

N° 103

MAI
2019

LE CIEL DE RHUYS



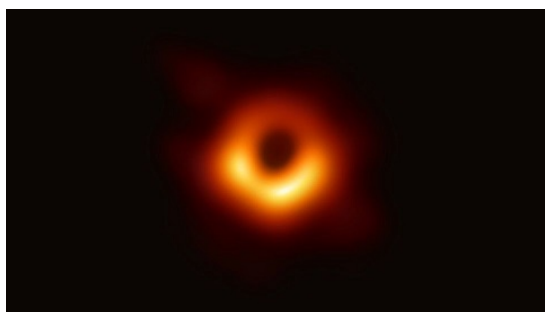
EDITORIAL

Il y a un demi-siècle, les astronautes américains mission Apollo 8 tournaient autour de la lune. Depuis, il s'est passé bien des événements: alunisages, robots sur Mars et sur des astéroïdes, découvertes de nombreuses exoplanètes, photo d'un trou noir... Combien de pas de géants!

Dans ce numéro 103 vous trouverez des articles concernant la première photo d'un trou noir, la vie d'Erastothène, sur la date de Pâques en 2019 et bien sûr ceux habituels ainsi qu'une nouvelle énigme

Merci de me faire part de vos remarques et souhaits pour améliorer ce bulletin.

Le Rédacteur
André Bourdet



Voici la première véritable photo d'un trou noir, diffusée mercredi 10 avril 2019. Il s'agit de M87, un mastodonte situé à 55 millions d'années-lumière de nous.*

Le ciel de mai 2019

Sommaire:

- Le ciel du mois
- essaims étoiles filantes comètes
- Planètes,
- La Lune
- Carte du ciel
- Photo d'un trou noir
- Bibliographie Erasthène
- La constellation du mois
- Le saviez-vous!
- Enigmes
- Dâte de Pâques en 2019
- Des livres à lire

Date	Heure	Description du phénomène
aaaa mm jj	hh:mm	
2019 05 04	04:17	Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2019 05 04	23:45	NOUVELLE LUNE
2019 05 06	10:05	Pluie d'étoiles filantes : Êta Aquarides (55 météores/heure au zénith; durée = 38,0 jours)
2019 05 08	16:33	Rapprochement entre Mercure et Uranus (dist. topocentrique centre à centre = 1,3°)
2019 05 09	00:14	Pluie d'étoiles filantes : Êta Lyrides (3 météores/heure au zénith; durée = 11,0 jours)
2019 05 09	21:55	Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2019 05 09	22:34	Début de l'occultation de 63 Gem (magn. = 5,24)
2019 05 09	23:25	Fin de l'occultation de 63 Gem (magn. = 5,24)
2019 05 11	20:55	Opposition de l'astéroïde 8 Flora avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,532 UA; magn. = 9,4)
2019 05 12	02:12	PREMIER QUARTIER DE LA LUNE
2019 05 13	22:53	Lune au périgée (distance géoc. = 369009 km)
2019 05 14	17:26	Opposition de l'astéroïde 11 Parthenope avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,417 UA; magn. = 9,2)
2019 05 15	23:41	Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
2019 05 18	17:35	Rapprochement entre Vénus et Uranus (dist. topocentrique centre à centre = 1,1°)
2019 05 18	22:11	PLEINE LUNE

2019 05 19 16:23	Rapprochement entre Mars et M 35 (dist. topocentrique centre à centre = 0,2°)
2019 05 20 17:14	Opposition de l'astéroïde 20 Massalia avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,629 UA; magn. = 9,6)
2019 05 21 14:06	CONJONCTION SUPÉRIEURE de Mercure avec le Soleil (dist. géoc. centre à centre = 0,3°)
2019 05 22 00:44	Rapprochement entre la Lune et M 22 (dist. topocentrique centre à centre = 0,8°)
2019 05 23 00:34	Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle
2019 05 23 05:25	Rapprochement entre la Lune et Pluton (dist. topocentrique centre à centre = 0,9°)
2019 05 24 08:00	Mercure à son périhélie (distance au Soleil = 0,30750 UA)
2019 05 26 14:27	Lune à l'apogée (distance géoc. = 404138 km)
2019 05 26 17:33	DERNIER QUARTIER DE LA LUNE
2019 05 27 02:49	Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2019 05 27 17:27	Opposition de l'astéroïde 32 Pomona avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,431 UA; magn. = 10,3)
2019 05 28 23:58	Transits multiples sur Jupiter : deux satellites et une ombre de satellite.
2019 05 30 04:47	Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle
2019 05 30 17:49	Opposition de l'astéroïde 1 Ceres avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,769 UA; magn. = 6,8)

Les éta-Aquarides (ETA) sont des météores très rapides ayant une vitesse d'environ 66 km par seconde. Au moment du maximum, le taux horaire moyen (ZHR) est d'environ 70 météores par heure. Le radiant est très proche de l'étoile *eta Aquarii*.

Les soupçons qu'un essaim pourrait être actif à la fin d'Avril et au début Mai débuta en 1863, lorsque H. A. Newton examina les dates des anciens essaims et suggéra une série de périodes qui méritaient l'attention des observateurs. Une de ces périodes était le 28-30 Avril, et incluait des essaims observés en l'an 401, 839, 927, 934 et en 1009.

Les éta-Aquarides n'ont été officiellement découverts qu'en 1870, par le lieutenant-colonel G. L. Tupman, du fait du faible nombre d'observateurs dans l'hémisphère sud à l'époque.

En 1876, Alexander Stewart Herschel associa cet essaim à la célèbre comète de Halley. Les calculs de B. A. McIntosh confirment le lien en 1929.

Période d'activité : du 19 Avril au 28 Mai Maximum : 05 Mai Longitude solaire (lambda) : 045.5° position du radiant au moment du maximum ascension droite (alpha) : 338°
déclinaison (delta) : -01° Vitesse (en km/s) : 66 r : 2.4 ZHR : 70
Comète associée : [1P/Halley](#) (période de 76 ans)

L'essaim des éta-Lyrides (ELY), figurant depuis peu dans la liste des essaims de l'IMO bien qu'il semble être une faible source météoritique, est associé à la comète C/1983 H1 IRAS-Araki-Alcock.

La plupart des données d'observations sur cet essaim sont basées sur les résultats d'imagerie, notamment d'observations vidéo. La position du radiant est probablement quelque part près du point donné pour le maximum présumé, mais pourrait être à quelques degrés de celui-ci.

Période d'activité : du 03 au 12 Mai Maximum : 08 Mai Longitude solaire (λ) : 048.4°
position du radiant au moment du maximum ascension droite (α) : 287°

déclinaison (δ) : 44° Vitesse (en km/s) : 44 r : 3.0 ZHR : 3

Comète associée : C/1983 H1 IRAS-Araki-Alcock

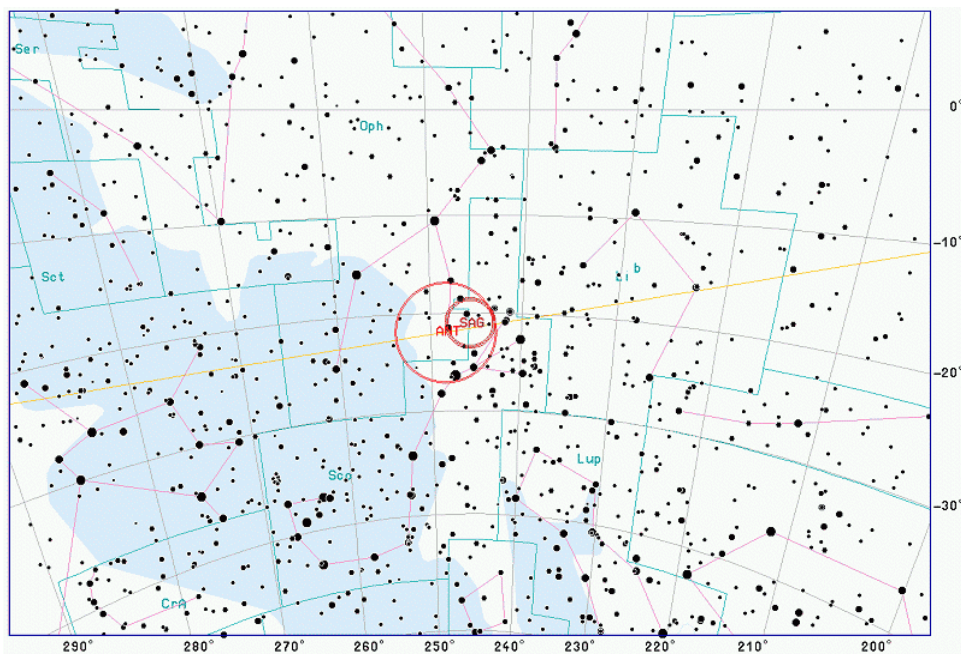
L'essaim des Sagittarides (SAG) débute son activité à la mi-Avril et peut être vu jusqu'à la mi-Juillet. Les météores sont d'une vitesse moyenne d'environ 30 km par seconde. Le taux horaire moyen (ZHR) est d'à peu près 5 météores par heure.

Cet essaim est dû à l'antihélie, situé sur l'écliptique, à 15° du point opposé à la position du Soleil. Les Sagittarides sont en fait un complexe de radiants près de l'écliptique, et sont soupçonnées d'être des débris d'un certain nombre de corps inconnus. Des bolides en provenance de ce complexe essaim sont régulièrement observés.

Période d'activité : du 15 Avril au 15 Juillet Maximum : (20 Mai) Longitude solaire (λ) : (059°)

position du radiant au moment du maximum ascension droite (α) : 247°

déclinaison (δ) : -22° Vitesse (en km/s) : 30 r : 2.3 ZHR : 5



Visibilité des planètes

Mercure : observable le matin la première semaine (Poissons)

Vénus : observable le matin (Poissons, Bélier)

