



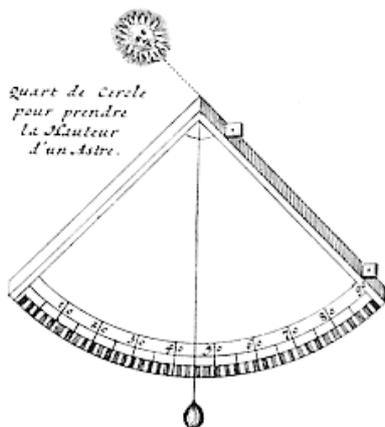
Le reportage de Philippe Gourgeo page 3

Sommaire

- Éditorial 01
- La vie du club, éclipse de Lune 02
- Se cultiver en astronomie 04
- Les conférences d'automne 09
- Le ciel d'hiver 15



l'article de Dominique Marchais page 11



L'article de Jean-Luc Goudet page 5



l'article de Claude Ghesquière page 10



Photo Olivier Riant, éclipse de lune du 9/11/2003

Éditorial

Recherche de subventions et collaborations inter - clubs

Le Club d'astronomie de Breuillet propose des activités théoriques et pratiques. Le manque de moyens matériels est cependant une caractéristique dominante dans notre organisation et c'est peut-être la raison du peu d'activités d'observation, de construction et de l'abondance d'activités théoriques que nous manifestons mais que des clubs mieux équipés matériellement nous envient. Pour tenter de remédier à cet état de fait, nous avons lancé plusieurs tentatives de subventionnement auprès des autorités habituellement bailleuses de fonds pour les associations comme le Conseil Général de l'Essonne. Malheureusement ce dernier ne propose pas de subventions d'investissement. Son souci est plutôt la promotion d'événements de portée départementale auprès des populations culturellement défavorisées. C'est aussi notre préoccupation, et nous l'avons prouvé à de multiples reprises en organisant les fêtes de la science, les nuits des étoiles de ces dernières années.

Notre manque de moyens en équipements de diffusion de masse, comme vidéo projecteur, jumelles pour tous ou télescope que le club aurait en propre ne peut donc pas être résolu par le biais de subventions. Notre demande ayant été rejetée, nous devons donc patienter jusqu'à ce que le club ait les moyens de s'offrir ces équipements indispensables. C'est alors que nous pourrions organiser des manifestations éligibles aux subventions.

Un deuxième problème non résolu depuis l'origine du club est le manque de local dont le club aurait la jouissance et la clé pour être en mesure de développer les ateliers de construction, développement de matériels d'observation, réunions informelles.

En attendant des jours meilleurs, nous développons des relations de réseau avec d'autres clubs ou organisations pour échanger nos savoirs-faires et nous enrichir de l'expérience des autres. Je souhaite à tous une bonne année 2004.

Jean-Antoine Bloc-Daudé

La vie du club

Le Bureau

Président : M. Jean-Antoine BLOC-DAUDÉ

21, hameau de la Goëlette 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 50 68 / portable 06 07 18 24 09
e-mail : j.bloc-daude@voila.fr

Vice-Président : M. Claude GHESQUIÈRE

37, avenue de Bougainville 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 57 40
e-mail : ghesq@in2p3.fr

Secrétaire : M^{lle} Dominique MARCHAIS

15, impasse des Petits sels 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 93 83 / portable : 06 99 53 01 65
e-mail : dominique.marchais@wanadoo.fr

Secrétaire-adjoint : M. Jean-François D'ALBERTO

24, hameau de la Gondole 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 67 95
e-mail : jfdalberto@aol.com

Trésorier : M. Philippe GOURGEOT

23, rue des Berges 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 62 75 / portable : 06 72 06 01 81
e-mail : philippe.gourgeot@wanadoo.fr

Trésorier adjoint : M. Olivier RIAANT

15, impasse des Petits sels 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 93 83
e-mail : o.riant@libertysurf.fr

Gazette : M. Claude GHESQUIÈRE

37, avenue de Bougainville 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 57 40
e-mail : ghesq@in2p3.fr

Gazette adjoint : M. Jean-Luc GOUDET

44, rue du Docteur Louis Babin 91180 St. Germain-lès-Arpajon
Tél. : 01 64 90 14 38
e-mail : jlgoudet@club-internet.fr

Informations médias : M^{me} Martine GOURGEOT

23, rue des Berges 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 62 75 / portable : 06 68 20 11 38
e-mail : martine.gourgeot@wanadoo.fr

