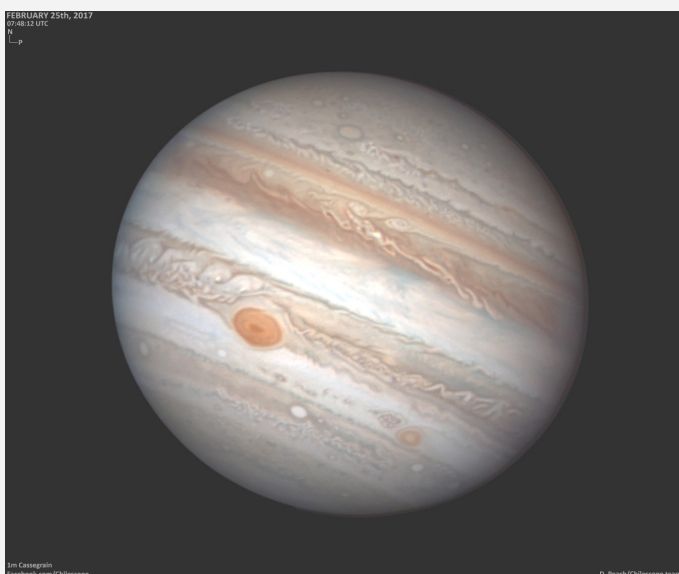
En ce début du mois de septembre 1672, Jean-Dominique Cassini observe le passage de Mars au méridien de Paris : la planète se trouve près de l'étoile Ψ^1 de la constellation du Verseau. 3 h 29 min plus tard, Mars passe au méridien de Cayenne, pour Jean Richer Mars se trouve également près de cette même étoile, mais avec un angle d'une valeur légèrement différente. En théorie, la mesure de la hauteur seule de Mars dans le ciel pourrait suffire mais alors il faudrait tenir compte des effets de la réfraction atmosphérique, qui agit différemment sur la



La réfraction atmosphérique dévie la trajectoire de la lumière, les astres proches de l'horizon nous apparaissent plus haut dans le ciel qu'ils ne le sont en réalité. La lune paraît donc aplatie à son lever.

Jean-Dominique Cassini

Cassini I^{er} est un astronome savoyard naturalisé français en 1673. Il arrive en France en 1669, répondant ainsi à l'appel de Colbert. A la demande de Louis XIV, il dirige l'observatoire de Paris de 1671 à 1712. Il découvre la grande tache rouge de Jupiter en 1665 et, poursuivant ses observations, il détermine la vitesse de rotation de Jupiter. Il est même le premier à observer la rotation différentielle dans l'atmosphère de Jupiter.

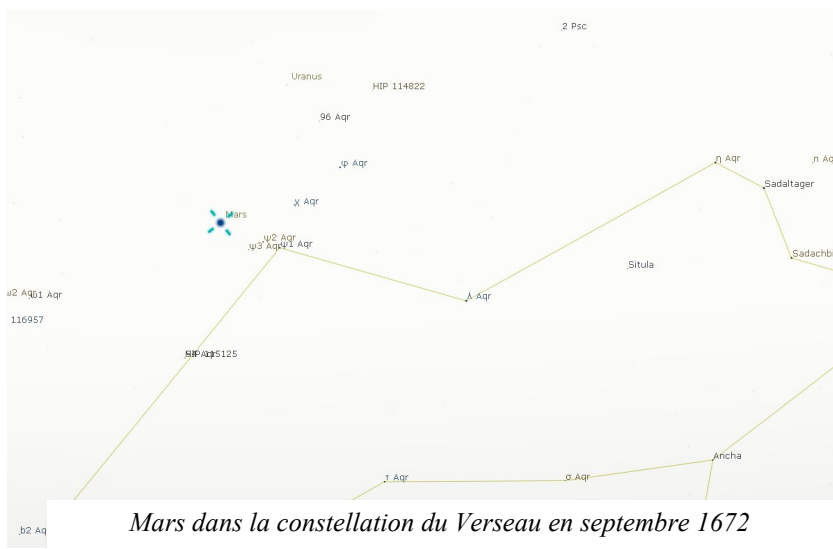


Cassini (1625 - 1712)

Il détermine également les vitesses de rotation de Mars et Vénus. Autour de Saturne, il découvre 4 nouveaux satellites, Japet en 1671, Rhéa en 1672, Téthys et Dioné en 1684. En 1675, il observe une division dans les anneaux de Saturne qui porte désormais son nom. A la suite de l'expédition de Jean Richer en Guyane, il détermine la parallaxe de Mars et la distance de la Terre au Soleil en 1673. Il participe également à la découverte de la variation d'intensité de la pesanteur en fonction de la latitude. Les voyages ultérieurs de Maupertuis en Laponie et de Bouguer et La Condamine en Equateur apporteront un point final à l'étude en 1736.

Jupiter : T1m Chile Scope
Saturne : T1m Pic du Midi

Damian Peach



$14'' \pm 3''$. Ce résultat indique que, vu de Mars, la distance entre Paris et Cayenne se voit sous un angle d'environ $14''$.

Par définition, la parallaxe de Mars est l'angle sous lequel on voit le rayon de la Terre depuis la planète rouge, par une simple règle de trois on trouve que la parallaxe vaut alors $24'' \pm 5''$.

Cette valeur indique que Mars se trouve à une distance de 8600 rayons terrestres de la Terre ($1/\text{tg } 24''$), soit 55 millions de km. Cassini a parlé de cette expérience dans son livre « Recueil d'observations » mais ses calculs détaillés n'ont pas été conservés, c'est probablement pour cette raison qu'ils ont été controversés.

En poursuivant les calculs, sachant que Mars se trouvait à ce moment à $3/8^\circ$ d'unité astronomique de la Terre, on trouve directement que l'unité astronomique vaut 23000 R. Mais à l'époque, Cassini donne la valeur du rayon terrestre en lieues : $R = 1500$ lieues. Or en France, il existe presque autant de définitions pour la lieue qu'il y a de régions et il n'a pas précisé laquelle a été utilisée. De plus, pour le calcul de l'unité astronomique, il n'utilise que les dernières valeurs de l'angle α , égales à $15''$, plutôt que les $14''$ calculé sur l'ensemble des mesures, ce qui ramène la distance Terre-Soleil à 140 millions de km. Ces incertitudes font que cette expédition de Jean Richer en Guyane et les résultats de l'expérience n'ont pas eu la notoriété qu'ils auraient méritée.

Johannes Kepler avait donc raison en affirmant que la valeur de l'unité astronomique de Ptolémée était sous-estimée, mais pas d'un facteur 3 comme il le pensait, le système solaire gagne d'un seul coup un facteur 20 !

position de Mars dans le ciel de Paris (assez basse sur l'horizon) et dans celui de Cayenne (bien plus haute). Cette différence, induite par la réfraction est très supérieure à la précision des instruments et elle n'est pas facilement mesurable. Il est donc préférable de mesurer une différence de position par rapport à une étoile proche, affectée elle aussi de la même manière des effets de la réfraction. La mesure est ainsi répétée le lendemain, ce qui permet d'estimer le déplacement de la planète rouge dans le ciel d'un jour à l'autre. Cassini constate alors que la déclinaison de Mars diminue de $15''$ toutes les 24 h, soit $2''$ en 3 h 29 min. Finalement la différence d'angle est égale à l'écart entre les deux mesures, corrigée du déplacement de Mars dans le ciel. Cassini et Richer répètent les mesures et les calculs pendant plusieurs jours, les valeurs varient entre $13''$ et $17''$ alors que la distance entre la Terre et Mars n'a pas sensiblement changé et vaut toujours $3/8^\circ$ d'unité astronomique. L'ensemble des mesures permet à Cassini de conclure que la parallaxe de Mars vaut

Jean Richer

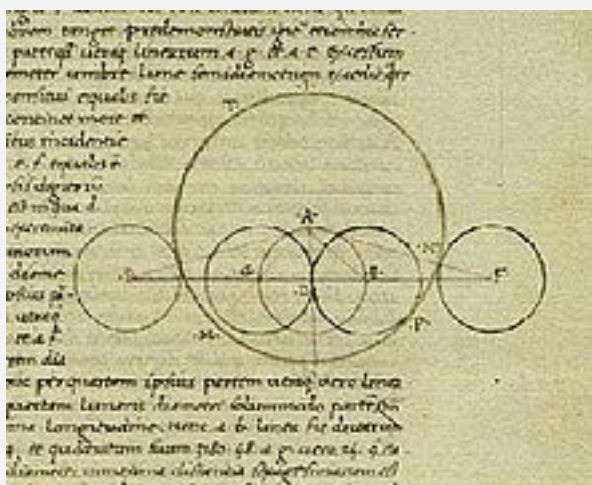
En plus des observations de Mars pendant l'opposition de la planète rouge en 1672, il fait des mesures sur les pendules lors de son expédition en Amérique du sud. Il observe qu'un pendule bat plus lentement à Cayenne qu'à Paris. Il confirme en cela l'hypothèse de Christiaan Huygens sur le fait que, sur Terre, la pesanteur est plus faible à l'équateur qu'aux pôles à cause de la force centrifuge.



Jean Richer (1630 - 1696)

Claude Ptolémée

Ptolémée est un astronome, mathématicien et astrologue grec qui a vécu à Alexandrie. Il a aussi compilé les connaissances à l'époque de l'empire romain en matière de géographie. Une œuvre majeure dans sa vie dans laquelle il reprend les calculs d'Ératosthène et Hipparque. C'est Posidonius qui réévalue la taille de la Terre à 180 000 stades de circonférence (33 345 km), à la place des 250 000 stades (39 375 km) déterminées par Ératosthène. Cette taille réduite de la planète Terre a peut-être contribué au fait que, lors de son expédition aux Indes, Christophe Colomb se croyait déjà arrivé alors qu'il venait de découvrir un tout nouveau continent...



Les tables astronomiques, qui regroupent les observations des astronomes grecs tels qu'Eudoxe de Cnide et Hipparque et les siennes couvrent une période de près de neuf siècles. Ptolémée y ajoutera un manuel d'utilisation de ces tables, « les tables faciles », pour effectuer des calculs d'éphémérides de positions des astres et d'éclipses. Ce catalogue de 1022 étoiles, regroupées en 48 constellations, restera une référence pendant de nombreux siècles. En revanche, le système géocentrique du système solaire commencera à être remis sérieusement en question avec l'arrivée d'instruments d'observation toujours plus perfectionnés. Le système géocentrique fait lentement place au système héliocentrique avec Copernic, Galilée et Kepler. Mais l'église reste réticente, le géocentrisme n'est officiellement abandonné qu'avec le pape Benoît XIV vers 1750.



Claude Ptolémée (90 - 168)

Mais Ptolémée est surtout connu pour son ouvrage sur l'astronomie : l'Almageste, la Grande Composition. C'est le seul ouvrage antique complet qui nous soit parvenu. Il regroupe l'ensemble des connaissances les plus avancées de l'Antiquité en mathématiques et en astronomie. Son titre original était d'ailleurs : Composition mathématique. On y trouve une théorie géocentrique du système solaire, toutes les planètes, la Lune et le Soleil, tournent autour de la Terre. Ptolémée a complété cette théorie des épicycles en y ajoutant la notion d'équant.

Schema huius præmissæ diuisionis Sphærarum .