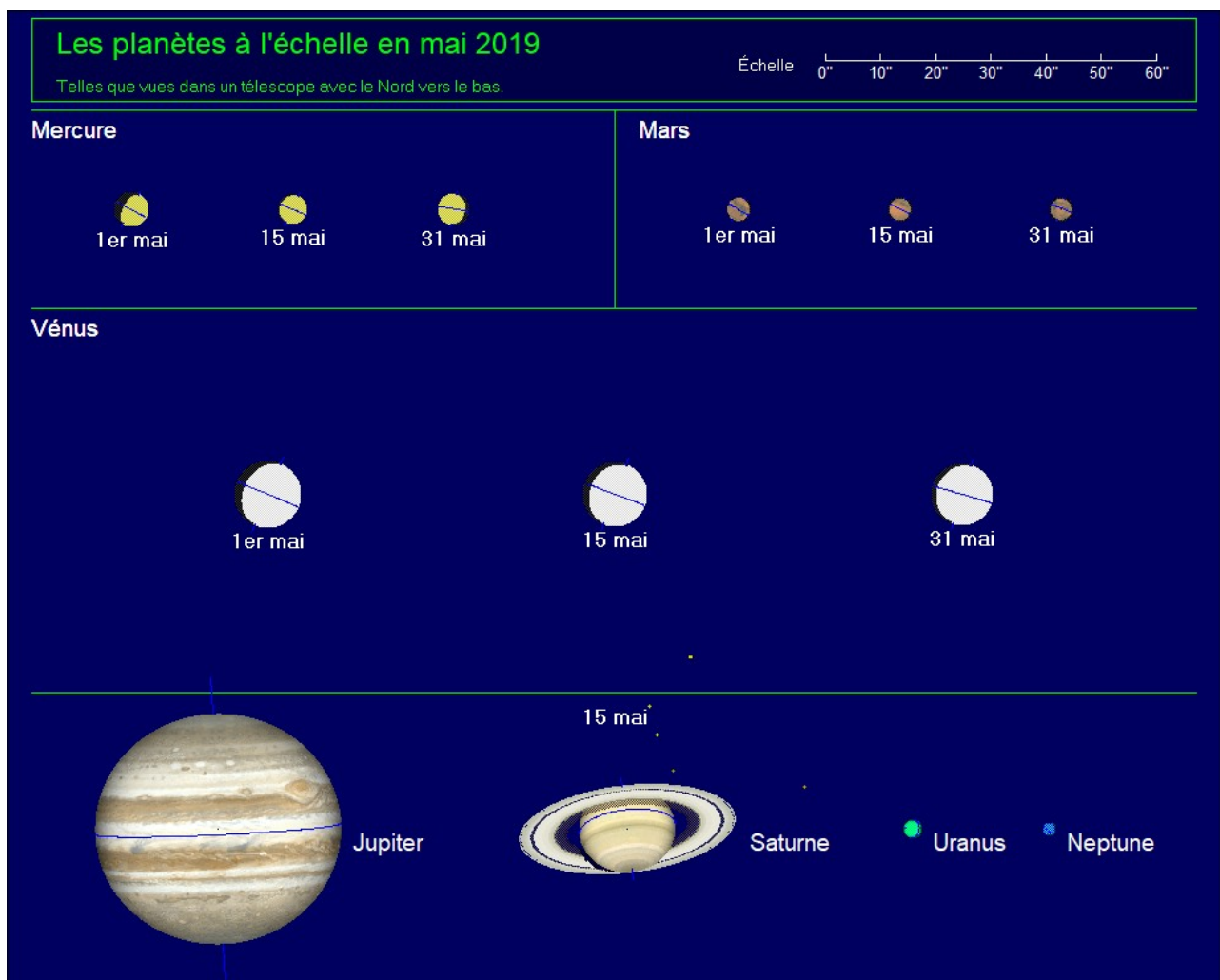
Mars : visible au sud- ouest début de nuit (Taureau Gémeaux)

Jupiter : visible au sud- ouest fin de nuit (Ophiuchus)

Saturne : visible le matin en fin de nuit (Sagittaire)

Uranus : encore visible mais rattrapée par les lueurs du crépuscule (poissons)

Neptune : inobservable (Verseau)



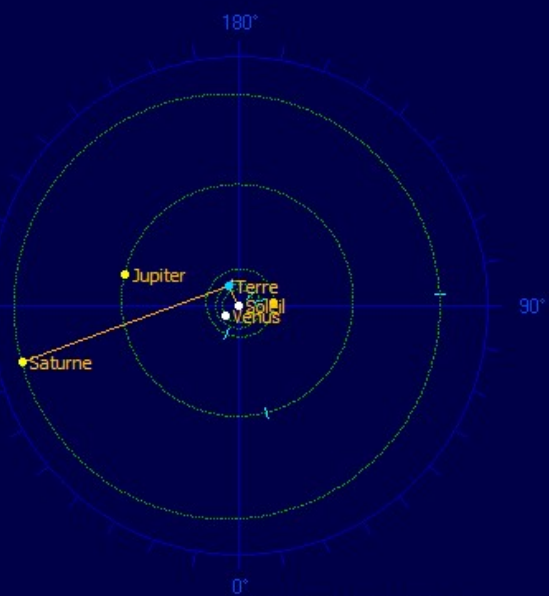
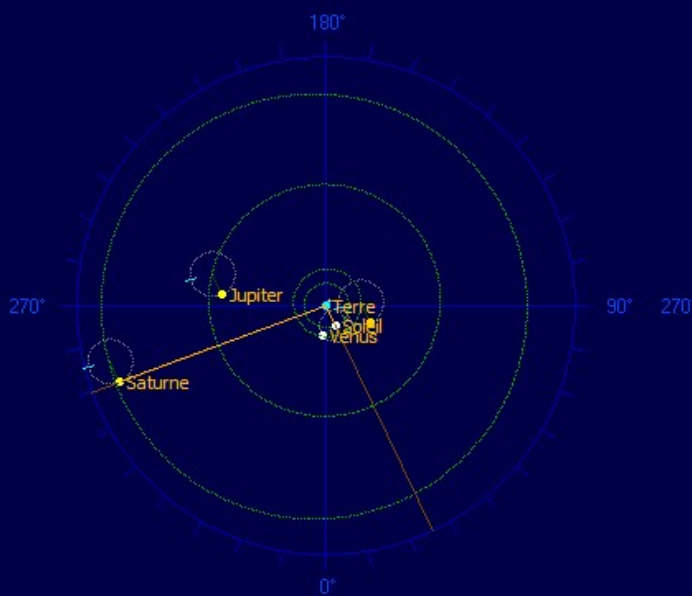
Système solaire géocentrique

Ptolémée, Héraclides, Tycho

Système solaire héliocentrique

Copernic, Kepler, Newton

Planète visée : Saturne



Orbites de Vénus jusqu'à Saturne

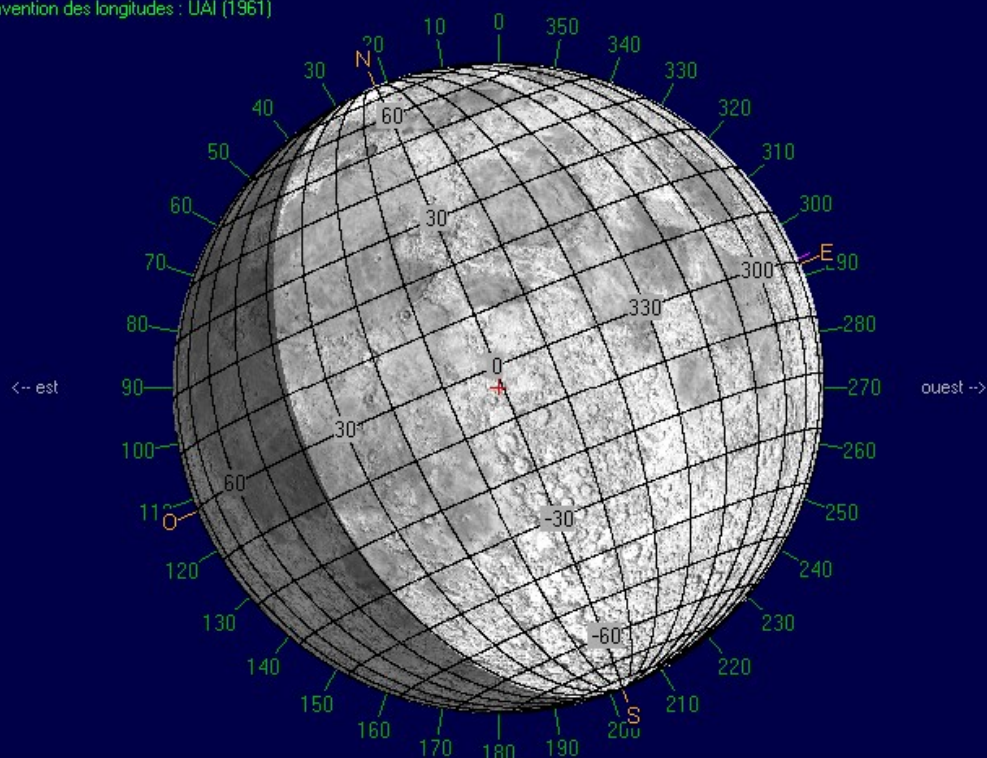
Cliquez sur une planète pour l'identifier.

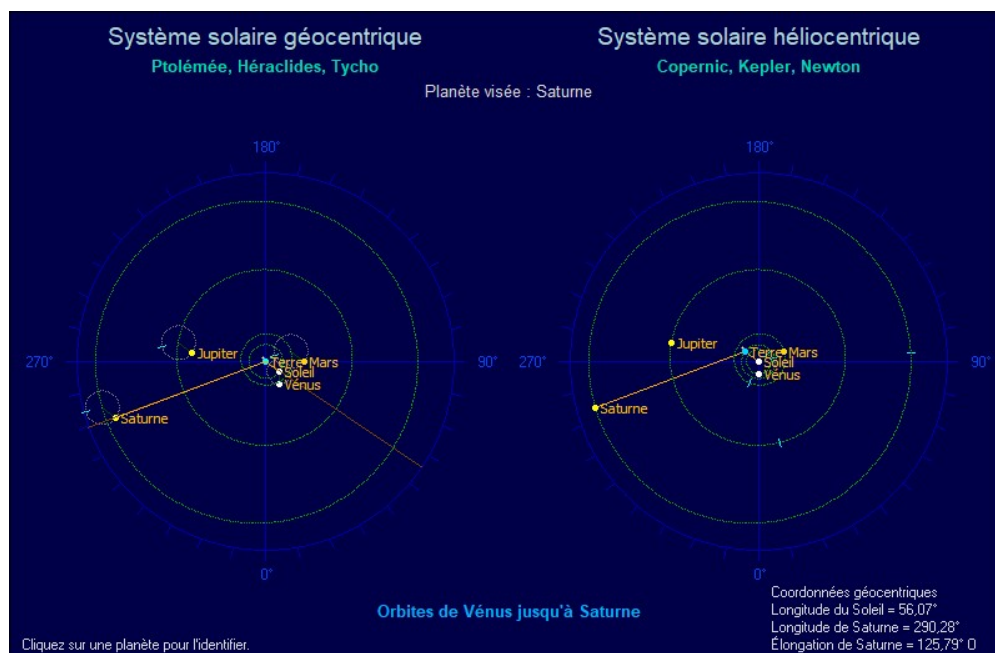
Coordonnées géocentriques
Longitude du Soleil = 25,32°
Longitude de Saturne = 290,35°
Élongation de Saturne = 94,97°

Carte de la Lune (vue topocentrique)

Angle de position du pôle Nord = 22,44°
Angle de position du limbe éclairé = 293,54°
Pourcentage d'illumination = 80,75%
Convention des longitudes : UAI (1961)