Relations avec les Clubs : M. Jean- Noël WACHET

3 bis, rue Léon Garnier 91150 Étampes
portable : 06 77 02 19 89
e-mail : jwachet@aol.com

Ateliers Observations : M. Olivier RIAANT

15, impasse des Petits sels 91650 Breuillet
Tél. : 01 64 58 93 83
e-mail : o.riant@libertysurf.fr

Ateliers Observations adj.: M. Jacques WALLIANG

8, domaine de Chanteloup 91180 St-Germain
Tél. : 01 64 90 48 15
e-mail : didier.walliang@wanadoo.fr

Ateliers adjoint : M. Cyril GOURGEOT

71, avenue de Verdun 91290 Arpajon
Tél. : 01 64 90 10 71 / portable : 06 86 69 67 11
e-mail : cyril.gourgeot@wanadoo.fr

Ateliers adjoint : M^{me} Perrine BOUCHÉ

71, avenue de Verdun 91290 Arpajon
Tél. : 01 64 90 10 71 / portable : 06 86 69 67 11
e-mail : perrinecathy@wanadoo.fr

Site Internet : M. Didier WALLIANG

8, domaine de Chanteloup 91180 St-Germain
Tél. : 01 64 90 48 15
e-mail : didier.walliang@wanadoo.fr

Adresse : 23 rue des berges 91650 BREUILLET

Les rendez-vous de la saison 2004

Conférences les vendredis 20h30 salle des Larris :

06 février	2004	Constellations de l'hémisphère sud
12 mars	2004	Astronomie égyptienne et grecque
02 avril	2004	Une histoire de la matière
14 mai	2004	Le transit de Vénus le 8 juin 2004
10 juin	2004	La vie dans l'univers

Ateliers les vendredis 20h30 PAJ:

27 février	2004
26 mars	2004
23 avril	2004
28 mai	2004

Cours d'astrophysique, construction de cadrans solaires, lunettes etc. Initiation aux mesures astronomiques, au maniement des montures équatoriales, logiciels de traitement d'images. Acquisition d'images WebCam et CCD. Débats à l'initiative des participants etc.

L'éclipse de Lune du 9 novembre 2003

Une observation publique très suivie par Olivier Riant

Si la nuit de l'éclipse a réuni un grand nombre d'entre nous sur le terrain des sports de Breuillet, d'autres sont allés la contempler dans des lieux plus dégagés. Notre ami Olivier nous communique le résultat de ses observations et le suivi photographique effectué en Touraine. Voici ce qu'il nous a communiqué :

« Voici quelques clichés du déroulement de l'éclipse du 9 novembre 2003, les conditions météo

n'étaient pas idéales en Touraine au milieu de la nuit mais se sont améliorées pendant la totalité. On distingue même sur certaines photos quelques étoiles qui ont été occultées par la Lune. »

Horaires :

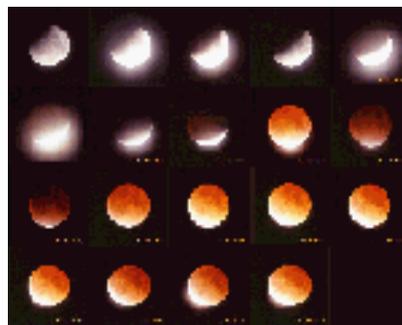
Entrée dans l'ombre 23 30 TU

Début totalité 01 08 TU

Fin totalité 01 29 TU

Prises de vues :

Diapositives ektachrome 100 ASA, scannées.



Foyer télescope 203 mm f/d=6,3
Pose 1/15 sec. à l'entrée dans l'ombre
10 à 30 sec. pendant la totalité.

La bibliothèque virtuelle est ouverte !

Lancée au mois de décembre, l'idée de Claude Ghesquière d'organiser un système de prêt d'ouvrages entre membres est devenue réalité. Six personnes ont déjà joué le jeu, dont deux mariées, ce qui fait cinq bibliothèques personnelles en tout ! Nous disposons ainsi de près de 200 livres, couvrant de multiples domaines (guides pratiques, vulgarisation, astronautique, histoire, al-

bum d'images, BD...), mais aussi des CD, CD-Rom, DVD, cassettes VHS et diapos.

Une liste papier sera diffusée au club et elle sera disponible sur notre site Web, sous la forme de fichiers PDF à télécharger.

Les listes comportent les noms et coordonnées des propriétaires des ouvrages. A charge de chacun de prendre

contact. Le club ne fait pas l'entremetteur

Pour que le système perdure, si vous empruntez, rendez ! Et, éventuellement, ouvrez vous-même quelques rayons de votre bibliothèque...