Le Grand nuage de Magellan

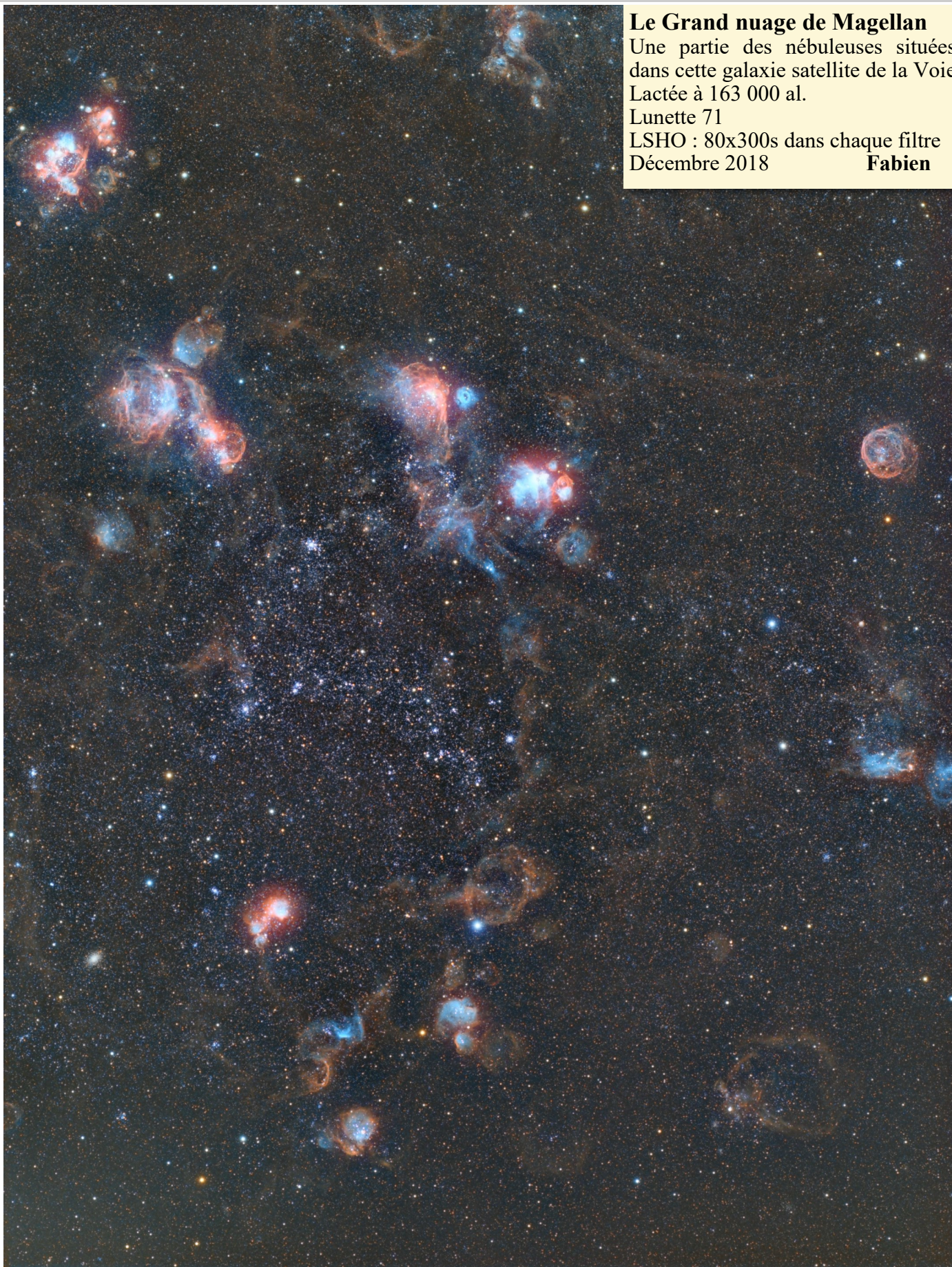
Une partie des nébuleuses situées dans cette galaxie satellite de la Voie Lactée à 163 000 al.

Lunette 71

LSHO : 80x300s dans chaque filtre

Décembre 2018

Fabien





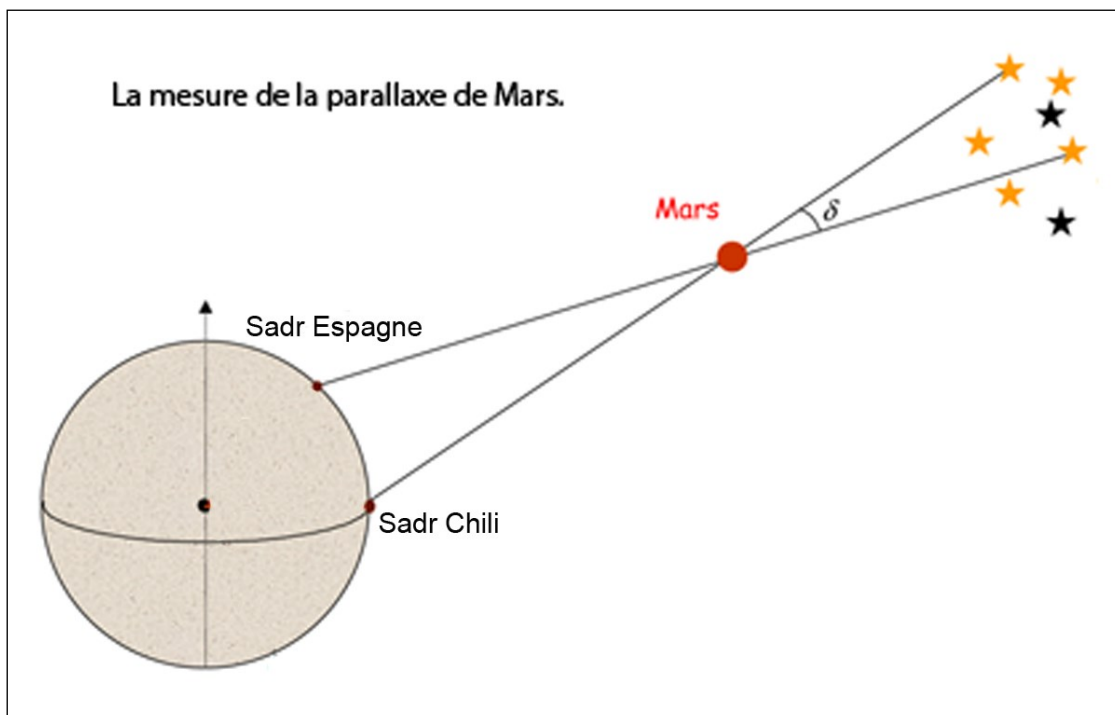
La distance de Mars

Sadr 2018...

Sadr Espagne et Sadr Chili : 2018

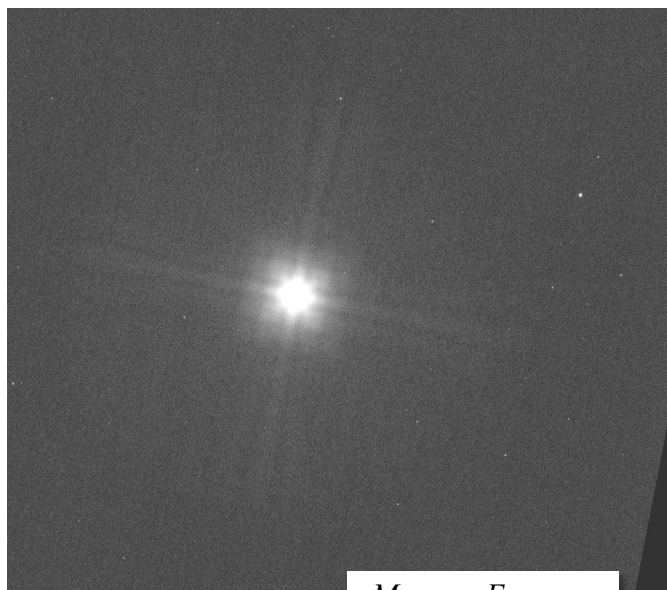
Le 1 août 2018, 346 ans après l'expédition de Jean Richer en Guyane, Mars est à nouveau en opposition : certains des membres de Sadr répètent l'expérience. Avec la technologie, il est maintenant aisé de synchroniser les observations pour des acquisitions conjointes

depuis 2 points à la surface de la Terre. Coïncidence, l'association Sadr dispose d'un point d'observation en Amérique du Sud, tout comme à l'époque de Cassini ; il n'est pas situé en Guyane mais au Chili. Quant à l'autre, il n'est pas en France mais en Espagne.





Mars au Chili



Mars en Espagne

Contrairement à Cassini et Richer qui ne pouvaient pas faire d'observation simultanée du phénomène (ils devaient effectuer leurs relevés lors du passage de Mars au méridien local) les moyens modernes de communication nous permettent de synchroniser les observations et de faire des photos simultanément depuis le

Chili et l'Espagne... encore faut-il qu'il fasse nuit en même temps sur les deux installations !

Pour maximiser les chances de réaliser l'expérience, nous décidons de répéter l'opération durant plusieurs nuits autour de la date de passage de Mars à l'opposition : le 27 juillet 2018.



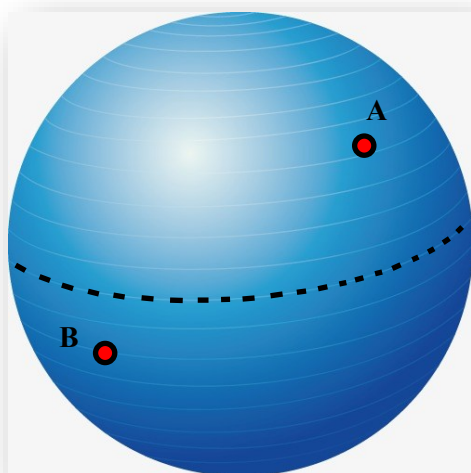
En superposant la planète Mars sur les deux images, toutes les étoiles semblent être dédoublées. Le décalage angulaire apparent est justement l'angle cherché.

Nous élaborons un protocole pour les mesures :

- réglage des différents instruments (temps de poses, filtres, nombre de poses).
- réglages des montures (autoguidage sur une étoile choisie manuellement).
- réglages des logiciels d'acquisitions (autofocus sur les étoiles en sortant la planète du champ car elle fausserait la mise au point).

Les 26 juillet et 1^{er} août 2018, la planète Mars est visible en même temps dans le ciel de l'Espagne et celui du Chili. Les images sont prises simultanément : il est 2h 55 en Espagne et 20h 55 au Chili. La superposition des images (centrées sur la planète) montre un décalage pour toutes les étoiles : c'est l'angle recherché. Les mesures indiquent un décalage apparent de 32,58'' et 32,45'' respectivement le 26 juillet et le 1^{er} août. La première partie de l'expérience est maintenant terminée, il ne reste plus qu'à exploiter les résultats pour voir si on retrouve la distance entre la Terre et la planète Mars.

Dans notre expérience, les points d'observation sont bien plus éloignés que dans le cas du voyage de Jean Richer à Cayenne puisqu'à cette époque, Cassini et Richer ont même attendu que Cayenne soit sur le même méridien que Paris pour effectuer les mesures ce qui a encore réduit la base servant aux mesures. Dans notre expérience, avec une base plus grande, l'angle à mesurer est également plus grand et la précision des mesures est bien meilleure grâce à toute notre technologie : caméras CCD, logiciels d'astrométrie...