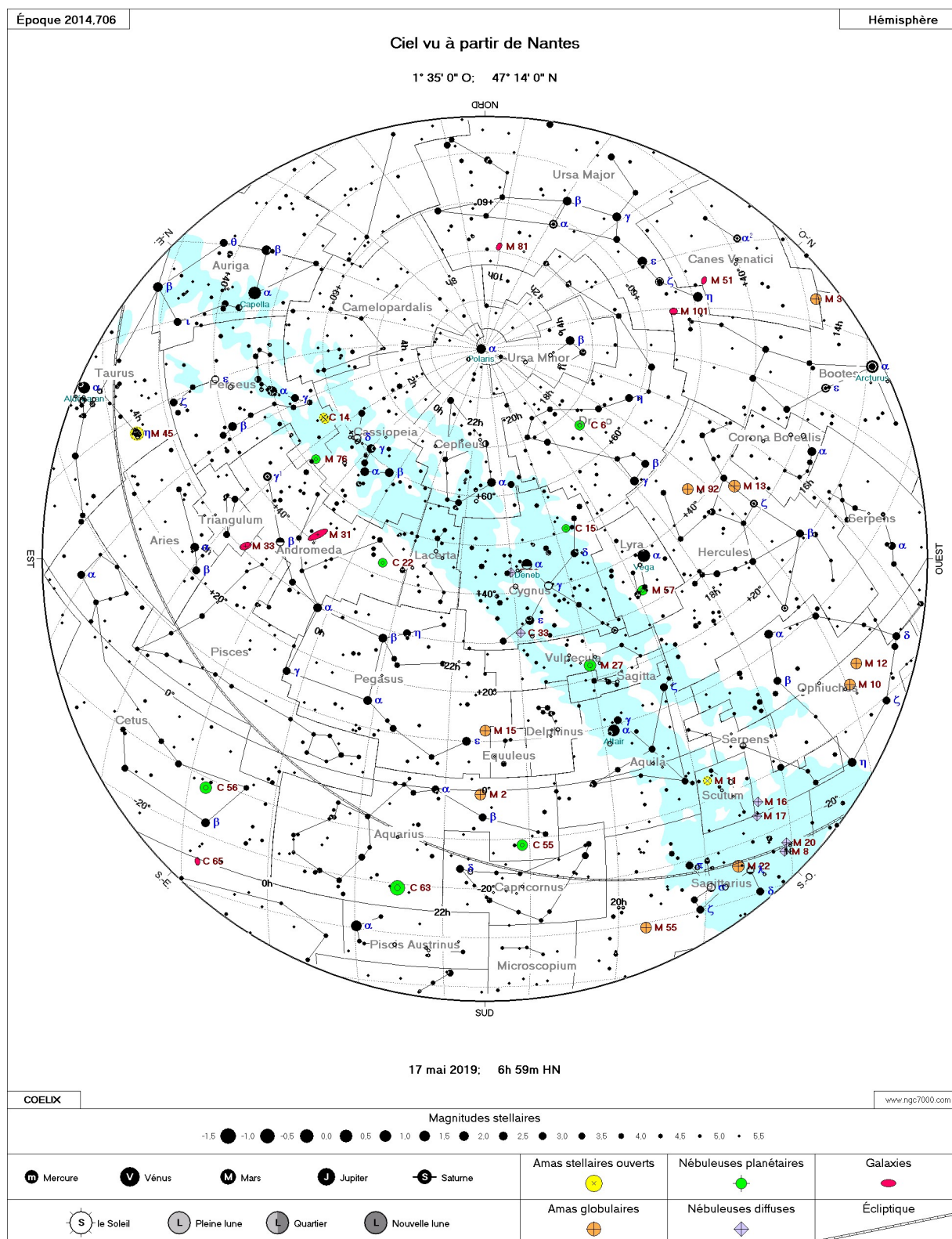
Longitude sélénographique du centre du disque = 0,87°
Latitude sélénographique du centre du disque = -3,78°
Longitude du terminateur du soleil levant = 38,81°





Phases lunaires pour mai 2019						
Les phases sont affichées pour 0 h, heure normale de Nantes. Les traits jaunes indiquent l'orientation des pôles lunaires. Le trait rouge montre la direction de la libration. Sa longueur est proportionnelle à l'intensité de la libration. Le Nord céleste est vers le haut.						
Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
			1	2	3	4 NL à 23:45 HN
5	6	7	8	9	10	11
12 PQ à 02:12 HN	13	14	15	16	17	18 PL à 22:11 HN
19	20	21	22	23	24	25
26 DQ à 17:33 HN	27	28	29	30	31	

CARTE DU CIEL



Comment utiliser la carte du ciel

Si par exemple vous observez vers l'ouest, tenez la carte devant vous en plaçant le mot ouest vers le bas. Les constellations dessinées au-dessus de l'horizon Ouest vous font face sur le ciel. Le centre de la carte correspond au zénith, le point situé au-dessus de votre tête.

Une constellation représentée à mi-distance du centre et du bord de la carte est donc à égale distance de l'horizon et du zénith.

TROU NOIR

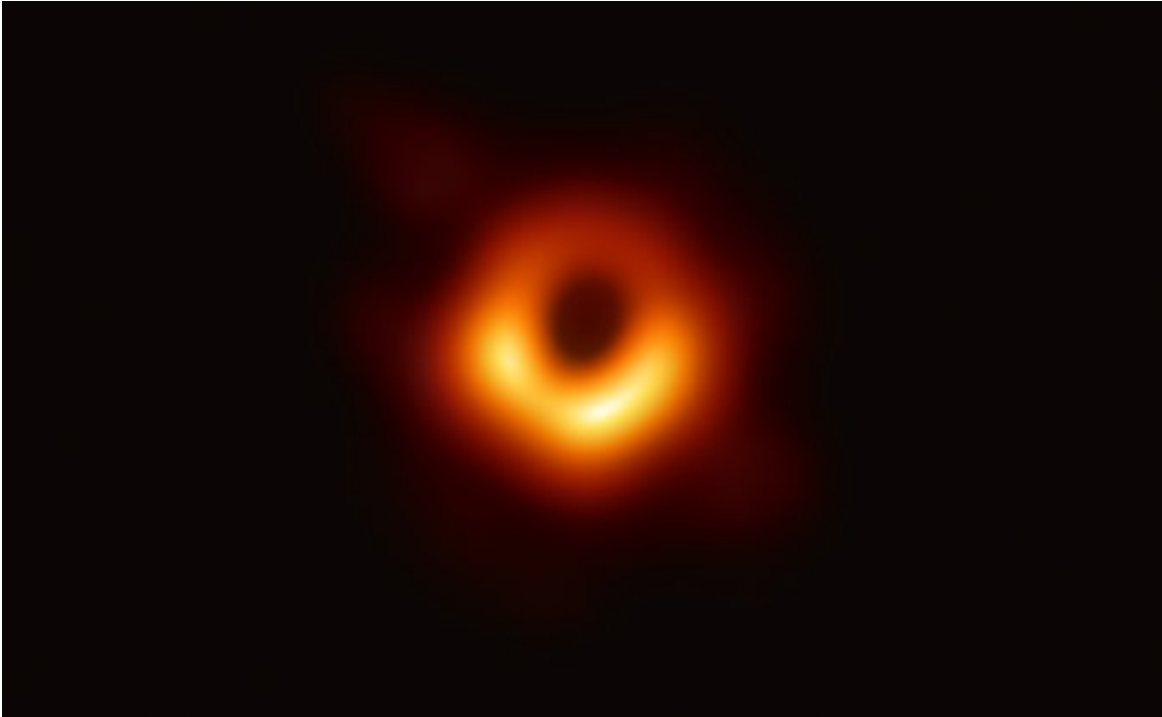
Une photo historique pour les scientifiques et les amateurs d'espace. Les scientifiques d'EHT ont dévoilé la première véritable image d'un trou noir, l'occasion d'en apprendre plus sur eux.

Un halo rougeâtre sur fond noir. Ce n'est peut-être pas aussi impressionnant que dans les films de science-fiction, mais cette image est historique. Il s'agit de la première véritable photographie d'un trou noir. Fournie par le collectif Event Horizon Telescope, cette image montre le trou noir au centre de la galaxie M87, située à 63 millions d'années-lumière. Pour les astronomes, elle permet aussi d'y voir plus clair sur ces objets dont l'existence n'avait pas encore été prouvée. Si vous êtes vous-même amateur d'étoiles, vous ne pourrez malheureusement pas observer le trou noir M87* depuis votre jardin. Mais si vous disposez d'une lunette de 100mm de diamètre et que vous êtes suffisamment loin de la pollution lumineuse, vous pourrez voir la galaxie qui l'abrite. La galaxie Messier 87 est visible depuis chez nous au cours du printemps, et ressemble à une tache lumineuse entre la constellation de la Vierge et du Lion.

Mais qu'est ce que cette image nous apprend sur les trous noirs ? On sait par exemple que la masse de ce trou noir équivaut environ à 6,5 milliards de fois celle de notre soleil, un record même pour un trou noir. Autre information de taille : le trou noir lui-même mesure 38 milliard de kilomètres, soit 250 unités-astronomiques, la distance entre le Soleil et la Terre. Le disque de gaz qui l'entoure est environ 100 fois plus grand. Des chiffres vertigineux, devant une image difficile à décrypter pour les impies.

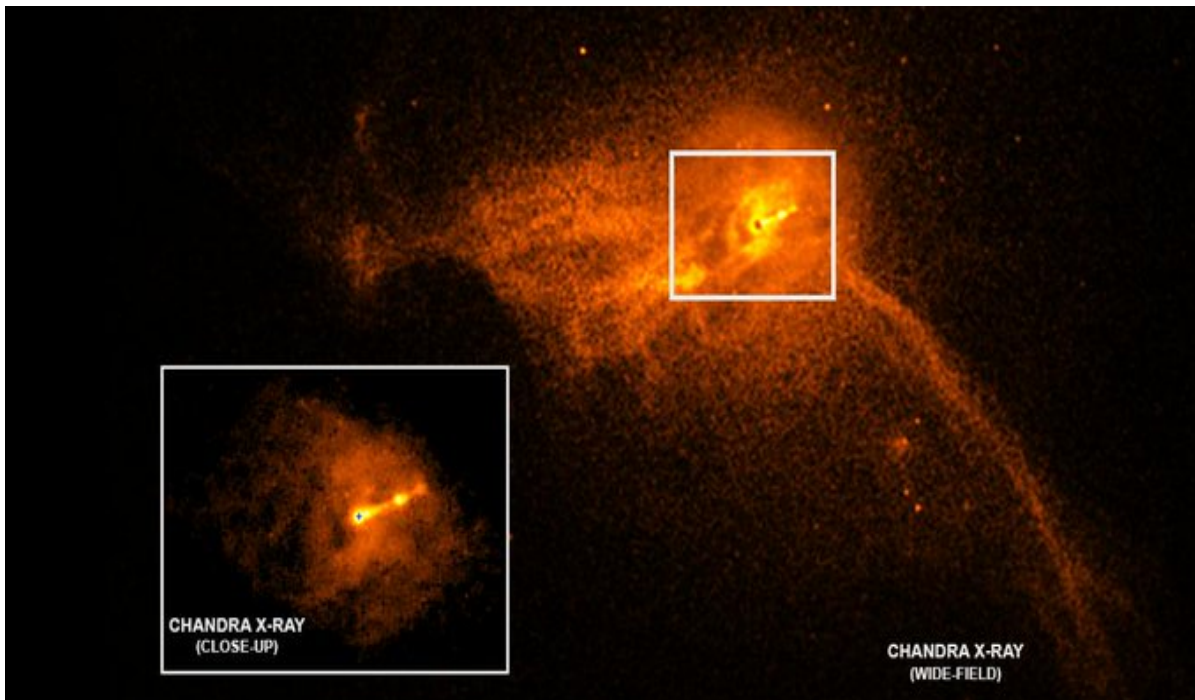
Que voit-on sur la première image de trou noir ?