Pour tout renseignement complémentaire ou pour proposer des livres en prêt :

Jean-Luc Goudet, 01 64 90 14 38, jl.goudet@club-internet.fr

La visite du Club à l'Observatoire de Paris

Visite à l'exposition François Arago par Philippe Gourgeot

La visite du Club d'Astronomie de Breuillet à l'Observatoire de Paris a toujours beaucoup de succès : pour preuve une bonne trentaine d'adhérents de notre club se sont retrouvés ce samedi 29 novembre 2003 devant les grilles de l'Observatoire, pour une journée consacrée à François Arago. Par un joli soleil d'automne, nous avons participé à la «Balade Arago» sous la houlette de M. Thomas qui nous a fait découvrir les mille et un recoins des jardins de l'observatoire. Nous avons pu admirer la lunette équatoriale de 9 m de focale sous la grande coupole qu'a fait construire Arago et dont le sol fragilisé a été consolidé.



Un beau panorama de Paris nous attendait à la sortie de la coupole, mais le soleil se montrait alors moins vigoureux...

Un repas copieux et convivial au «Restaurant de l'observatoire» fut apprécié de tous.



L'après-midi fut consacrée à la visite de l'exposition «Arago». Et c'est bien sûr l'irremplaçable Suzanne Débarbat, astronome enthousiaste sachant si bien partager sa passion, qui nous enchanta par ses nombreuses anecdotes sur la vie et l'œuvre d'Arago.

L'Observatoire de Paris a été le centre de l'activité intense et multiforme de François Arago, grande figure de la vie scientifique et politique de la première moitié du XIX^{ème} siècle. Le patrimoine qu'il a laissé, riche, émouvant, et à certains égards monumental, est pourtant largement inconnu du public ; cette exposition se proposait donc de faire découvrir l'aventure scientifique et politique d'un savant et d'un homme hors du commun, dans sa «maison» même. Au fil des manuscrits, des instruments et des vestiges d'un monument à jamais disparu, l'amphithéâtre où il professait ses célèbres Cours d'astronomie populaire, nous avons été invités à retrouver celui qui enthousiasma Alexandre Dumas et fut brièvement Chef de l'État. Nous avons visité le bureau qu'il a occupé, la grande galerie de l'Observatoire qui conserve les statues qui ornaient jadis l'amphithéâtre. A la mort de Bouvard c'est le célèbre Arago, déjà «directeur des



observations» depuis 1834, qui le remplace. Il avait été nommé astronome-adjoint en 1807, alors qu'il se trouvait en mission en Espagne pour conclure l'opération géodésique des Baléares, que la mort de Méchain avait interrompue.

Arago achevait sa triangulation à Majorque, en 1808, lorsque la guerre reprend entre la France et l'Espagne : il est pris pour un espion par la population, mais son accent catalan et un déguisement de paysan lui permettent de regagner son vaisseau, qui est espagnol et où il est d'abord interné. Il peut ensuite partir pour Alger, d'où il s'embarque vers Marseille; mais il est capturé par des

corsaires espagnols, ramené en Espagne, incarcéré. Libéré à la fin de 1808, il s'embarque à nouveau pour Marseille, mais le navire (tempêtes, guerre, puis voies d'eau...) se déroutera sur Bougie. Il gagne Alger déguisé en bédouin, peut se rembarquer et, s'il atteint enfin Marseille le 2 juillet 1809, c'est parce qu'il a été possible d'échapper à une croisière anglaise. La contribution de cet éminent physicien à l'astronomie est marquée essentiellement par ses talents dans l'enseignement, la diffusion de la culture, l'organisation, et une influence stimulante sur ses élèves. C'est ainsi que le cours d'astronomie dont le charge le Bureau des longitudes, à peine ouvert à l'Observatoire en 1813, réunit une telle affluente qu'il faut le transférer dans l'immense salle méridienne dite de Cassini. Son *Astronomie populaire* (1854) a joué un rôle certain dans l'éducation scientifique du public. Il a suscité la rénovation de l'industrie des instruments de précision en France, avec les constructeurs Henri Gambey et Louis Bréguet. Il a incité Le Verrier à reprendre le travail de Bouvard sur Uranus, et a donc une part dans la découverte de Neptune.