Sadr Espagne (point A) et Sadr Chili (point B)

Longueur de la base

A partir des coordonnées GPS de nos installations en Espagne et au Chili (longitude λ et latitude φ), on commence par déterminer la distance qui les sépare puis la longueur de la corde qui les relie.

$$\text{Espagne} \quad \lambda_A = -6,6275^\circ \quad \varphi_A = 38,21558^\circ$$

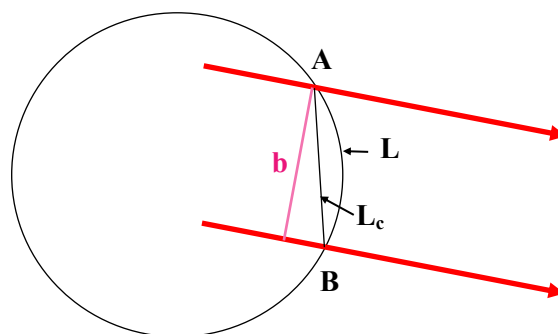
$$\text{Chili} \quad \lambda_B = -70,79639^\circ \quad \varphi_B = -30,53361^\circ$$

On calcule la distance entre les installations, à la surface de la Terre : cette distance s'appelle la distance orthodromique, qui est la longueur d'un arc de cercle entre deux points : $L = 10124 \text{ km}$.

La longueur de la corde qui les relie est alors :

$$L_c = 9094 \text{ km}$$

Mais cette corde n'est pas, a priori, perpendiculaire à la ligne de visée Terre-Mars ; il faut donc calculer, pour l'heure d'observation donnée, la projection de cette corde sur un axe perpendiculaire au segment Terre-Mars.



Tous calculs faits, la longueur de la base qui a engendré le décalage de Mars parmi les étoiles vaut :

$$b = 8973 \text{ km}$$

Distance de Mars

En combinant le décalage angulaire de 32,45'' du 1^{er} août avec la base de 8973 km pour le triangle isocèle, on détermine un éloignement de la planète Mars de 57 millions de km. La valeur donnée par Stellarium pour cette date est de 57,6 millions de km. Notre expérience est donc plutôt réussie...

La parallaxe de Mars

En poursuivant les calculs à la manière de Cassini en 1672, on trouve pour la parallaxe de la planète Mars une valeur de $23,07''$

(la parallaxe de Mars est l'angle sous lequel on voit le rayon de la Terre depuis la planète rouge, et pas seulement un segment entre 2 points sur Terre).

L'unité astronomique

Si 8973 km sont vus sous un angle de $32,45''$ alors les 6378 km du rayon terrestre sont vus sous un angle de $23,07''$: c'est la parallaxe de Mars au 1^{er} août 2018.

A partir de cette parallaxe, nous déduisons, tout comme Cassini, que la distance de Mars vaut 8940 R. Et si, comme à l'époque, on estime que lors de l'opposition de la planète rouge, la distance entre la Terre et Mars vaut $3/8^e$ d'unité astronomique, alors la valeur de l'unité astronomique vaut :

$$1 \text{ UA} = 23\,840 \text{ R} = 152 \text{ millions de km}$$

Pour rappel, l'UA est désormais une constante :
149 597 870 700 m



*Sadr Espagne
Lunette 120*

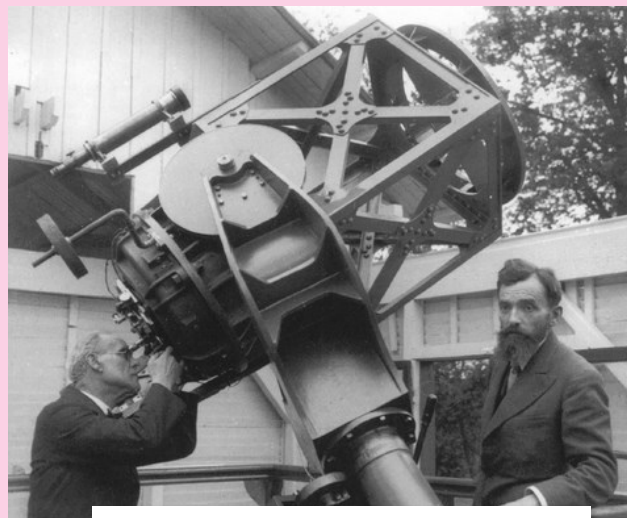


*Sadr Chili
Télescope 355*

C'est arrivé ce jour-là...

Février 1879, il y a 140 ans

Henri Chrétien est né le 1^{er} février 1879 à Paris. Après son certificat d'études il devient apprenti typographe. En 1894, il rencontre Camille Flammarion et devient son disciple, puis prépare son baccalauréat. Il poursuit ses études à la Faculté des Sciences de Paris où il obtient une licence en physique et en mathématiques et un diplôme d'ingénieur à l'Ecole Supérieure d'Electricité. Il est nommé assistant de Henri Deslandes à l'observatoire de Meudon puis, en 1906, il devient astronome adjoint à l'observatoire de Nice. Il est chargé de la création d'un service d'astrophysique et réalise les premières photos de spectres stellaires. Il conçoit également un spectrohéliographe. De 1908 à 1910, il visite les plus grands observatoires : Londres, Cambridge, Poulkovo, Potsdam, le Mont Wilson où il rencontre George Willis Ritchey. Pendant la première guerre mondiale, il travaille sur des instruments optiques : des viseurs pour les chars, il invente le cata-dioptré. Après la guerre, il participe à la création de SupOptique. En 1922, il travaille sur une nouvelle combinaison optique pour des télescopes basés sur des miroirs hyperboliques. La réalisation est con-

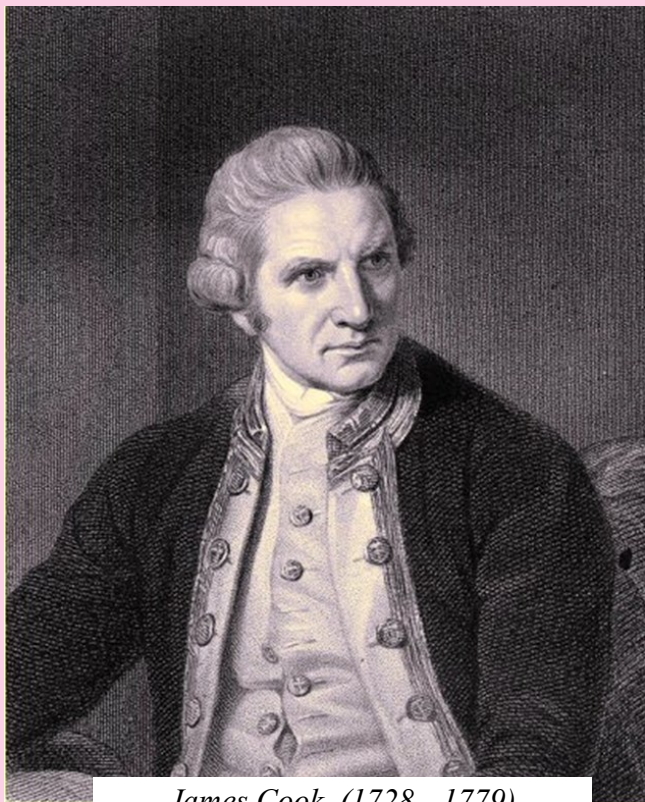


Henri Chrétien (1879 - 1956)

fiée à George Willis Ritchey, et le télescope issu de leurs travaux est depuis connu sous le nom de télescope Ritchey-Chrétien. C'est cette combinaison optique qui a été retenue pour le télescope spatial Hubble. En 1927, il présente une thèse sur les instruments d'optique et obtient un doctorat. Il est alors nommé maître de conférence à SupOptique. En 1952, la 20th Century Fox utilise son objectif anamorphoseur : le premier film tourné en Cinemascope à partir de l'invention de Henri Chrétien sort en 1953. Il reçoit pour cette invention un Oscar en 1954. En son hommage un cratère sur la Lune porte son nom, un astéroïde et un bâtiment de l'Observatoire de Nice également.

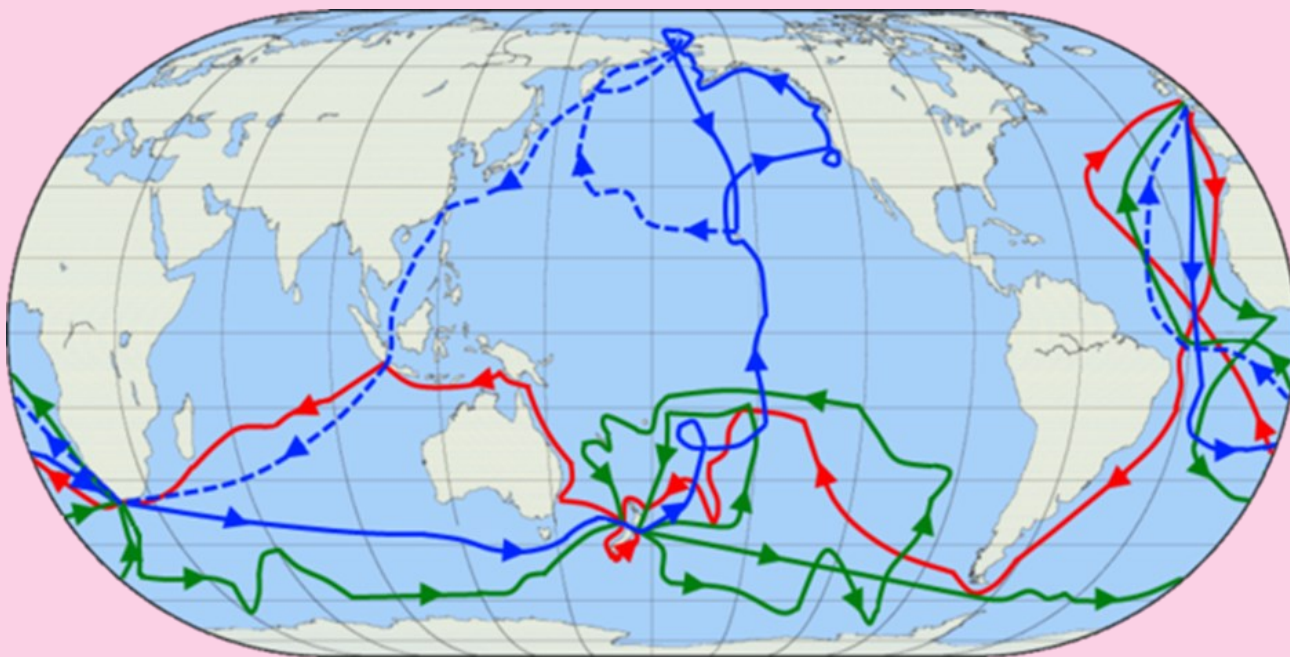


Février 1779, il y a 240 ans



James Cook (1728 - 1779)