Cette image ne nous montre à première vue pas grand chose. Pourtant, elle nous permet de nous rendre compte de plusieurs phénomènes. Pour reprendre les mots du **CNRS**, **on peut voir "une structure d'anneau avec une région centrale circulaire et obscure". Cette zone centrale est le trou noir lui même, qui se détache du fond brillant. Une image qui correspond exactement à ce que prédit la théorie de la relativité générale d'Einstein. "La structure orange correspond à la matière surchauffée autour du trou noir" poursuit le site du CNRS.**



Les réactions à cette image ont été unanimes, dans la presse spécialisée mais aussi les médias généralistes et sur Internet. "La porte de l'Univers" titrait par exemple le journal catalan Ara. "Vertigineux !" pour le Télégramme. Et même dans la presse, on se permet quelques détournements : "A quoi ressemble le Brexit de l'espace ?" demande Metro en une ce jeudi 11 avril. Les scientifiques se sont aussi émus de l'avancée que représente cette image. "Nous avons réussi à transformer un outil mathématique en un objet physique que l'on peut tester, observer et mesurer" a expliqué l'un des intervenants lors de la conférence de presse où l'image a été dévoilée.

Une deuxième image a également été dévoilée. Celle-ci montre un plan beaucoup plus large du trou noir. Si le "trou" lui-même apparaît beaucoup moins clairement sur cette photo, on y voit en revanche une image beaucoup plus impressionnante du gaz et de la matière surchauffée au centre de la galaxie M87. Prise par le télescope Chandra, elle est également beaucoup plus vertigineuse : notre système solaire pourrait tenir dans le point noir au centre de l'encadré sur la photo. Les scientifiques espèrent que cette image, combinée avec la nouvelle photo d'Event Horizon Telescope, permettront d'en apprendre bien plus sur les trous noirs.



Qu'est-ce qu'un trou noir ?

La nature même du trou noir rend leur observation difficile. Pour résumer : les trous noirs sont des objets astronomiques qui existent dans la théorie de la relativité générale d'Einstein, et dans la théorie des trous noirs développés par des scientifiques successifs, Wheeler à Stephen Hawking. Ce sont des objets infiniment massifs dans l'univers. Leur masse est si importante qu'absolument rien ne peut échapper à leur attraction, pas même la lumière. D'où la difficulté à les capturer sur une photo. Si leur existence n'avait pas été confirmée à 100%, on soupçonnait déjà l'existence de trous noirs dans de nombreux endroits de l'univers, y compris au centre de notre galaxie.

La photo d'Event Horizon Telescope, un exploit

Albert Einstein soupçonnait déjà leur existence en 1915. Pourtant, jamais aucune photo de trou noir ne nous était parvenue. Les scientifiques, réalisateurs et amateurs de science-fiction devaient se contenter jusque-là de modèles et de simulation par ordinateur. Le collectif Event Horizon Telescope (EHT) a donc présenté le résultat d'une observation croisée réalisée en 2017. Huit télescopes à travers le monde avaient ciblé simultanément deux trous noirs dans le but de produire la première image du phénomène. Depuis deux ans, la communauté scientifique attendait le résultat.

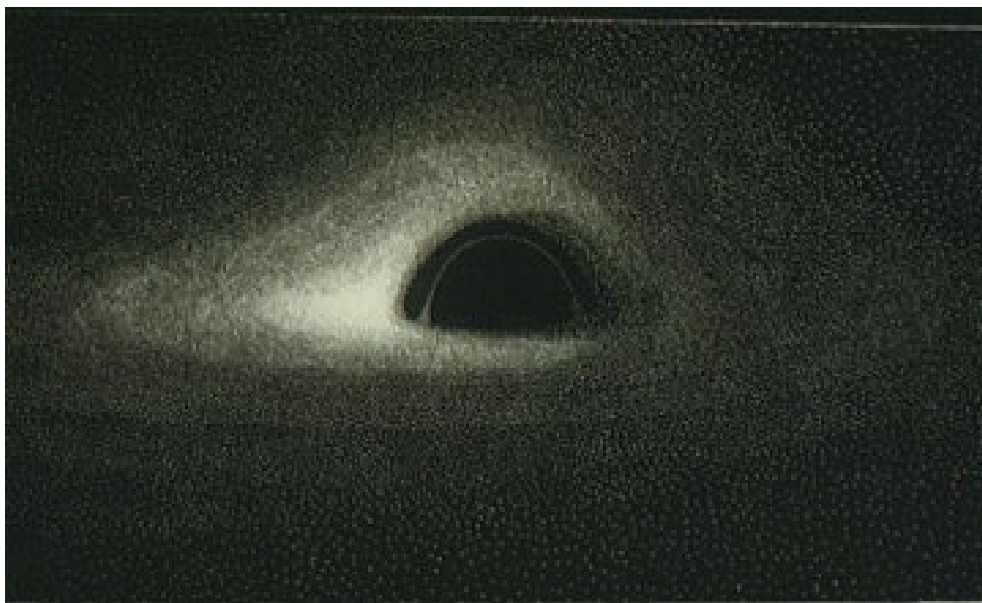
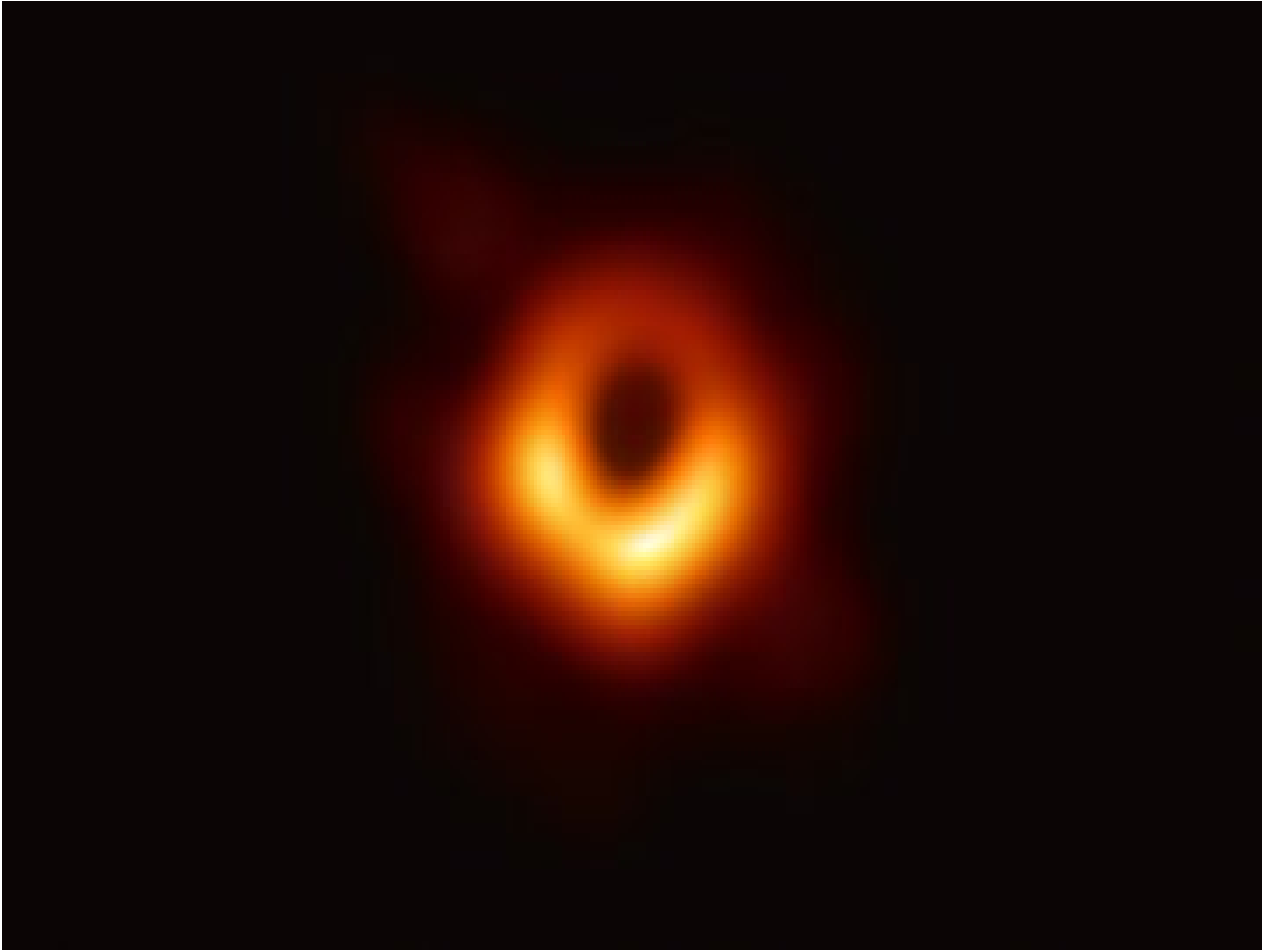
Mais ce n'est pas uniquement les huit télescopes, combinés en un dispositif qui aurait permis de voir un objet de la taille d'une pomme sur la lune depuis la Terre, qu'il faut remercier.

L'image du trou noir M87* a en effet été reconstituée grâce aux travaux de la jeune Katie Bouman. Alors qu'elle était encore "graduate student" au MIT, elle a supervisé le développement d'un algorithme de reconstruction d'images. Ce programme permet de mettre bout à bout des photos, afin d'obtenir une meilleure résolution et une image plus précise à partir de moyens techniques limités. C'est cet algorithme qui a permis de reconstituer l'image du trou noir à partir des clichés des huit télescopes mobilisés par le comité EHT.

Par définition, un trou noir ne renvoie aucune lumière. Pour contourner ce problème, les astronomes cherchent à observer les trous noirs par contraste. C'est-à-dire, en étudiant les contrastes et les déformations sur la matière qui l'entoure. Ou encore, en observant les "disques d'accrétion", la matière qui s'accumule aux abords des trous noirs sous forme de disque et qui devient extrêmement chaude et lumineuse. La photo d'un trou noir dévoilée par EHT est une avancée importante pour les scientifiques et pour confirmer le fonctionnement de ce phénomène. "Une photo, c'est la preuve définitive de l'existence des trous noirs", s'est par exemple enthousiasmé Jean-Pierre Luminet, astrophysicien au CNRS français, auteur de la première simulation numérique d'un trou noir en 1979. Sur [franceinfo](https://www.franceinfo.fr), il expliquait que "même dans la communauté scientifique, il y a encore pas mal de résistance".

Le trou noir d'Interstellar, proche de la réalité ?

Les trous noirs existaient déjà comme des expériences de pensée lors des premières théories de la gravité, et notamment dans les travaux de Mitchell et de Laplace. Les premières tentatives de représentations visuelles des trous noirs date d'une quarantaine d'année. C'est le français Jean-Pierre Luminet qui est à l'origine de la première simulation d'un trou noir, en 1978, alors que les logiciels ne permettaient pas encore d'afficher les résultats des simulations graphiques. Depuis, les progrès d'informatiques ont permis des simulations et des vues d'artistes plus impressionnantes, parfois en mouvement. En 2014, le film de science-fiction Interstellar, réalisé par Christopher Nolan, contient une simulation d'un gigantesque trou noir. Le prix Nobel de physique Kip Thorne avait été consulté par l'équipe du film concernant le fonctionnement et la représentation du trou noir.





Thomas Appéré@thomas_appere

En réponse à @thomas_appere

Il est fascinant de comparer l'image obtenue du trou noir central de M87 avec la 1ère simulation de l'apparence d'un trou noir par Jean-Pierre Luminet et le trou noir Gargantua du film Interstellar que le prix Nobel de Physique 2017 Kip Thorne a aidé à représenter.

Les trous noirs supermassifs sont des trous noirs géants qui ne proviennent pas de l'effondrement d'une étoile et dont les masses vont d'environ un million à plusieurs milliards de masses solaires.

Où se trouvent les trous noirs supermassifs ?

Ils sont tapis au cœur de la majorité des grandes galaxies et notre propre Voie lactée en possède un pesant presque 4 millions de masses solaires. Le record de masse pour un tel trou noir est pour l'instant détenu par la galaxie elliptique NGC 4889 qui contiendrait un trou noir pesant 21 milliards de masses solaires.

Lorsque de grandes quantités de gaz et de poussières chutent vers ces astres elles forment généralement un disque d'accrétion en rotation autour de celui-ci. Cette chute s'accompagne de la libération d'une quantité prodigieuse de rayonnement, principalement ultraviolet et X et peut même donner lieu à la formation d'un quasar.

Comment se forment les trous noirs supermassifs ?

On ne sait pas très bien comment sont apparus les premiers trous noirs massifs au cœur des galaxies, tout ce que l'on sait c'est qu'ils croissent de pair avec les galaxies. La théorie standard veut que ce soit à l'occasion de collisions entre galaxies, avec fusion, que la coalescence de leurs trous noirs centraux se produise. Ce serait-là le processus le plus efficace pour obtenir les trous noirs supermassifs de plusieurs milliards de masses solaires aujourd'hui observés.

On pense qu'il existe dans certains amas globulaires des trous noirs massifs, ne résultant pas de l'effondrement d'une étoile. Là aussi, lors de collisions entre galaxies, de tels trous noirs pourraient être phagocytés par le trou noir central. De fait, on connaît des exemples de ces trous noirs intermédiaires dans une galaxie. Un autre exemple de galaxie bien connu est NGC 6240, qui contenait elle-même deux trous noirs supermassifs qui nous apparaissent sur le point de fusionner dans des millions d'années.

Toutefois, la théorie voulait que ce soit à l'occasion de ces fusions de galaxies que s'allument les quasars. Les dernières observations montrent que ce n'est pas le cas. Certains éléments nous échappent donc encore dans le processus de croissance des trous noirs supermassifs.

La théorie des trous noirs

On peut considérer que Subrahmanyan Chandrasekhar avait prévu la formation des trous noirs avant tout le monde au début des années 1930 en découvrant qu'une étoile ayant épuisé son carburant nucléaire et dont la masse dépassait 1,44 masse solaire devait s'effondrer sur elle-même. Bien qu'un tel effondrement gravitationnel puisse parfois simplement conduire à la formation d'une étoile à neutrons, il peut aussi conduire à un trou noir, comme Robert Oppenheimer et George Volkoff l'ont montré en compagnie d'Hartland Snyder.

Un trou noir est une région de l'espace dont rien ne peut s'échapper, pas même la lumière. Il est donc naturel de se demander si ce type d'objet pourrait être une menace pour notre planète. Futura-Sciences a interviewé Jean-Pierre Luminet, astrophysicien de renom, qui nous répond ici en vidéo. © Futura-Sciences

La théorie des trous noirs fit l'objet d'impressionnants travaux de Chandrasekhar pendant les années 1970. Avec sa découverte de ce qui s'appelle maintenant la masse de Chandrasekhar, ils furent en partie à l'origine de son prix Nobel de physique en 1983. Comme d'habitude pour la remise de ce prix, le lauréat donne une conférence. À la fin de celle du grand astrophysicien indien, on trouve de fascinantes remarques concernant la théorie mathématique des trous noirs, qui sont à peu près les suivantes :

« Je ne sais pas si toute la portée de ce que j'ai dit est claire. Laissez-moi vous expliquer. Les trous noirs sont des objets macroscopiques avec des masses variant de quelques masses solaires à des milliards de masses solaires. Lorsqu'ils peuvent être considérés comme stationnaires et isolés, ils sont tous, chacun d'entre eux, décrits exactement par la solution de Kerr. C'est le seul cas connu où nous avons une description exacte d'un objet macroscopique.

Les objets macroscopiques tout autour de nous sont régis par une variété de forces, décrites par diverses approximations de plusieurs théories physiques.

En revanche, les seuls éléments de construction de trous noirs sont nos concepts de base de l'espace et du temps. Ils sont ainsi, presque par définition, les objets macroscopiques les plus parfaits de l'univers. Et puisque la théorie de la relativité générale nous fournit une famille de solutions dépendant uniquement de deux paramètres pour leur description, ils sont aussi les objets les plus simples de l'univers ».

On l'attendait depuis un moment et cet événement fera date dans l'histoire de l'exploration du Cosmos par l'Humanité. La première image d'un trou noir prise avec l'*Event Horizon Telescope* a été dévoilée et c'est celle du trou noir supermassif au cœur de la galaxie M87. Une nouvelle fenêtre sur la gravitation quantique s'ouvre peut-être, selon Aurélien Barrau.

La séquence d'événements semble trop belle pour être vraie. En novembre 2015, on a fêté le centenaire de la découverte de la théorie de la relativité générale par Albert Einstein. L'année suivante, alors que cela faisait aussi cent ans que Karl Schwarzschild avait découvert sa solution des équations d'Einstein et qu'Einstein avait commencé à comprendre que sa théorie prédisait l'existence des ondes gravitationnelles, les membres de la collaboration Ligo-Virgo annonçaient qu'ils avaient mesuré directement sur Terre, pour la première fois, non seulement ces ondes gravitationnelles mais qu'elles provenaient de la fusion de deux trous noirs binaires, trou noir dont l'existence découlait justement des travaux de Schwarzschild.

Einstein, comme plusieurs de ses collègues, n'était pas du tout à l'aise avec la solution de Schwarzschild qui semblait physiquement pathologique bien que mathématiquement exacte. La structure de l'espace-temps qu'elle impliquait défiait en plus la compréhension, et il faudra attendre la fin des années 1950 et le début des années 1960 avec les travaux de chercheurs comme David Finkelstein, Martin Kruskal et Roger Penrose pour y voir plus clair. La singularité centrale, dont l'occurrence lors de l'effondrement d'une étoile avait été démontrée par Penrose, semblait confirmer ce qu'Einstein n'aimait pas, un effondrement de sa théorie et plus généralement de la physique avec la solution de Schwarzschild.

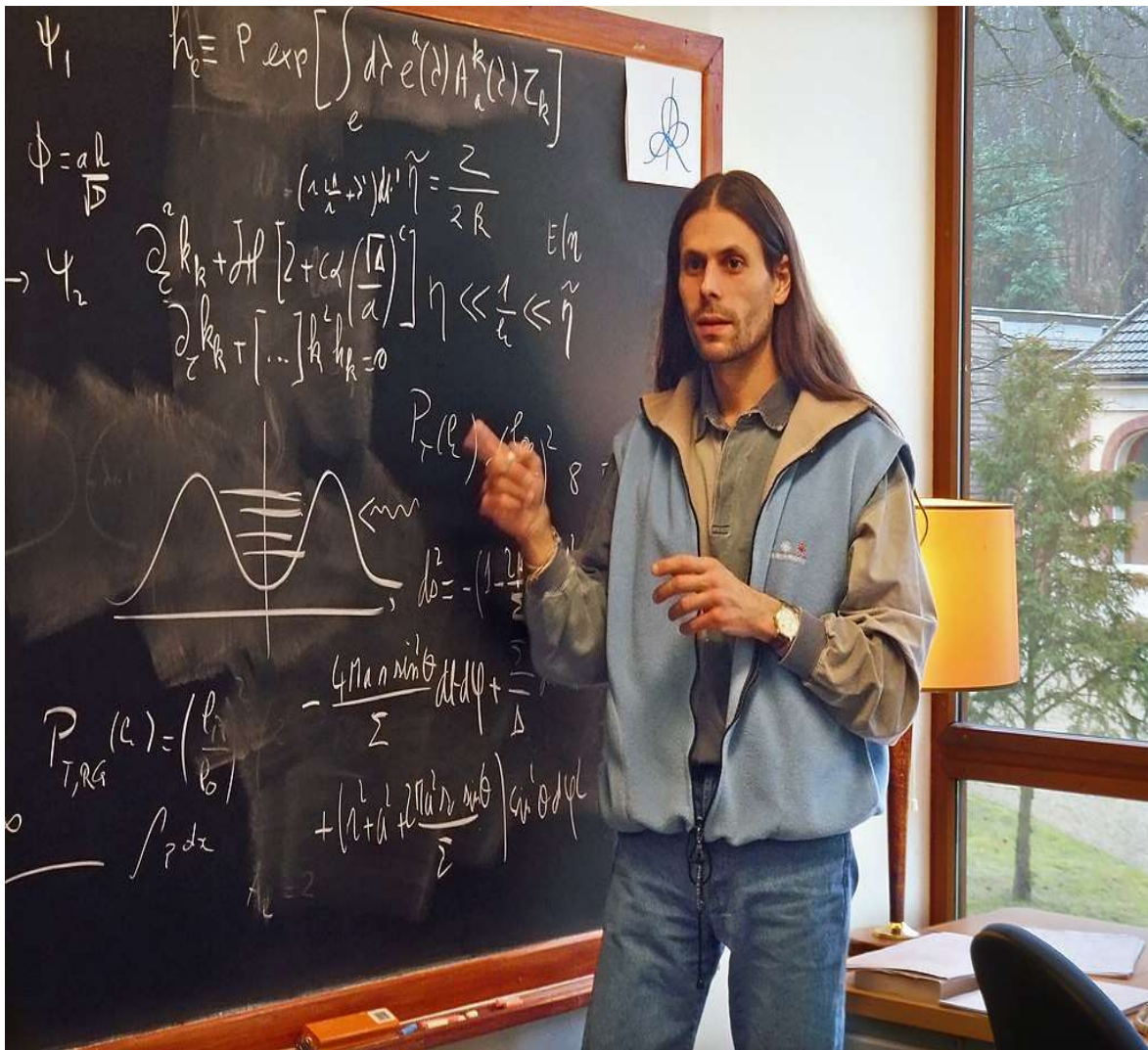
Le problème était même plus aigu qu'Einstein ne pouvait le prévoir, il y a presque 100 ans, en créant la cosmologie relativiste en 1917. Il s'avérera en effet par la suite, avec les travaux d'Oppenheimer et ses élèves, que l'effondrement d'une étoile en trou noir est très similaire - si l'on inverse le sens du temps - à la naissance du cosmos observable avec le début de l'expansion de son espace, comme l'avaient notamment compris John Wheeler et Stephen Hawking.