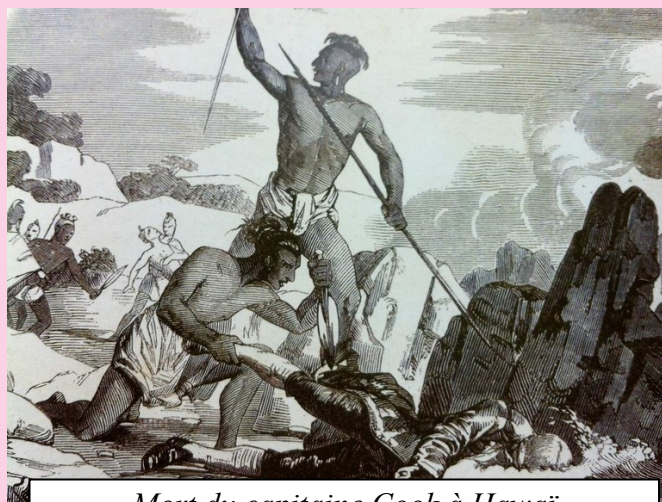
Le célèbre navigateur anglais, James Cook, est né le 28 octobre 1728. Il a sillonné la Terre et a mené les plus grandes explorations scientifiques, entre autres, l'astronomie. Lors de son premier voyage qu'il débute le 30 juillet 1768 à Londres, il se rend à Tahiti, qu'il atteint le 13 avril 1769. Avec lui dans l'expédition, un astronome anglais, Charles Green est chargé d'effectuer les observations du transit de Vénus devant le disque du Soleil le 3 juin. Pour l'occasion, un observatoire est construit au nord de l'île. Des télescopes de 60 cm de focale permettant un grossissement de 140 fois y sont installés. Lors du retour, il découvre des îles qu'il nomme « îles de la Société », en l'honneur de la Royal Society. Il passe par la Nouvelle-Zélande et mouille en Australie dans une baie qu'il nomme « Botany Bay ». Il prend possession des



Les 3 voyages : le premier en rouge, le deuxième en vert et le troisième en bleu.

côtes de la façade Est de l'Australie au nom de l'Angleterre, manque de peu de périr sur les récifs coralliens et revient à Londres le 11 juin 1771 ; il a perdu la moitié de son équipage dont l'astronome Charles Green qui est mort de dysenterie au mois de janvier. Lors de sa deuxième expédition vers le grand continent austral, il s'aventure vers l'Antarctique qu'il longe sur plus de 40° de longitude. Il ne trouve aucune terre et remonte vers le nord avec un équipage touché par le scorbut. Il visite l'île de Pâques, les Marquises, les Touamotou, Tahiti, les Tonga. Il découvre la Nouvelle-Calédonie, et retourne en Angleterre le 30 juillet 1775. Pour sa troisième expédition, il se rend à nouveau en Nouvelle-Zélande et à Tahiti. L'objectif assigné par la Royal Society est d'identifier une route qui passerait au nord du Canada, ce qu'on appelle le passage du nord-Ouest (Nord-Ouest par rapport au Royaume-Uni). En mars 1778, il atteint l'Amérique et longe l'Alaska. Il

franchit le détroit de Béring mais il est stoppé par la banquise le 18 août 1778. Il revient hiverner aux îles Sandwich (l'archipel d'Hawaï). Lors d'une querelle avec les indigènes, il est tué dans une rixe. Ses vaisseaux retournent en Angleterre par le Japon, l'océan Indien et arrivent à Londres le 4 octobre 1780.



Mort du capitaine Cook à Hawaï



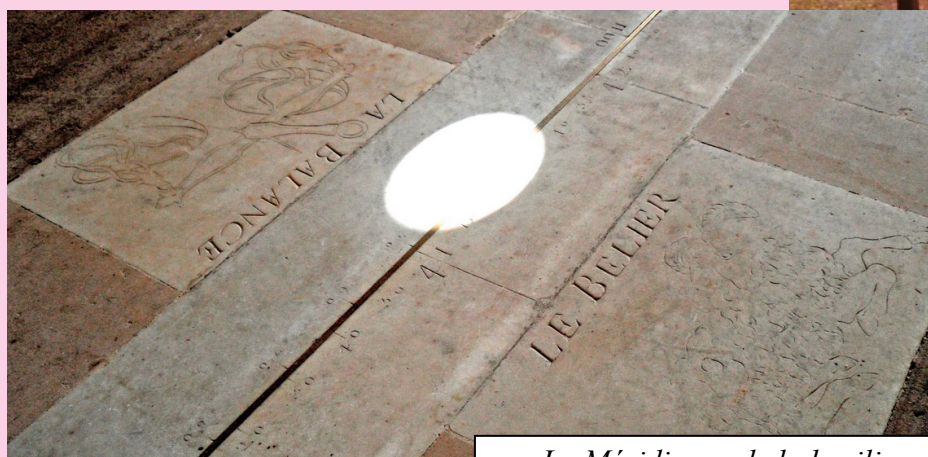
Les deux navires du capitaine Cook dans la baie de Matavai

Février 1739, il y a 280 ans

Eustachio Manfredi est né le 20 septembre 1674 à Bologne en Italie. Il fait de la poésie, du droit, des mathématiques. A la suite de Jean-Dominique Cassini qui, en 1655, réalise la Méridienne gnomonique de Bologne, il devient astronome pour s'en occuper. Avec ses frères et ses sœurs, il fait également construire un observatoire chez lui et ils observent le mouvement des astres. Il devient directeur de l'observatoire de l'Institut des Sciences de Bologne. Le 29 novembre 1707, il découvre la comète C/1707 W1. Le 9 novembre 1723, il observe le transit de Mercure devant le Soleil. Il est reçu par la Royal Society à Londres en 1729. A cette époque, les astronomes remarquent des écarts dans les positions des étoiles, entre les coordonnées et les positions observées. Eustachio Manfredi se lance dans l'étude de ce phénomène qui demande des mesures très précises. Un phénomène qu'on a attribué au déplacement de la Terre par rapport aux étoiles, mais cette hypothèse interdisait aux Italiens d'en faire l'étude puisque contraire au système géocentrique, seul encore autorisé à l'époque. C'est James Bradley qui a supposé que cette aberration était une combinaison du mouvement de la Terre et de la vitesse de la lumière découverte par Ole Romer et Cassini. Sans vraiment adopter cette théorie, Manfredi s'en est tout de même accommodé comme s'il l'acceptait. Eustachio Manfredi meurt le 15 février 1739.

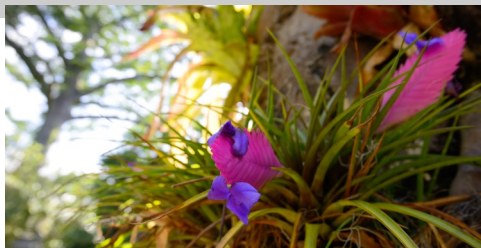


Eustachio Manfredi (1674 - 1739)



La Méridienne de la basilique San Petronio à Bologne

Les Îles aux étoiles



L'hiver approche sur Paris, alors hop !... il est temps de prendre la direction des Îles au Printemps Eternel, ainsi qu'on surnomme ces provinces espagnoles au large des côtes du Maroc, parce qu'il y fait autour de 24 degrés toute l'année.

Sept îles principales constituent l'archipel, chacune avec un paysage différent : de Lanzarote et Fuerteventura à l'Est, où l'on sent l'influence saharienne, à El Hierro et La Palma, à l'ouest, qui ont une ressemblance avec les Antilles.



Depuis Ténérife, un ATR72 de la Binter Canarias assure en 30 minutes la liaison vers La Palma. Le week end, la liaison est fréquentée par les équipes de foot dans un joyeux chassé-croisé pour le championnat entre les îles.

La Palma

C'est une île à trois dimensions : les volcans, surgis du fond de l'océan, ont façonné trois paysages. Au sud un paysage lunaire, au nord une forêt humide tropicale et la Caldera, un reste de supervolcan, avec sa forêt de résineux et son paysage montagneux.



Aux trois dimensions s'ajoute le temps : il faut environ une heure de voiture pour aller du nord au sud, une heure pour la traverser d'Est en Ouest en passant par l'impressionnant tunnel qui perce la montagne, et une heure pour rejoindre les sommets de la Caldera, là où l'Instituto Astrophisico Canarias a installé l'un de ses deux observatoires astronomiques.

L'île dispose en effet d'une des meilleures situations pour l'observation astronomique, avec Hawaii et le Chili. Les sommets sont balayés par un vent doux et régulier en provenance de l'océan, ce qui rend le ciel très stable.



Un mirador astronómico.

L'urbanisme est maîtrisé, et la population est amoureuse de son ciel. Dans chaque village, on trouve un « Mirador Astronómico », lieu aménagé au milieu des plantations de bananes et d'avocats, avec carte du ciel et éventuellement une petite coupole. A mon hôtel, il y avait aussi une coupole sur la plage, fréquentée la nuit par des touristes en maillot de bain !

Un autre facteur propice, c'est la disposition des nuages, qui forment assez régulièrement une mer de nuages tout autour des observatoires, et qui filtrent un peu la pollution lumineuse.



Ce jour-là, grosse pluie sur Santa Cruz de la Palma, on hésite à reporter à un autre jour notre ascension au sommet, tellement les nuages sont lourds et hauts dans le ciel.

Mais si l'on se fie à la webcam de l'IAC,

ciel clair au dessus des télescopes, alors on entreprend l'ascension de la route vertigineuse qui monte au Roque de Muchachos.

C'est là qu'on se rend compte que 2400 m d'altitude, c'est haut, et qu'il faut une voiture avec un gros moteur pour monter ! Notre VW Golf peine un peu...



Salinas de Fuencaliente.

El Roque de Muchachos...

Vers 2000 m, on traverse la couche nuageuse, et là, c'est une ambiance magique qui vous surprend, comme ces arcs-en-ciel blancs, phénomènes irréels, qui se forment à la surface de la mer de nuages.



On pense, d'après les gravures retrouvées dans les pierres, qu'il y a des milliers d'années, les habitants de l'île venaient déjà vénérer le ciel à cet endroit.

A l'époque espagnole, les Canaries étaient une escale obligée pour les galions de retour des Amériques et lourdement chargés. Le nom du lieu « Roque de Muchachos » fait référence aux garnisons qui y étaient postées pour bénéficier



d'une vue à 360° sur une large portion de l'océan, et prévenir de l'arrivée éventuelle de navires hosties.



L'institut d'Astrophysique des Canaries a installé deux observatoires dans l'archipel. Celui de la Palma, est spécialisé dans le ciel profond, car c'est l'île qui a le ciel le plus noir. Le second observatoire, installé à Ténérife est plus spécialisé dans l'observation du soleil.

En arrivant sur le site, on distingue d'abord les télescopes Magic I et Magic II, à ciel ouvert. Il n'y a pas de coupole parce qu'ils sont dédiés à l'imagerie des rayons gamma. Les deux miroirs de 17m fonctionnent en duo, pour mettre en évidence les gerbes de lumière que les particules émettent par effet Cherenkov en pénétrant l'atmosphère.



Cabane de berger devant les télescopes.

Le LST...

Juste à côté, a été construit en 2015 un autre télescope Cherenkov de 23 m. Il s'agit du premier exemplaire d'une série de plus de 100 télescopes qui doivent être installés à la Palma et au Chili pour former le Cherenkov Telescope Array (CTA, www.cta-observatory.org).

C'est un énorme projet international qui a l'ambition de percer les secrets de la matière en observant les particules cosmiques relativistes, et leurs différentes sources d'émission.

L'installation des autres télescopes est prévue en 2020, pour des premières observations en 2022.



Vue des différents télescopes du CTA, prévus sur le site de La Palma

Le GTC...

L'autre télescope majeur à La Palma, c'est le GTC (Gran Telescopio Canarias).