Les trous noirs, des laboratoires de cosmologie quantique

Plus tard, l'astrophysicien et prix Nobel de physique Subrahmanyan Chandrasekhar ne manqua pas de souligner qu'un trou noir de Kerr en rotation, éventuellement avec une charge, ressemble à une particule élémentaire avec spin comme l'électron ou un quark (rappelons qu'un proton n'est pas une particule élémentaire et encore moins un trou noir). Wheeler et Bryce DeWitt, l'époux de la physicienne et mathématicienne française Cécile DeWitt-Morette, entreprirent de construire une théorie quantique de la gravitation pour décrire le Big Bang et les singularités dans les solutions de la théorie de la relativité générale au cours des années 1960. Peu de temps après, Hawking allait découvrir le fameux rayonnement des trous noirs et le paradoxe de l'information, qui questionne la nature profonde de la réalité, en appliquant les lois de la mécanique quantique aux trous noirs. Il n'est pas difficile de comprendre pourquoi les physiciens se passionnent pour l'étude des trous noirs car ces objets sont probablement une clé de toute la physique fondamentale et d'une compréhension profonde de l'origine de l'Univers.

observé les ondes gravitationnelles de ce qui semble bel et bien être des trous noirs qui fusionnent. Surtout, en cette année 2019, tout porte à croire que nous avons enfin obtenu une image montrant un trou noir supermassif avec un horizon des événements. Et que nous allons pouvoir sonder ce qui se passe très près de cet horizon dans un avenir proche avec l'*Event Horizon Telescope* à l'origine de cette découverte, et, dans un avenir pas si lointain, au cours des années 2030, avec la mission eLisa. Remarquablement cette année, il y aura un siècle qu'Arthur Eddington apportait la première preuve de la théorie de la relativité générale en 1919, là aussi avec les effets de la relativité générale sur la trajectoire des rayons lumineux, et 40 ans que Jean-Pierre Luminet obtenait la première image réaliste de l'aspect d'un trou noir en utilisant un ordinateur (voir l'article ci-dessous).

Sommes-nous à l'aube de la découverte de manifestations expérimentales d'une théorie de la gravitation quantique ? On peut l'espérer. Aurélien Barrau l'a expliqué à Futura à l'occasion du succès des membres de la collaboration de l'*Event Horizon Telescope*.



Aurélien Barrau lors d'une conférence à l'IHÉS (Paris). © Aurélien Barrau

« Nous avons d'excellentes raisons de croire que la relativité générale n'est pas une théorie définitive. Il faudrait, la "quantifier", ce qui résoudrait à la fois des problèmes de cohérence et étendrait sa capacité à décrire davantage de phénomènes. Il n'y a hélas pas consensus quant à la manière de procéder.

On suspecte depuis longtemps que le cœur des trous noirs est une zone où la gravitation quantique doit être convoquée. De très nombreuses études ont été menées pour comprendre comment cette dernière pourrait parvenir à s'affranchir des "singularités" de la relativité générale qui sont en réalité des pathologies de celle-ci.

Mais la plupart des études étaient jusqu'alors cantonnées à des effets très localisés au centre des trous et donc masquées par l'horizon. Il s'agissait par conséquent d'effets qui n'étaient pas observationnellement testables et touchaient plutôt à la cohérence interne du modèle. Récemment, le credo a évolué et plusieurs arguments intéressants laissent entendre que des corrections quantiques pourraient exister en dehors de l'horizon du trou noir ! Et cela change tout parce que la zone de l'espace-temps, soumise à des effets mesurables de gravitation quantique, pourrait maintenant être observable.

Il n'est pas certain que ces effets hors de l'horizon existent. Mais il faut noter que plusieurs approches indépendantes, utilisant des arguments assez généraux, mènent à cette conclusion. Cela ouvrirait des perspectives extraordinaires. De mon côté, je travaille sur les modes de relaxation des trous noirs dans le cadre de cette hypothèse. L'idée serait alors de voir les effets de gravitation quantique par les ondes gravitationnelles observées par Ligo et Virgo. Mais, de façon remarquable, il pourrait aussi se faire que l'ETH puisse sonder ces phénomènes.

Assez récemment, Giddings et Psaltis ont étudié les fluctuations quantiques qui existeraient hors de l'horizon et ont, pour la première fois, calculé les effets visibles et dépendant du temps qui pourraient en résulter. Ils concluent que les conséquences seraient difficilement discernables sur le trou noir au centre de notre Galaxie mais pourraient être vues autour de celui, 1.000 fois plus massif, se trouvant au centre de M87. Cela ouvre des possibilités fascinantes pour tester des hypothèses novatrices concernant les structures quantiques au voisinage des trous noirs. »

Ces déclarations font écho à celles du regretté Pierre Binétruy qui expliquait lui aussi, notamment dans la vidéo ci-dessous, que l'étude des ondes gravitationnelles et de l'environnement proche de l'horizon des événements pourrait bien un jour nous donner des clés pour tester et comprendre une théorie quantique de la gravitation.

Interview : comment mesurer les ondes gravitationnelles ? Les ondes gravitationnelles sont des déformations de l'espace-temps prédites par Einstein. Il serait possible de les mesurer avec des outils appropriés. L'éditeur littéraire Dunod a interviewé Pierre Binétruy, professeur au laboratoire Astroparticule et Cosmologie de l'université Paris Diderot, afin d'en savoir plus sur ces mystérieuses ondes et sur la façon dont on pourrait les détecter. © Dunod

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Depuis plusieurs années, les astrophysiciens peaufinaient un radiotélescope virtuel géant de la taille de la Terre, qui s'obtient en combinant des radiotélescopes sur plusieurs continents, pour faire de l'interférométrie à très longue base (ou VLBI, *Very Long Baseline Interferometry*).
- L'objectif de l'*Event Horizon Telescope* (EHT) était de former une image de plus en plus résolue du trou noir supermassif de la Voie lactée et de la galaxie M87, en espérant y trouver indirectement une preuve de l'existence d'un horizon des événements, ou pour le moins de tester la théorie de la relativité générale et les prédictions de la solution de ses équations décrivant les effets d'un trou noir de Kerr en rotation sur son environnement proche.
- Une image en ce sens a été prise en 2017. L'analyse des données est terminée mais une seule image a pour le moment été révélée. Elle semble parfaitement conforme à celle attendue d'un trou noir décrit par la théorie de la relativité d'Einstein. Il faudra attendre encore un peu pour voir une image de Sagittarius A* dans la Voie lactée.
- Il sera peut-être possible de tester certains aspects d'une théorie quantique de la gravitation avec l'EHT

Laurent Sacco

ÉRATOSTHÈNE de Cyrène



ÉRATOSTHÈNE de Cyrène

Cyrène vers 276 - Alexandrie vers 194 av. J.-C.

1. Ératosthène de Cyrène.

Ératosthène est un astronome, philosophe, géographe et mathématicien, né à Cyrène, une ancienne ville grecque en actuelle Libye. Cette ville porte maintenant le nom de Shahhat. Après avoir suivi des études dans sa ville natale, il aurait été l'élève du poète Callimaque de Cyrène (vers 305 - 240 av. J.-C.) à Alexandrie. Vers l'âge de 20 ans, Ératosthène s'installe à Athènes et y fréquente Ariston et Arcésilas, des élèves de Platon, ainsi que des stoïciens. Sa notoriété devient telle que le souverain Lagide Ptolémée III Évergète le fait venir à Alexandrie, pour être précepteur de son fils, le futur Ptolémée IV Philopator et diriger la grande bibliothèque. La ville d'Alexandrie, fondée en -331 par Alexandre le Grand, est alors à son apogée. Dans le centre culturel et intellectuel du monde antique, Démétrios de Phalère (mort en 280 av. JC) , a fondé il y a quelques années, la plus grande bibliothèque de l'antiquité. Elle regroupe plus de 400 000 volumes (certains avancent le nombres fabuleux de 700 000) et attirent les plus grands esprits de l'époque.

2. Ératosthène bibliothécaire.

Autre nouveauté et non des moindres : le poste de bibliothécaire est créé. A l'origine, cet homme ne devait pas être plus qu'un précepteur, mais la Bibliothèque grandit et il devient nécessaire de trouver une personne de référence, capable de s'approprier le lieu, de classer, de guider les recherches.

Pour Ptolémée III, le nom de l'érudit Ératosthène s'impose alors à ce poste et, de 235 av. J.-C. à sa mort, il devient le troisième conservateur de la fameuse Bibliothèque d'Alexandrie. Il y édite notamment un ouvrage resté célèbre, un traité d'Archimède intitulé les Éphodiques ou De la méthode.

3. Ératosthène historien et astronome.

En histoire, Ératosthène propose une méthode de classification des événements historiques. Il élabore un système chronologique permettant de dater les événements importants survenus depuis la guerre de Troie, facilitant ainsi la distinction entre les légendes et les faits historiques.

Astronome aussi, certains historiens lui attribuent la création d'un catalogue classifiant 675 étoiles. Il aurait aussi démontré l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur et fixé cette inclinaison à $23^{\circ} 51'$. Ératosthène participa en outre à la construction du premier observatoire astronomique.

4. Ératosthène, le premier géographe de l'histoire.

Son savoir pluridisciplinaire lui permet d'envisager une géographie empreinte de mathématique et d'astronomie. Il rassemble toutes les mesures établies pour rénover la cartographie de l'époque et conçoit une véritable carte du monde connu, c'est à dire du bassin méditerranéen, que l'on nomme *écoumène*. L'*écoumène* est une notion géographique pour désigner l'ensemble des terres habitées ou exploitées par l'Homme.

Il effectue cela avec une remarquable précision pour l'époque. Il est de ce fait considéré comme le premier géographe de l'histoire.

Il propose de diviser la Terre en zones différenciées par la longueur du plus long jour de l'année, les "climats". Ératosthène décrivait le globe terrestre en cinq zones parallèles : la canicule, bande centrée sur l'équateur, deux calottes polaires, une à chacun des pôles, et deux zones tempérées, comprises entre la canicule et les calottes polaires.

Il aurait aussi donné $47^{\circ}42'$ comme mesure de l'arc de méridien compris entre les tropiques du cancer et du capricorne extraordinairement proche de la mesure admise aujourd'hui, à savoir $47^{\circ}40'$. Il est en cela un précurseur de l'œuvre de Claude Ptolémée (90 - 168 après J.-C.), et de sa célèbre carte du monde, *Imago mundi*, que restera la référence de représentation de la Terre durant des siècles.

Notons que c'est à Ératosthène que l'on attribue l'origine du mot *géographie*.