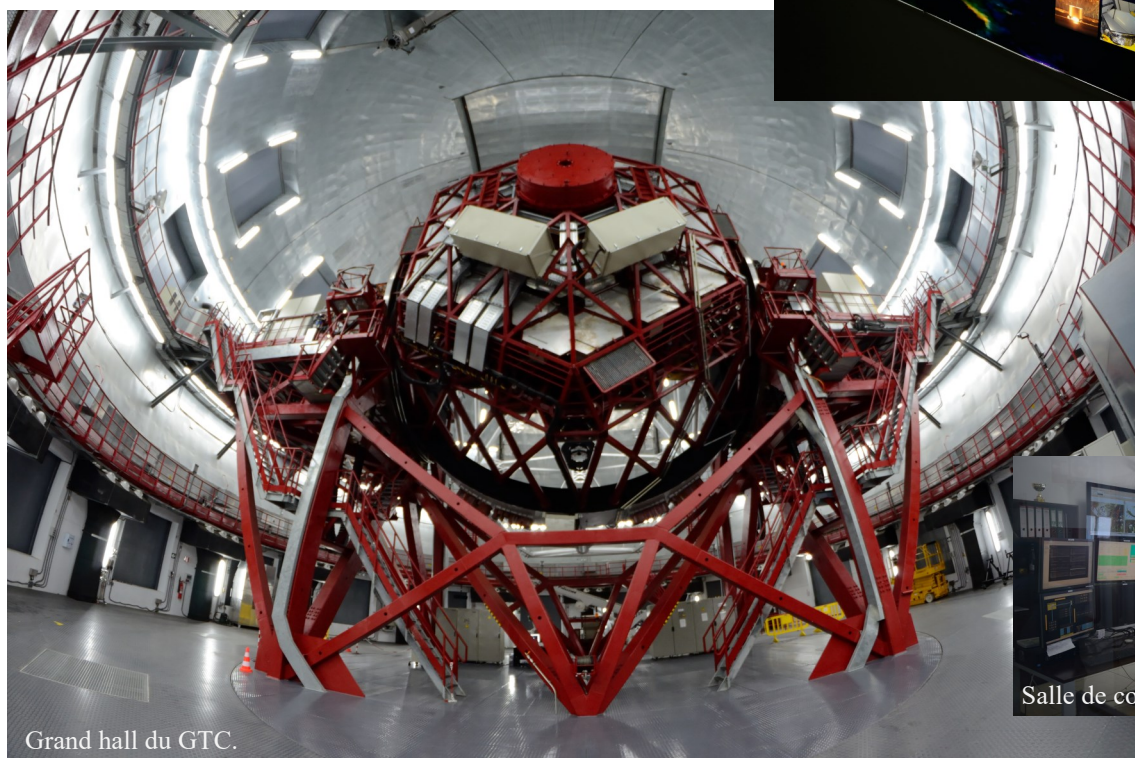
Il porte bien son nom, puisque c'est, à ce jour, le plus grand télescope optique du monde avec un miroir de 10,4 m, mis en service en 2009.

Le miroir est en réalité constitué de 36 miroirs de 1,9 m, fabriqués par la société Française REOSC.

Chaque miroir est piloté individuellement, à haute fréquence, pour former une surface parfaite, au micromètre près, de 75 m², et que l'on nettoie à l'aide d'un jet de neige carbonique pour éviter d'y toucher.

Le géant est mu par une monture ALT-AZ. Pour la rotation de l'axe AZ, une solution originale a été réalisée, puisque c'est l'ensemble de la structure qui flotte sur une piscine remplie d'huile, que l'on fait tourner.

Au-delà de ses résultats scientifiques, ce télescope est surtout le fer de lance d'un projet politique de l'Espagne : celui d'inspirer sa jeunesse et de créer, pour le pays, toute une filière scientifique (universités, chercheurs, laboratoires) dans le domaine de la physique et de l'astrophysique.



Salle de contrôle.

Grand hall du GTC.

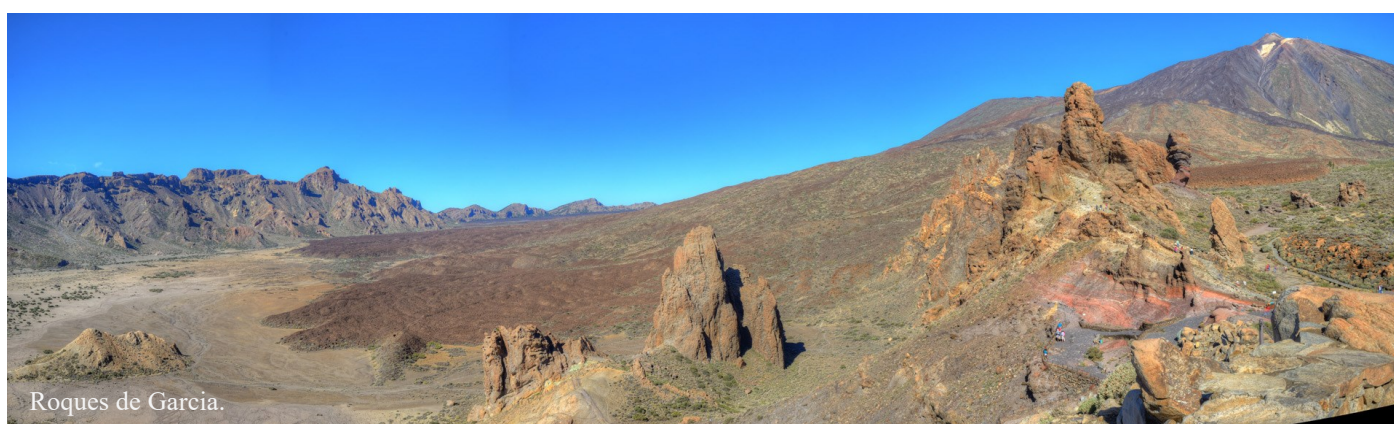
Tenerife

Retour dans l'ATR72 de Binter Canarias pour Ténérife.

Autre ambiance : urbanisme galopant et tourisme de masse...

...mais encore une fois, le meilleur de l'île se cache au dessus des nuages...

Le Parc du Teide...



Roques de Garcia.

Perchée entre 2000 et 2500 m d'altitude, cette gigantesque caldera a été déclarée parc national d'Espagne en 1954, et inscrite au patrimoine mondial de l'Unesco depuis 2007. Il s'agit aujourd'hui d'un des parcs naturels les plus visités au monde.

Le parc est dominé par le Pic du Teide, le plus haut sommet d'Espagne (3715 m), et l'un des trois plus gros volcans au monde.

De ses flancs, le super volcan a déversé des coulées de lave d'une variété incroyable de couleurs.

A d'autres endroits, ce sont des étendues de cendre volcanique, de couleur vert-pâle, qui forment des plages surréalistes... on se croirait sur une autre planète.

On a du mal à s'habituer à ce qu'il fasse froid alors qu'il y a une heure à peine, on était au bord de la plage.

Le temps d'enfiler une polaire, il faut reprendre la route qui traverse le parc, si l'on veut arriver à l'heure pour la visite du deuxième observatoire de l'IAC aux Canaries, installé dans la partie nord-est.

El Roque Cinchado...

Ce rocher, à l'équilibre improbable, ciselé par les vents, est le symbole emblématique du parc.

Il s'agit d'une ancienne cheminée volcanique qui s'est solidifiée à la fin d'une éruption et qui a été ensuite délogée par l'érosion.



Roque Cinchado.



L'observatoire du Teide...

L'Institut d'Astrophysique des Canaries est installé à Ténérife depuis 1964.

Il s'agit d'un des plus grands observatoires internationaux qui s'est installé sur l'île de la Palma, pour les observations du ciel profond, car le site de Roque de Muchachos y bénéficie de meilleures conditions.

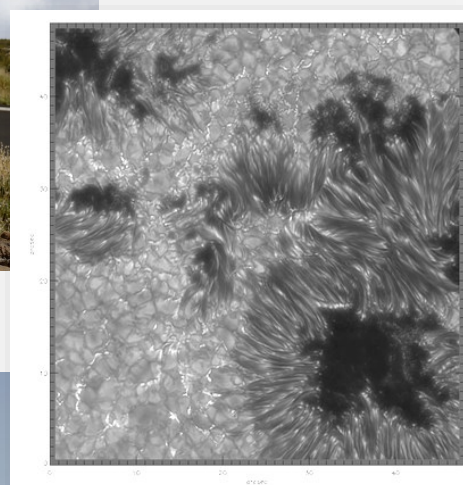
Le site de Ténérife, lui, se spécialise plus dans l'observation solaire, comme on peut le déduire des grandes tours blanches caractéristiques de ce type de télescope. La peinture blanche permet de limiter la turbulence autour du télescope. De même, leur hauteur d'au moins 5 m permet d'éviter l'influence de l'effet de sol.

Parmi ces tours, le Vacuum Tower Telescope (VTT), du Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik (Allemagne) a un miroir primaire de 70 cm placé au fond d'une colonne, dans laquelle on a fait le vide, et qui s'élève à 28 m au dessus du sol, et encore 10 m en profondeur, pour offrir une focale de 46 m. Combiné avec une optique adaptative, le télescope permet d'observer des détails très fins sur la surface du soleil.

Le télescope Gregor (Allemagne) est encore plus puissant, avec son miroir primaire de 1,5 m. Installé en 2012, c'est le 3^e plus gros télescope solaire au monde. Sa résolution est équivalente à ce qu'il faudrait pour observer, depuis Ténérife, une pièce de 1 euro, placée à Madrid.

Le CNRS (France), avec THEMIS (un télescope Ritchey-Chrétien sous vide de 90cm), analyse aussi, avec une grande résolution angulaire, la polarisation de la lumière émise par les structures très fines de l'atmosphère du Soleil.

Il s'agit de mieux comprendre les principes de génération, évolution et structure du champ magnétique solaire.





Animée par les scientifiques professionnels travaillant à l'IAC, la visite se poursuit avec une petite observation du soleil, avant de découvrir les autres instruments du site.

Au-delà de la physique du Soleil, les domaines étudiés sur le site sont en effet très nombreux...



Les grands télescope solaires.



QUIJOTE...

Avec ses deux radio-télescopes Quijote, l'IAC étudie la polarisation du fond diffus cosmologique dans la bande micro-ondes (11GHz à 30 GHz) depuis 2012.

Lors de la visite, on nous a promis une découverte, en cours de confirmation : à suivre ...



OGS...

L'OGS est une station d'observation terrestre dans le domaine visible opérée par l'Agence Spatiale Européenne.

Equipée d'un télescope Ritchey-Chrétien de 1 m, une des missions est d'établir chaque mois, à la nouvelle lune, une carte des astéroïdes et des débris spatiaux, dans le cadre du programme Space Situational Awareness.

L'ensemble des équipements de la station OGS permet de détecter des débris aussi petits que 10 cm de diamètre.



IAC 80...

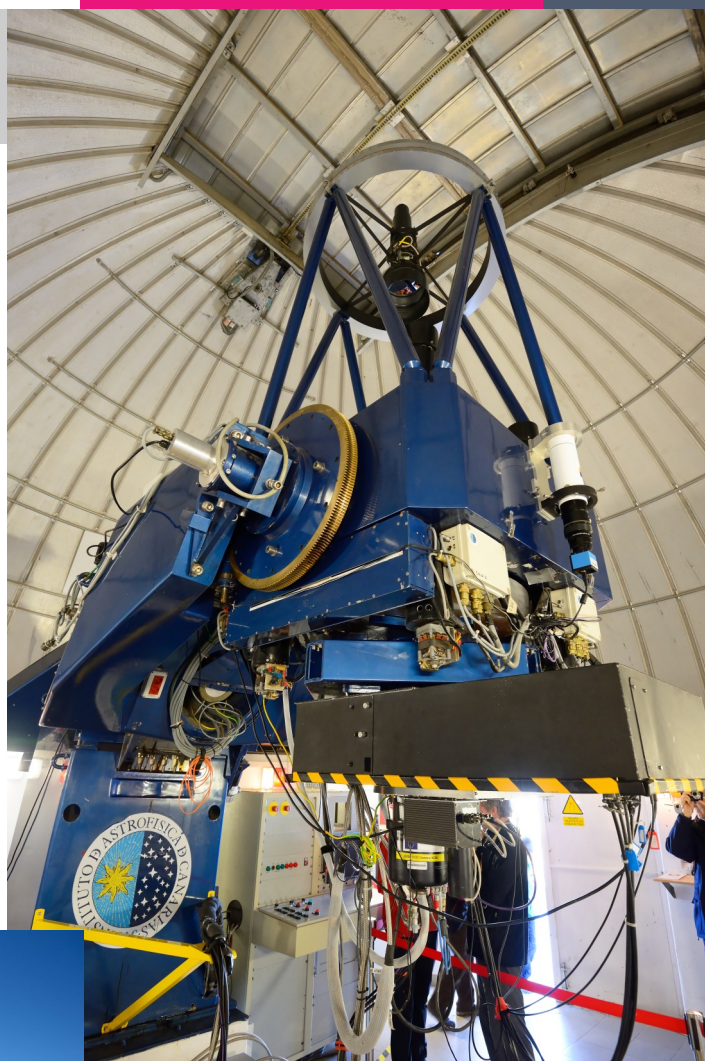
L'IAC 80, développé dans les années 1980 est en service depuis 1991.

Avec son miroir primaire de 82 cm, et une focale de 9,02 m, c'est un des télescopes les plus appréciés par les scientifiques résidant à l'observatoire du fait de sa grande versatilité.

Sa caméra CCD de 2048x2048 pixels, est maintenue en permanence à -105°C grâce à une circuiterie d'azote liquide.

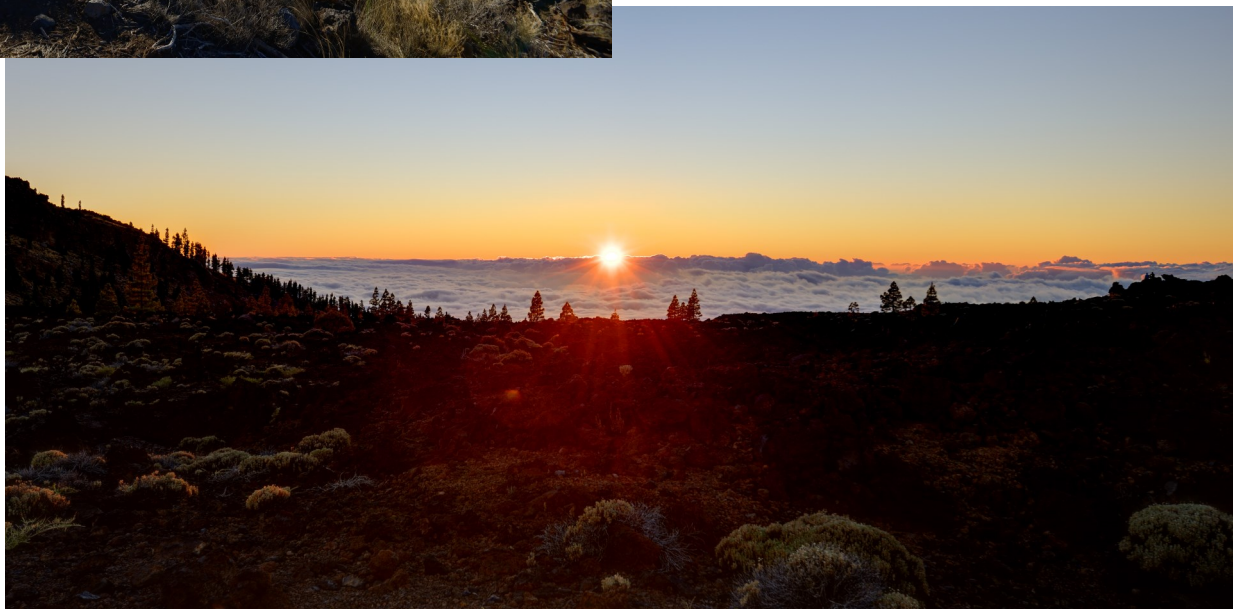
En 1994, l'IAC de l'observatoire de Teide permet la première découverte d'une naine brune, qui s'appellera « Teide 1 », située dans l'amas des Pléiades. La même année, il permet la retransmission en direct à la télévision de la collision de la comète Shoemaker-Levy avec Jupiter.

Avec 18644 heures d'observation au compteur, il est à l'origine de centaines de publications, dont l'étude de lentilles gravitationnelles, le suivi de comètes, l'étude des quasars, etc.



Le Soleil se couche sur la mer de nuages qui encercle le parc du Teide.

Il est temps de quitter l'observatoire, pour assister à un autre spectacle...



Nuit magique...

On s'affaire au pied du Roque Cinchado... certains attendent déjà depuis plusieurs heures. Les voitures se regroupent, on sort les trépieds et les Dobsons des coffres.

Pique nique improvisé dans la voiture. Les cars de touristes sont repartis, et l'unique cafétéria du parc a fermé. Le froid commence à piquer.

Bien qu'il n'y ait pas de lune, ce n'est pas le noir absolu. Les milliers d'étoiles diffusent une lumière qui éclaire doucement le paysage. Au nord et au sud, on distingue un peu de pollution lumineuse, heureusement bien contenue par la mer de nuages.

On perd ses repères, il y a tellement d'étoiles qu'on n'arrive plus à reconnaître les constellations, ni à identifier la polaire.



Le Roque Cinchado, virgule de pierre en équilibre, semble danser avec les étoiles, sur cette composition de 20 images de 15 secondes.

Les voitures continuent d'arriver, phares allumés. J'en profite pour déclencher lorsque les rochers sont éclairés, et je complète la scène avec ma frontale.

J'ai promis au fiston qui m'accompagne, de ne pas rester trop longtemps. Donc, pas le temps d'installer une monture de voyage : il faudra se contenter de photos prises en vitesse sur un simple trépied.

Heureusement, mon Nikon D800 fait merveille, même à 3200 ISO. J'ai désactivé la réduction de bruit du boîtier. Je traiterai plus tard les images avec le « cosmetic correction » de PixInsight, pour enlever les pixels chauds.

Le Samyang 14 mm f 2.4 SP est parfait. Un superbe piqué même à pleine ouverture. La mise au point sur l'infini est bien réglée (contrairement à beaucoup d'objectifs qui ne sont pas sur l'infini quand on met la bague de mise au point en butée). C'est très pratique dans le noir.

J'expérimente d'autres points de vue pour compléter ma série de photos, toujours en attendant le passage d'un phare de voiture, et en jouant avec ma frontale.

Ce sera d'abord des séries de photos uniques de 15 secondes, prises avec une rotule panoramique pour avoir un espacement précis de 45° entre chaque photo. Mon logiciel habituel de composition de panorama (Kolor Autopano) a un peu de mal pour reconnaître les jointures... trop d'étoiles... j'ai fini par procéder manuellement.

Autre expérimentation avec 20 fois 15s : photos que j'ai alignées et empilées ensuite sous PixInsight (photo page de droite).

Il est temps de quitter le parc du Teide, et de rentrer en France, avec l'envie de revenir, et de partager ces instants dans un numéro de l'Albireoscope.





l'Oculus Go

Profitant d'une promo de Noël à 189 €, j'ai craqué pour un nouveau casque de réalité virtuelle : l'Oculus Go.

Ayant testé le Gear VR, le Zeiss VR, l'Oculus Rift et le HTC Vive, je commence à avoir quelques points de comparaison et je vous propose d'examiner, dans cet article, la question de savoir si l'Oculus Go vaut effectivement le détour.

La VR, comment ça marche ?

La réalité virtuelle (VR : Virtual Reality) est la nouvelle technologie à la mode, poussée par les grands de l'internet : Google, Facebook, etc.

Ça reprend le bon vieux principe des images en relief. On a tous connu les lunettes vert/rouge, ou les lunettes de cinéma 3D.

La réalité virtuelle reprend le principe de générer 2 images spécifiques pour chaque œil. Pour cela, il faut utiliser un écran LCD, typiquement l'écran d'un téléphone portable, et diviser l'image en 2 parties.



Ensuite, des lentilles spécifiques orientent chaque partie de l'image vers chaque œil. C'est la fonction du casque de réalité virtuelle.

J'ai tout d'abord expérimenté cette technologie avec un casque Zeiss VR, qui dispose d'un logement dans lequel on peut glisser son téléphone portable, et les fameuses lentilles qui permettent de projeter les images dans chaque œil.

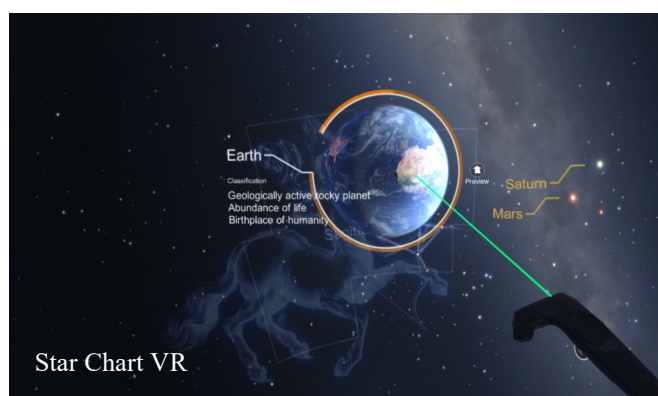


Le casque Zeiss VR One plus



Pourquoi faire ?

Ce que je recherchais en premier, c'était un planétarium virtuel, pour faire des animations publiques, et pour mon plaisir personnel.



Mais j'ai découvert tout un écosystème de logiciels, de vidéos, de photos en 3D, démultiplié par la puissance d'internet et les investissements colossaux de Google, Facebook, Samsung, pour promouvoir la technologie.

Je reviendrai sur ce point en fin d'article avec quelques conseils d'applications pour découvrir le monde de la VR.

Qualité d'image.

Revenons donc au test de l'Oculus Go, et tout de suite sur le point négatif : la qualité d'image.

Non pas que l'Oculus Go soit mauvais. Au contraire, seul le Zeiss VR me semble supérieur, grâce à des lentilles de qualité en verre. Le Zeiss VR a moins d'aberration chromatique (franges bleues autour des formes).

Le HTC vive, je l'ai trouvé désagréable, avec un champ de vision très étroit. Pareil pour l'Oculus Rift.

Le Gear VR a un champ de vision encore plus étroit, et une définition d'image faible (ça dépend du téléphone qu'on met dedans), mais à 50€ c'est plus un casque destiné à une découverte de la technologie.

Mais la première impression avec tout ces casques, c'est qu'on voit les pixels.

L'Oculus Go, avec une résolution de 2560 x 1440 px dispose d'une des meilleures résolutions du marché, soit 1280 x 1440px par œil.

Cette résolution, comparée à celle de votre télé full HD peut sembler correcte, mais une télé, on la regarde à 3 mètres, et elle occupe 10 à 20° de notre champ de vision. Ici il s'agit de couvrir un champ de vision de 110°, et ça change tout.

J'ai calculé qu'il me faudrait un écran de 4K ou 8K pour ne plus ressentir les pixels, ce qui ne se fera pas, à mon avis, avant une bonne décennie, car la technologie est tirée par le monde du téléphone portable, pour lequel un écran de 2K est largement suffisant. La VR ne représente pas pour l'instant un marché suffisant pour encourager les géants du Silicium à faire ce bond technologique. Il faut donc s'habituer à ce genre de rendu d'image.