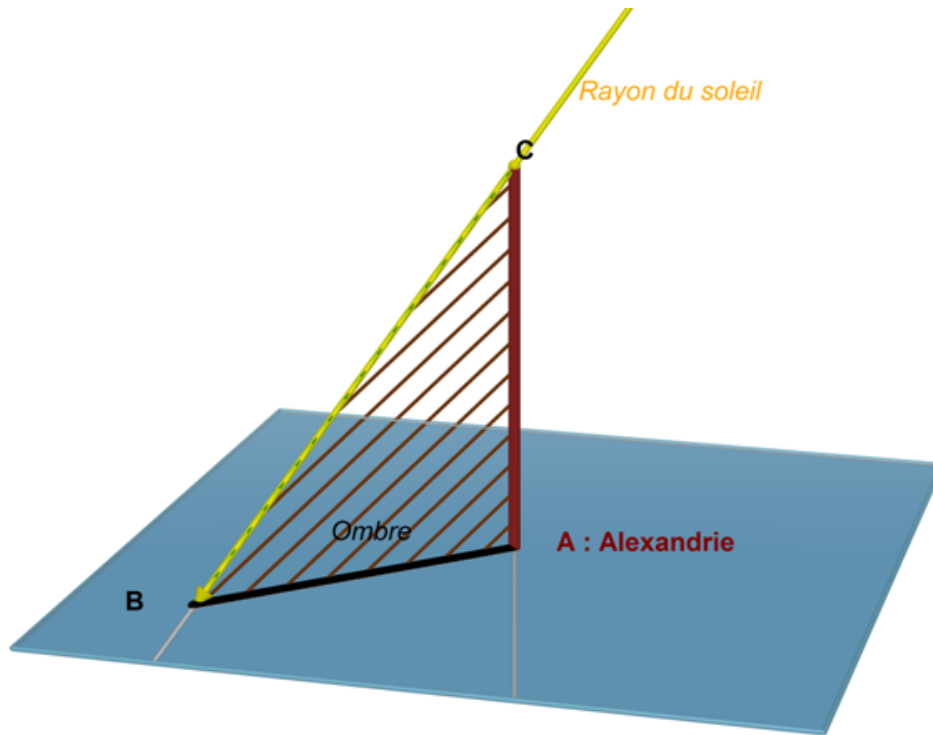
5. Ératosthène et le calcul de la circonférence de la terre.

Ératosthène est aussi célèbre pour son astucieux calcul de la circonférence de la terre. Si les résultats obtenus par le savant Ératosthène suscitent bien des interrogations quant à leur (trop ?) remarquable précision, il n'en reste pas moins que la méthode utilisée reste fort ingénieuse.

Position du problème.

Ératosthène part du constat suivant.

Dans la ville de Syène, au midi solaire local, lors du solstice d'été (le 21 juin), un bâton (ou gnomon) planté verticalement n'a pas d'ombre (ou presque). Ératosthène avait en fait remarqué qu'il n'y avait pas d'ombre dans un des puits de la ville à cet instant.



Au même moment, à Alexandrie, on peut mesurer l'ombre [AB] formée par un obélisque [AC] sur le sol. Alors, nous pouvons en déduire une mesure de l'angle BCA.

La mesure de l'angle ACB.

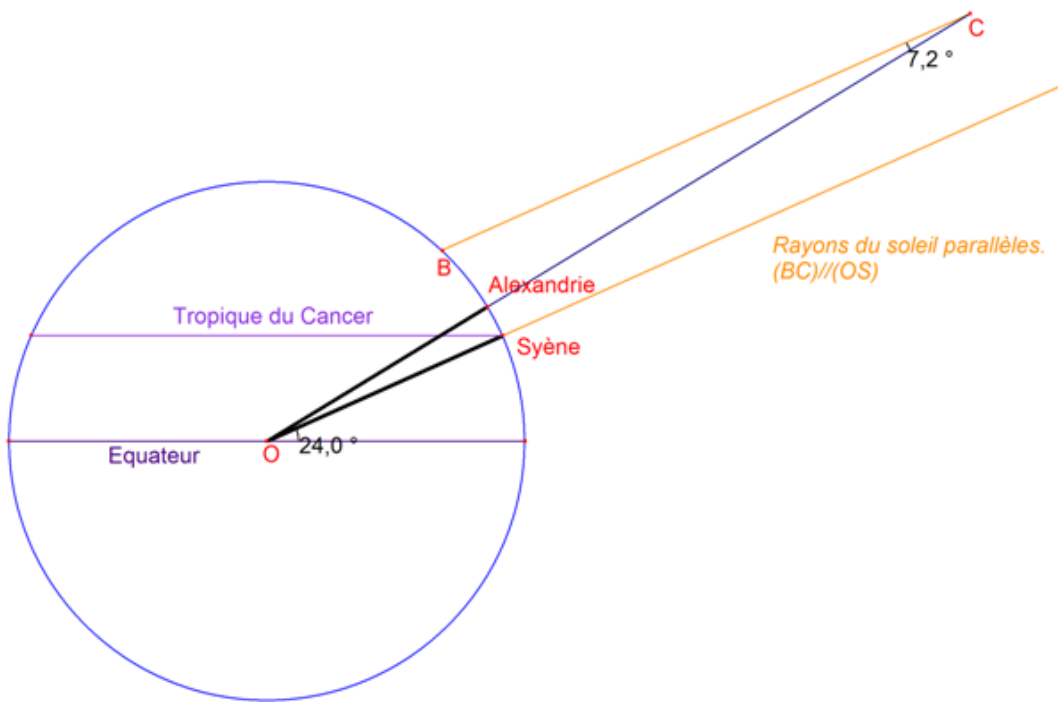
L'œuvre d'Ératosthène a pratiquement disparu, et même si l'astronome grec CLÉOMÈDE (1er siècle), les historiens STRABON (vers 57 av. J.-C., mort entre 21 et 25 ap. J.-C.) et PLINIE l'Ancien (23 - 79 ap. J.-C.) relatent l'histoire de cette mesure, personne ne peut affirmer avec exactitude comment Ératosthène a mesuré l'angle à Alexandrie.

On trouve souvent dans la littérature les valeurs de AC = 50 coudées pour l'Obélisque, et de AB = 6 coudées $\frac{1}{3}$ pour l'ombre.

Les relations trigonométriques dans le triangle rectangle ABC permettent de donner une approximation de la mesure de l'angle ACB.

$$\tan \widehat{ACB} = \frac{AB}{AC} = \frac{6 + \frac{1}{3}}{50} \cong 0,12667 \text{ et } \widehat{ACB} = \tan^{-1} \left(\frac{6 + \frac{1}{3}}{50} \right) \cong 7,22^\circ$$

On a donc la configuration suivante :



La mesure de la circonférence de la Terre.

Cette mesure établie, il ne reste plus qu'à constater que les angles BCA et AOS sont de même mesure si l'on considère que les rayons du soleil (SO) et (CB) sont parallèles.

Pour Ératosthène, il ne reste plus alors qu'à calculer la distance entre les villes de Syène et d'Alexandrie. Pour cela requiert l'aide d'un bématisse, c'est à dire d'un arpenteur de l'Egypte antique dont la charge était de mesurer des distances. Le bématisse utilisait une méthode simple, il comptait le nombre de pas (béma) d'un chameau lors du voyage entre deux points. Le chameau étant réputé pour avoir une marche régulière, les calculs étaient d'une précision assez étonnante. Le bématisse lui fournit donc une mesure de 5 000 stades entre Alexandrie et Syène, soit environ 800 km ce qui est très proche de la réalité.

Ensuite à l'aide d'une simple règle de trois (ou proportionnalité) on obtient facilement :

Si 800 km correspondent à $7,2^\circ$, alors un tour complet soit 360° correspond à :

$$800 \times 360,2 = 40\,000 \text{ km}$$

Remarquable, quand on sait que la valeur retenue de nos jours est à l'Equateur d'environ 40 075, 017 km et, en passant par les pôles, de 40 007,864 km.

6. Ératosthène mathématicien, le crible d'Ératosthène.

Dans son œuvre principale « Platonikus », Eratosthène le mathématicien, présente des définitions de géométrie, d'arithmétique et traite aussi d'autres domaines telles que la philosophie ou la musique. On y trouve par exemple le principe du Mésolabe qui permet d'obtenir une relation de proportionnalité par utilisations répétées du théorème de Thalès. Ératosthène reste surtout célèbre en mathématique pour avoir fourni une méthode de recherche des nombres premiers, c'est à dire des nombres (entiers supérieurs ou égaux à 2) qui ne sont divisibles que par 1 et par eux même.

⇒ Pour en savoir plus sur ce crible, visitez la page : Crible d'Eratosthène.

7. La mort d'Ératosthène et conclusion.

Ératosthène devint aveugle à la fin de sa vie. On raconte qu'il préféra se donner la mort (en se laissant mourir de faim) " ne pouvant plus admirer les étoiles " !

Il est amusant de constater que son domaine de notoriété dépend en fait, de la formation de la personne qui vous parlera de lui. Un professeur de mathématiques le qualifiera de mathématicien (mesure de la circonférence de la terre, crible), un professeur d'histoire-géographie, d'historien ou de premier géographe.

Terminons par une petite anecdote. Eratosthène, le brillant savant, était aussi un athlète, ce qui lui valu le surnom de Pentathlos. Ses élèves lui auraient aussi donné le surnom de bête, β . Pourquoi cela ? Parce que doué dans de nombreuses disciplines, il n'était le meilleur dans aucune ou juste pour indiquer la numérotation de sa classe de cours.

Bibliographie.

[DaDaPe] : A.DAHAN-DALMEDICO/J.PEIFFER, Une histoire des mathématiques, Seuil, Paris, 1986.

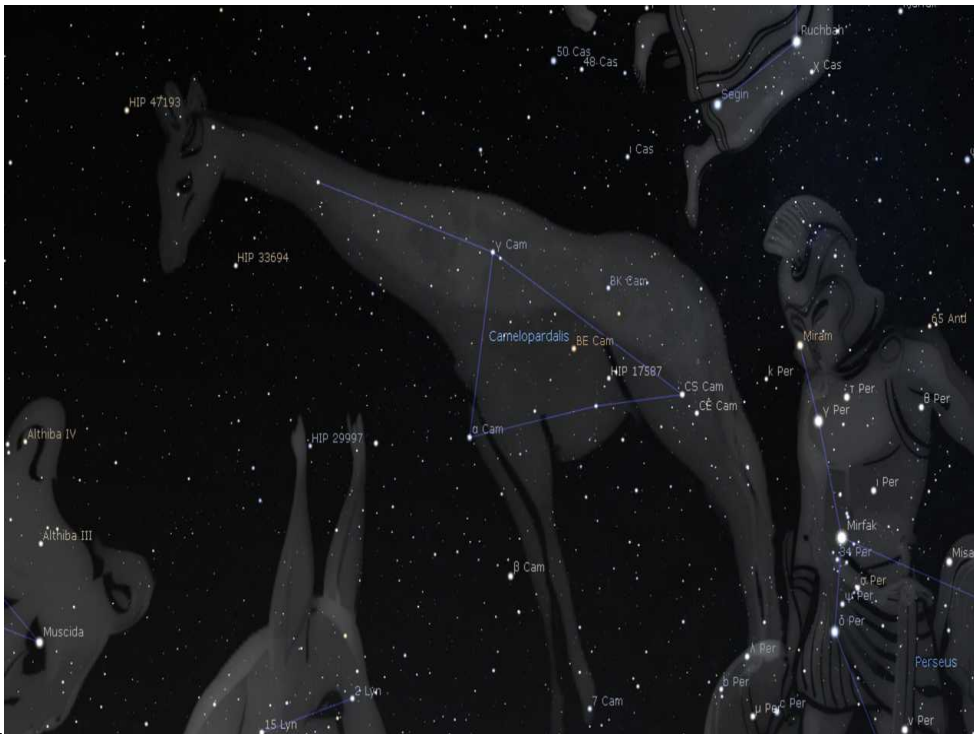
[HaSu] : B. Hauchecorne et D. Surateau, Des mathématiciens de A à Z, Ellipse, Paris, 1996.