Mais les fabricants mettent en avant d'autres critères, pour ressentir la sensation d'immersion, et sur ce point je suis d'accord avec eux.

Je vais vous expliquer pourquoi.

Un casque autonome.

J'ai découvert la VR avec un casque pour téléphone portable, mais je me suis vite lassé de devoir démonter mon téléphone pour l'insérer dans le casque, et de devoir le ressortir chaque fois que j'ai besoin d'accéder aux menus pour changer de logiciel.

Le gros avantage de l'Oculus Go est qu'il s'agit d'un casque autonome. La navigation dans les menus se fait à l'aide du joystick fourni. Ergonomie très sympa, on voit l'avatar du joystick « flotter » à côté de soi et on peut viser et pointer aisément dans les menus.

De plus, on peut coupler l'Oculus Go en Bluetooth avec son téléphone portable ce qui permet de le paramétrer, de télécharger les applications de manière très simple avec l'application Oculus.

Le casque se connecte aussi en Wifi à votre box. Cela permet d'accéder à du contenu en ligne sans avoir besoin de télécharger des fichiers au préalable. Très pratique aussi par exemple pour naviguer dans YouTube VR qui propose des milliers de contenus excellents. La liaison au Wifi permet aussi de se connecter à son PC en streaming, en particulier pour bénéficier des jeux de la plateforme Steam VR.



Par rapport aux casques pour PC, l'Oculus Go a bien entendu des performances réduites.

Tout d'abord, il n'a que 3 degrés de liberté, c'est-à-dire qu'on peut orienter son regard autour de soi, mais pas se déplacer dans la scène au contraire des Oculus Rift et HTC Vive qui détectent la position de la personne dans la pièce grâce à des bornes à poser dans les coins de la pièce. Ils offrent ainsi 6 degrés de liberté. Le « grand frère » de l'Oculus Go, le Quest, annoncé pour le printemps 2019, contiendra des caméras spécialement prévues pour scanner la pièce autour de soi et offrir aussi cette fonction.

Par rapport aux PC surpuissants qui sont nécessaires pour un Rift et un Vive, le Go est bien sûr limité. Peut être que c'est sensible avec les meilleurs jeux, mais je n'ai pas vu de limitation pour mon usage. J'ai par contre constaté qu'il ne chauffe pas trop, ce qui est une bonne nouvelle car, avec mon smartphone LG G3 dans un Zeiss VR, le téléphone partait souvent en protection surchauffe !

L'autonomie de la batterie est limitée à 2 heures.

Les capteurs sont en théorie moins précis, mais ça ne m'a pas gêné. Le positionnement dans l'espace est précis et fluide. Encore une fois beaucoup mieux que mon expérience « Smartphone » : le gyroscope du téléphone se décalait au bout d'un certain temps, et du coup on avait l'image qui ne correspondait plus aux mouvements de la tête.

Bonne surprise, le casque intègre 2 haut-parleurs situés à proximité des oreilles. Le son est plutôt correct, et spatialisé (il tourne avec la tête), ce qui contribue pas mal à la sensation d'immersion promise. Il y a aussi une prise casque.

Moins lourd que l'ensemble Zeiss VR + téléphone, la sangle tient aussi mieux le casque sur la tête. Le tissu gratte par contre un peu la peau. La forme est étudiée pour qu'on puisse porter ses lunettes.

| Modèle | Taille écran | Angle de vision | Manette | Degrés de liberté | Poids | Prix moyen | Commentaires |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-------------------|------------------|------------|---|
| Casques pour Smartphone : | | | | | | | |
| Zeiss VR One Plus | selon téléphone | 100° | non fournie | 3 | selon téléphone | 50 à 129€ | Façade translucide pour réalité augmentée |
| Samsung Gear VR | selon téléphone | 101° | boutons sur casque | 3 | 340g + téléphone | 50 à 79€ | Limité aux Samsung S6 et + |
| Samsung Gear VR2 | Ø560 x 1440 px | 101° | 1 joystick | 3 | 385g + téléphone | 129 € | Limité aux Samsung S6 et + |
| Casques pour PC : | | | | | | | |
| Oculus Rift | 2160 x 1200 px | 110° | 2 joysticks + bornes | 6 | 500g | 449 € | 2 bornes pour se localiser dans l'espace |
| HTC Vive | 2160 x 1200 px | 110° | 2 joysticks + bornes | 6 | 550g | 599 € | 2 bornes pour se localiser dans l'espace |
| Casques autonomes : | | | | | | | |
| Oculus Go | Ø560 x 1440 px | 110° | 1 joystick | 3 | 467g | 189 à 199€ | version 64Go en option |
| Oculus Quest | 3200 x 1440 px | 110° | 2 joysticks | 6 | TBD | 399\$ | sortie mars 2019 |

Bref, l'Oculus Go est un casque plutôt réussi. Plus de 1000 applications sont proposées sur le store Oculus, sans compter les autres plateformes. En quelques jours j'avais rempli les 32 Go de sa mémoire... petite sélection à envisager.

Planétariums virtuels.

Au club, on était plusieurs à attendre la version VR de Stellarium, avec mode conférencier pour nos animations publiques. Dommage, le projet a été abandonné.



La meilleure application de Planétarium proposée actuellement est **Star Chart VR**.

Quatre expériences différentes sont proposées dans cette application. Dans la première, on est sous

le dôme d'un planétarium, muni d'un pointeur laser (la télécommande), à observer le ciel du jour et du lieu (l'appareil se géolocalise). Quand on pointe un objet dans le ciel, on obtient des indications. Avec un click, on peut même décrocher un objet du ciel, et le tenir dans sa main : bluffant !

Deuxième expérience : on est en orbite autour de la Terre. En pointant un « objet », on peut s'y rendre : autour de Saturne par exemple, avec un effet de relief saisissant. Petits mouvements sur le joystick pour se déplacer autour de la planète : émotion garantie !

Troisième expérience, on se retrouve projeté sur une scène marquante de la conquête spatiale (4 scènes proposées), comme la zone d'atterrissage d'Apollo 11. On peut se promener autour du LEM, et obtenir des explications sur les différents instruments d'expérience scientifique déployés par les astronautes.

Quatrième expérience, on a une jolie vue panoramique du système Solaire dans lequel on peut se déplacer.

Je n'ai pas vu l'heure passer que la batterie est déjà vide ; je dois recharger pour vous présenter l'application suivante :

Titans of Space.

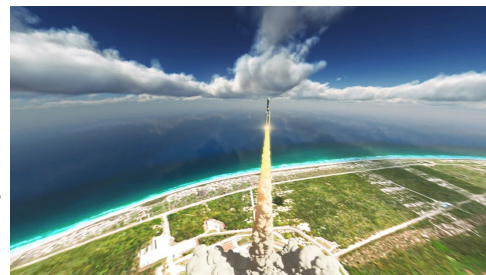
On prend place sur le siège d'un vaisseau spatial et on part pour une promenade audio-commentée (en anglais sous-titré) au milieu des planètes du système solaire et leurs satellites.



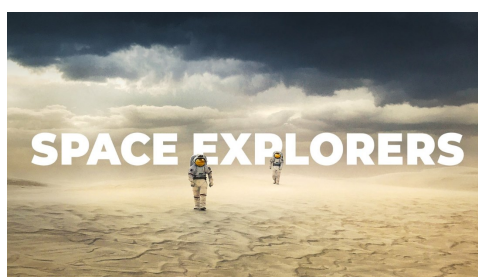
Deux circuits sont proposés : un de 35minutes et un autre de 60minutes. Au début de la visite on vous demande si vous êtes sensibles au mal de l'espace... je suis vite repassé au mode « tranquille » de pilotage du vaisseau !

Avec **VR Planetarium for Schools**, vous avez la Géode dans votre salon.

L'expérience est, je trouve, assez proche de ce qu'on peut ressentir dans une vraie salle Imax. Mais pour l'instant c'est assez limité, il n'y a que 3 films d'une vingtaine de minutes, en anglais non sous-titré.



Exploration spatiale.



Space Explorers est une forme de docu-fiction immersive, en deux épisodes de 16 minutes, réalisé avec la coopération de la Nasa. On suit le programme d'entraînement d'un astronaute à destination de l'ISS. Entraînement dans un avion de combat (effet Wow !), plongée en piscine, essai de rover martien, etc... C'est mieux qu'un film en Imax, on est « dans » le film.

Entraînement dans un avion de combat (effet Wow !), plongée en piscine, essai de rover martien, etc... C'est mieux qu'un film en Imax, on est « dans » le film.

Avec **Apollo 11 VR** expérience, ce n'est rien de moins qu'un voyage vers la Lune qui vous est proposé en 12 scènes interactives, du décollage jusqu'au



retour sur Terre. On peut se laisser guider dans l'expérience, comme dans un documentaire, ou prendre part à l'action. Ambiance fantastique, aux commandes de la capsule on s'y croirait ! J'avais envie d'attraper les boutons et de les tourner tellement ils semblaient vrais, mais gare au mal de l'espace pour les cœurs sensibles. Petit bémol quand même, la manette n'est pas très bien exploitée dans ce logiciel.

Plusieurs applications proposent de visiter l'ISS :

- **International Station Tour VR** est réalisée avec de vraies images. On peut pointer sur des objets pour obtenir des explications.
- Avec **Mission ISS**, c'est une modélisation 3D de l'intérieur de la station qu'on visite, avec la possibilité d'interagir avec l'environnement, pour réaliser des petits jeux. Attention, flotter dans l'ISS, ça donne un peu la nausée.

Space Time explique de manière simple et interactive quelques grands principes de l'astrophysique : les propriétés de la lumière, la formation des galaxies, et une version VR de la « pétanque d'Einstein », etc...



Très bien fait, mais dommage, les commentaires sont en anglais non sous-titré.

Contenus vidéo.

Au-delà des applications, on peut aussi explorer internet à la recherche de contenus multimédia à apprécier dans son casque, d'autant que l'Oculus Go est doté d'une connexion directe wifi de dernière génération ce qui permet de les visionner en streaming. Si vous êtes connectés à un wifi classique, ça risque de ne pas suffire, et il faudra précharger les contenus dans la mémoire du Go.

Il y a par exemple pléthore de vidéos à 180° ou 360° (le genre qu'on peut filmer avec un Ricoh Theta). On en trouve plein sur YouTube, et ailleurs.



On peut aussi visualiser des spectacles, des concerts, du sport, sur des chaînes spécialisées : Next VR, Red Bull TV, melody VR, ... même Disney a sa chaîne, avec l'univers Star Wars dedans !



Inconvénient de tout cela : on a quand même du mal à s'y retrouver ; on sent que l'écosystème n'est pas encore arrivé à maturité.

Photos 3D.

Vous pouvez aussi essayer de faire vos propres photos stéréoscopiques pour les visualiser dans le casque. Il y a plusieurs méthodes et plusieurs logiciels possibles. Le plus basique allant d'un téléphone portable qu'on déplace autour du sujet, ou à la composition de deux images prises avec un appareil photo avec des points de vue différents. Voir le lien : https://youtu.be/F6k36yuQ_cg

Les jeux.