[TanHs30] : Tangente, Histoire des mathématiques de l'Antiquité à l'an Mil, HS n°30, Pole, Paris, 2007.

LA CONSTELLATION DU MOIS

LA GIRAFE

Enfin, un peu d'exotisme dans notre bestiaire céleste ! La Girafe (*Camelopardalis* en latin, abrégé Cam) est ajoutée à la liste des constellations au tournant du XVII^e siècle par le Néerlandais Pierre Van der Planck, passionné de cartographie et d'astronomie. En hiver, elle vous obligera à lever la tête. Cette discrète constellation est en effet proche du pôle Nord céleste, juste au-dessus du Cocher. Mais en mai, elle se trouve plein nord en milieu de nuit, avec Cassiopée sur sa droite. Dépourvue d'astres brillants, la Girafe se révèle toutefois difficile à repérer. Alpha Camelopardalis, malgré sa désignation, n'est pas son étoile la plus lumineuse. Cette lointaine super géante bleue ne brille que d'une magnitude 4,3, éclat que Bêta Cam dépasse très légèrement (magnitude 4). Une des curiosités de la Girafe se dévoile seulement aux jumelles. C'est la "cascade de Kemble", un collier d'une vingtaine d'étoiles de couleur variée qui aboutit à l'amas ouvert NGC1502. Cet astérisme, popularisé par l'amateur canadien Lucian Kemble dans les années 1980, s'étend sur une longueur équivalant à 5 fois la Pleine Lune.



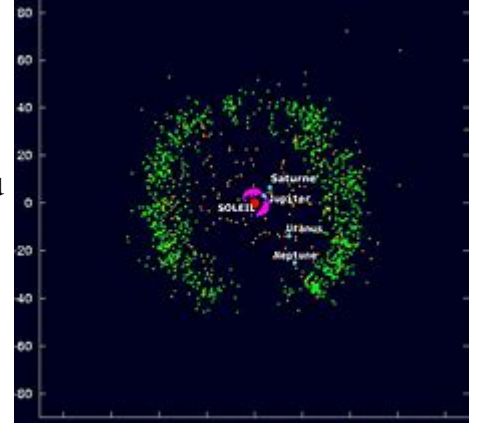
AUX JUMELLES

- Cette constellation circumpolaire, qui s'étend sur près de 760° carrés, n'est pas facilement repérable. Ses étoiles les plus brillantes atteignent à peine la magnitude 4. NGC1502 est un petit amas ouvert de magnitude 6 d'une quarantaine d'astres que l'on peut percevoir aux jumelles. Mais un instrument de 100 mm se révèle nécessaire pour en dissocier les étoiles.

• LE SAVIEZ-VOUS?

1) LE 1 mai 1949

Il y a 70 ans, l'astronome américain d'origine néerlandaise Gerard Kuiper (1905-1973) découvrait Néréide, le troisième plus grand satellite de Neptune. Un an auparavant, en 1948, il avait déjà réalisé la découverte du satellite d'Uranus Miranda. Kuiper est surtout connu pour avoir prédit l'existence d'une ceinture d'astéroïdes et de comètes au-delà de l'orbite de Neptune, appelée aujourd'hui Ceinture de Kuiper.



2) Le 22 avril 1959

Deux ceintures de rayonnement encerclant le globe terrestre ont été découvertes il y a 60 ans par l'Américain James Van Allen (1914-2006) : les ceintures de Van Allen. Ces zones sont constituées de particules énergétiques provenant des vents solaires et capturées par le champ magnétique de la Terre. Elles sont situées entre 500 et 58000 km d'altitude. La rencontre entre les particules des ceintures de Van Allen et la haute atmosphère terrestre est à l'origine des aurores polaires. C'est grâce aux compteurs Geiger embarqués sur les satellites Explorer 1 et 3 que James Van Allen a pu confirmer la présence de ces ceintures.



ENIGMES

Chercher l'erreur



Envoyez vos solutions à :
andrebourdet@gmail.com

Solution de l'énigme précédente

Photo de la Lune

Trois erreurs sont visibles sur cette photo. Il s'agit donc d'une photo de la pleine Lune

La première est que la Lune ne peut pas se trouver dans la Grande Ourse. En effet, comme elle tourne autour de la Terre approximativement dans le plan de l'écliptique, elle est toujours proche des constellations du zodiaque et ne peut pas s'approcher de l'étoile Polaire comme ici.

Deuxième erreur, la Lune est trop grosse comparée à la Grande Ourse. En effet, sur la photo, la Lune deux étoiles de droite de la casserole alors que leur distance angulaire vaut en réalité 10 fois le diamètre de la Lune.

Enfin, troisième erreur, la pleine Lune est trop lumineuse pour que l'on puisse voir les étoiles faibles de la Grande Ourse comme celle de la tête et des pattes de l'ourse.



Je n'ai reçu aucune réponse complète

LA DATE DE PÂQUES EN 2019

EN 2019, L'ÉQUINOXE ÉTAIT LE 20 MARS ET LA PLEINE LUNE LE 21 MARS, PÂQUES **AURAIT DÛ ÊTRE LE 24 MARS** ; ALORS POURQUOI PÂQUES EST PLACÉ LE 21 AVRIL ?

C'est lors de la réforme du calendrier en 1582 promulguée par le pape Grégoire XIII et mise en forme notamment par l'astronome Christopher Clavius (1538 - 1612) que la règle du concile de Nicée de 325 fixant la date de Pâques a été scellée dans le marbre (il ne subsiste du concile de 325 aucun document attestant la règle telle qu'on la connaît aujourd'hui) :

Pâques est le dimanche qui suit le quatorzième jour de la Lune qui atteint cet âge au 21 mars ou immédiatement après.

Il en découle que Pâques est une fête mobile qui peut tomber entre le 22 mars et le 25 avril.

Mais il ne faut pas oublier que les éléments qui ont servi aux astronomes du XVI^e siècle à établir longtemps à l'avance la date de Pâques sont les éléments moyens (issue des tables Pruténiques parues en 1551 et qui sont les premières tables coperniciennes), qui peuvent différer des éléments vrais, c'est-à-dire astronomiques.

Ainsi la règle de Nicée fixe l'équinoxe de printemps invariablement au 21 mars : or la date de l'équinoxe dérive, d'une part en raison de l'écart entre l'année grégorienne (année de notre calendrier) et l'année tropique (année des saisons, elle-même variable).

Et d'autre part en raison de la variation de la durée des saisons (actuellement le printemps dure 92,76 jours).

La date la plus fréquente de l'équinoxe en ce début de XXI^e siècle est le 20 mars mais l'équinoxe tombera le 19 mars en 2044 et 2048.

La Lune « ecclésiastique » qui sert à calculer Pâques est une Lune moyenne, dépouillée de ses nombreuses inégalités, qui vaut 29 jours 12 h 44 m (intervalle moyen entre deux pleines Lune ou lunaïson).

Or la Lune vraie (astronomique) peut s'écarter notablement de la Lune moyenne puisque la lunaïson peut durer de 29 jours 7 h à 29 jours 20 h. Ce qui conduit parfois à placer la Lune ecclésiastique près de deux jours après la Lune astronomique.

Si l'on prend en compte les éléments astronomiques vrais et ceux du comput ecclésiastique, on observe donc des divergences. Les plus fréquentes sont liées aux écarts entre Lune vraie et Lune moyenne.

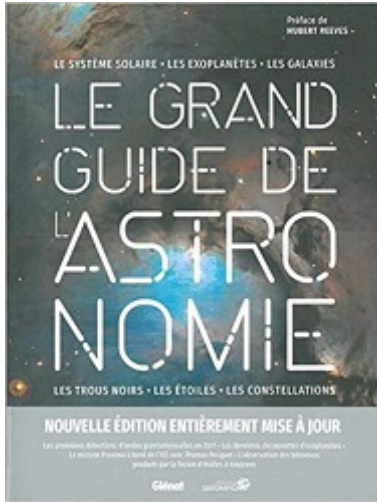
En 2019, on est dans le cas où la Lune vraie tombe le 21 mars (à 1h 42m UT) qui est le jour de l'équinoxe dans le comput : cela rejette Pâques à la prochaine pleine Lune (le 19 avril) d'où un dimanche de Pâques qui tombe le 21 avril.

La même coïncidence se reproduira en 2038 où l'équinoxe tombera le 20 mars, la pleine Lune le 21 mars, ce qui rejettera Pâques au 25 avril, date extrême.

Denis Savoie (Clea)

Lire, voir, sortir

Étoiles, galaxies et constellations : partez à la découverte des merveilles de l'Univers !



Véritable voyage à travers l'espace, *Le Grand guide de l'Astronomie* nous fait découvrir une multitude d'informations sur la configuration de notre Univers : du système solaire aux étoiles et galaxies, à la description des constellations. Élaboré par un collectif d'auteurs scientifiques spécialistes de l'astrophysique et préfacé par Hubert Reeves, ce guide est une nouvelle édition entièrement mise à jour du *Grand Atlas de l'Astronomie*. Illustré par une impressionnante documentation d'archives, cet ouvrage de référence intègre les recherches spatiales les plus récentes, dont les dernières découvertes d'exoplanètes et la première détection d'ondes gravitationnelles. Une section entière de ce guide répertorie les 88 constellations avec pour chacune d'entre elles une carte précise indiquant leur localisation dans l'espace ainsi que leur magnitude stellaire. Quant aux images satellites fournies par la NASA, elles offrent un véritable voyage à travers l'espace...

Ce *Grand guide de l'Astronomie* comporte :

- Une préface signée Hubert Reeves, célèbre astrophysicien et vulgarisateur émérite ;
- Des images satellites provenant de la NASA ;
- Une impressionnante documentation d'archives qui intègre les recherches spatiales les plus récentes (la détections d'ondes gravitationnelles en octobre 2017, les dernières découvertes d'exoplanètes comme Ross 128...) ;
- Une section répertoriant 88 constellations avec pour chacune d'entre elles, une carte précise indiquant leur localisation dans l'espace ainsi que leur magnitude stellaire ;

- Une liste des observatoires de France et du monde ainsi qu'un glossaire complet.

La camera FRIPON



http://www.fripon.org/IMG/jpg/stations/RT_FRBR04.jpg



Château d'eau De Kersauz

rue Guillemette le Barbier
56730 Saint Gildas de Rhuys

Renseignements:

Téléphone: 00 00 00 00 00

Télécopie: 00 00 00 00 00

Messagerie: xyz@example.com

Messagerie

clubastrorhuys@gmail.com

Le club est ouvert à tous (adultes et enfants).

Il se réunit les jeudis de 18h à 20h

web: <http://astro-rhuys.blogspot.fr/>