Après toutes ces émotions, il est temps de se défouler en atomisant quelques aliens. Direction un jeu de bataille spatiale multirécompensé : **End Space**. On dirige un vaisseau spatial dans un combat intergalactique. Les graphismes sont très beaux. Par exemple, les bras et les jambes du pilote, dans la cabine, on a l'impression que ce sont les siens. On dirige le vaisseau par des mouvements de tête (on pointe dans une direction), et la manette sert aux commandes de tir. De façon surprenante, ça ne rend pas trop malade en y jouant.



Plus une démo qu'un véritable jeu, **Star Wars Droid Repair Bay** vaut quand même le détour. On est dans l'ambiance Star Wars, à faire quelques opérations simples de réparation sur des robots, pour jouer ensuite un peu avec. Très sympa !

Dans un tout autre genre, **Bait!** est un jeu de pêche à la ligne, dans de jolis décors en 3D. C'est incroyable, avec le joystick dans la main, on a l'impression de tenir une canne à pêche pour de vrai, et les poissons ne se laissent pas faire ! Mais bon là, on s'éloigne de l'astro...



du côté de chez Sadr



Un observatoire référencé...

En plus de réaliser de belles images du ciel austral, nos installations nous permettent également de faire des images, non pas pour le côté esthétique mais pour exploiter leur côté scientifique : des expériences ponctuelles comme des mesures de parallaxe, ou des expériences sur la durée comme la mesure de la précession des équinoxes, mais aussi le suivi de certains astres comme les comètes, les astéroïdes, les étoiles variables ou les exoplanètes. Seuls les astronomes amateurs disposent du temps nécessaire à l'observation et au suivi de ces astres mais, pour assurer la

légitimité de nos observations, nous devons référencer notre observatoire. Il faut être connu et reconnu par les astronomes professionnels. Cette opération se présente comme un examen de passage : on nous donne une cible à étudier, et, de la qualité de nos acquisitions et de la précision de nos mesures, nous sommes reconnus comme observatoire habilité à venir grossir les rangs des amateurs dans la collaboration avec les astronomes professionnels.

Cet examen de passage fera l'objet d'un article dans un prochain journal.



46P/Wirtanen : la comète de Noël *Fabien*

Constellation : Taureau
Instrument : Lunette 71
Image : Lum 10x 3, 60, 90, 120s
Date : décembre 2018
Distance à la Terre : 11,6 millions km
Magnitude : 14,8

A l'occasion de son passage au plus près de la Terre, nous l'avons immortalisée à côté de l'amas des Pléiades M45. Nous en avons également profité pour mesurer sa distance à la Terre par la méthode de la parallaxe (comme pour Mars). La comète était alors éloignée de 11,6 millions de km soit la plus faible distance à laquelle une comète est passée depuis des décennies...





M1

Patrick

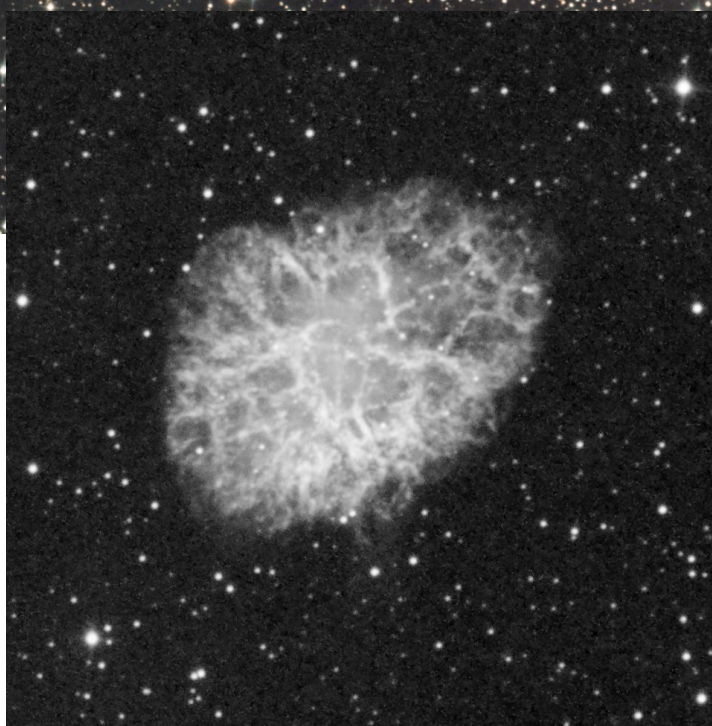
Constellation : Taureau

Instrument : T355

Date : décembre 2018

Image : Ha LRVB

Cette petite nébuleuse est tout ce qui reste de l'explosion d'une étoile arrivée en fin de vie. Cette supernova a été observée par les Chinois en l'an 1054, mais, comme elle est située à 6200 al de la Terre, l'explosion s'est en fait déroulée, il y a maintenant plus de 7000 ans.



Avec le filtre Ha, on peut mettre en évidence les filaments d'hydrogène.



NGC 1515

Lionel, Sébastien, David

Constellation : Dorade

Distance : 53 Mal

Instrument : T355

Date : décembre 2018

Image : L 22x5min, RVB 8,7,7 x 5min

Total : 3h 40

Cette galaxie a été découverte en 1826 par l'astronome australien James Dunlop. Le gros plan ci-contre semble montrer que la petite galaxie spirale juste à côté est satellite de NGC 1515. En fait, ESO 156-34, comme elle est cataloguée, se trouve à l'arrière-plan à 600 millions d'al. Les autres galaxies se trouvent donc encore plus loin...



NGC 2170

Fabien

Constellation : Licorne

Distance : 2400 al

Instrument : T355

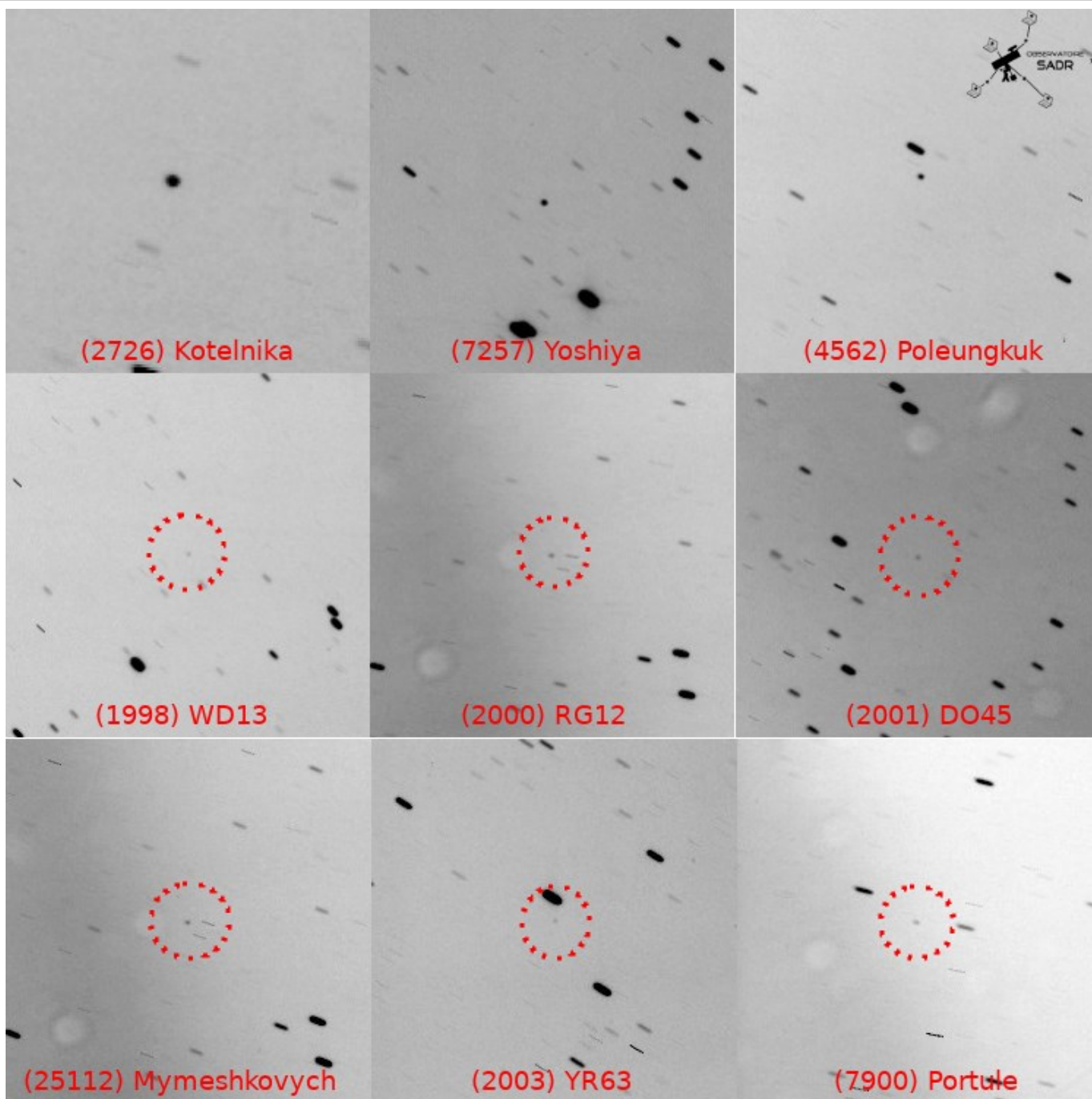
Date : décembre 2018

Image : L, R V B

Total : 8h

Cette nébuleuse par réflexion a été découverte par William Herschel en 1784. Cette région de formation d'étoiles est connue sous le nom de Licorne R2. Avec le télescope VISTA, les poussières révèlent des volutes incandescentes





Astéroïdes

Instrument : T355

Date : 15 décembre 2018

Contrairement aux belles images pour lesquelles il faut réaliser les acquisitions pendant le temps le plus long possible, la chasse aux astéroïdes ne nécessite pas des poses très longues. Il faut se contenter de la pose minimum pour atteindre la

Sébastien

détection de l'objet. Les astéroïdes sont pour la plupart des objets très peu lumineux, et pendant les poses, ils se déplacent. En cumulant les poses sur l'astéroïde, ce sont les étoiles qui créent des filés. Des logiciels comme Astrometrica permettent d'analyser les images, c'est ce qu'on appelle la réduction des données. C'est avec ce genre d'images que les amateurs peuvent collaborer avec les astronomes professionnels pour suivre un astéroïde ou confirmer son retour dans les zones les plus internes du système solaire.

Albireo78
saison 2018-2019



1st - LOCAL WINNER



ASTROPHOTOGRAPHY AWARDS
(Le prix du public, France 🇫🇷)

albleo78.com

2 réunions par mois

Des présentations

Des actus astro
Des exposés

Des ateliers astro

Niveau 1 pour utiliser et maîtriser son instrument
Niveau 2 pour se lancer en astrophotographie
Niveau 3 pour faire de la « science »
Niveau Astrophysique

Débutants ou plus confirmés pour 35€ / an



63 membres

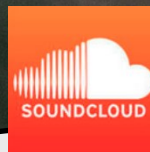


Observations

Gratuites et pour tous à Poigny-la-Forêt

Newsletter

147 abonnés



« En route vers les étoiles »

Notre émission radio
14 saisons, 138 émissions,
331 chroniques scientifiques

Soundcloud

170 abonnés



SADR

Notre observatoire en remote
www.sadr.fr

DSO

Deep Sky Objects Browser

6th Place



ASTROPHOTOGRAPHY AWARDS
(Audience Awards, All Europe 🇪🇺)

albleo78.com



L'Albireoscope

38 abonnés

www.albleo78.com