Ses travaux personnels proprement astronomiques sont principalement des applications de ses autres travaux (polarimétrie et photométrie notamment) à la physique solaire, stellaire et atmosphérique. On lui doit d'avoir discerné, dès 1839, lorsqu'il présenta l'invention de Daguerre, l'importance que la photographie prendrait pour l'astronomie; c'est à son initiative que Fizeau et Foucault étudièrent l'impression rapide des plaques et obtinrent, le 2 avril 1845, le premier et remarquable daguerréotype du Soleil.

Cette exposition temporaire sur Arago nous a particulièrement enthousiasmés, grâce au talent de notre conférencière Suzanne Débarbat.

Nous regagnâmes alors notre petit village essonnien, tout en pensant à notre prochaine visite dans ce haut lieu de l'astronomie.

Mesure des distances en astronomie (deuxième partie)

L'astronomie repousse les étoiles ! par Jean-Luc Goudet

1550-1600 : Dieu n'aime pas le vide

Tycho Brahé, astronome danois, acquiert une notoriété internationale grâce à ses observations d'une précision inégalée. Avec ses instruments en bois (quadrants, sextants...), dont le plus grand atteint 18 mètres, il parvient à des mesures angulaires précises à deux minutes d'arc près, soit dix fois mieux que le demi degré atteint jusque là (V).

A partir de ses mesures angulaires, Tycho Brahé (qui fait tourner le Soleil autour de la Terre) estime la distance des astres en adoptant comme unité le rayon de la Terre. Saturne, la dernière planète connue, se situerait à 12.300 fois ce rayon (soit environ 78 millions de kilomètres). En 1577, il observe une comète et déduit qu'elle ne se déplace pas entre la Terre et la Lune, comme on le croyait généralement. Elle se situerait bien plus loin, à 230 rayons terrestres. En novembre 1572, il observe comme tout le monde une nouvelle étoile dans le ciel (V). Apparue près de la constellation de Cassiopée, elle devient très lumineuse (on sait aujourd'hui qu'il s'agissait d'une supernovae) et restera visible jusqu'en février 1574. Il interprète l'apparition comme un miracle (l'étoile s'est allumée quelques mois après la Saint-Barthélémy) et calcule sa distance (F) : 13.000 rayons terrestres, ce qui la situe un peu devant les autres étoiles, installées à 14.000 rayons terrestres. Pour lui, les étoiles ne peuvent pas être aussi loin que le pensait Copernic, qui « suppose une distance incroyable et absurde. Le Créateur aime l'ordre et non la confusion. Un tel espace serait vide d'étoiles et de planètes et ne servirait à rien ». Comme les étoiles sont toutes à la même distance, leur luminosité traduit leur taille et Tycho Brahé donne une table d'équivalence entre magnitude et diamètre des étoiles : celles de première grandeur ont 68 fois le volume de la Terre et celles de sixième grandeur sont trois fois plus petites que la Terre.

1576 : et si l'univers était infini ?

Pour Thomas Digges, astronome anglais et copernicien, les étoiles ne sont pas fichées sur une sphère dont le Soleil occuperait le centre. Elles se répartissent dans un monde immense, peut-être infini. La voûte céleste n'est donc qu'une illusion. En formulant cette idée, Digges lui-même émet une objection : s'il existe un nombre infini d'étoiles, le ciel nocturne ne devrait pas être noir mais au contraire très lumineux puisqu'en tout point de la voûte céleste, une étoile nous enverrait sa lumière.

(WG)

1602-1619 : trois lois pour les planètes

Johannes Kepler, astronome allemand, calculateur acharné, disciple de Tycho Brahé mais copernicien, découvre, malgré ses propres réticences, que les planètes ne décrivent pas des cercles mais des ellipses. Il énonce trois lois, qui porteront son nom :

Loi 1 : Les planètes décrivent des ellipses dont le Soleil est l'un des foyers.

Loi 2 (dite des aires) : Les planètes, en des temps égaux, balayent des aires égales. (Ce qui implique que les planètes accélèrent et ralentissent : elles se déplacent plus vite quand elles sont proches du Soleil.)

Loi 3 : Les carrés des temps de révolution sidérale des planètes sont proportionnels aux cubes des demi-grands axes de leurs orbites.

Grâce à ces lois, il suffit de mesurer précisément la distance d'une planète proche (Mars ou Vénus, par exemple) pour en déduire les distances des planètes éloignées.

1600 : les étoiles sont d'autres soleils

Beaucoup d'astronomes le pensent déjà, semble-t-il. Giordano Bruno le dit, et affirme dans la foulée qu'il pourrait exister d'autres systèmes planétaires comme le nôtre : « Un nombre infini de soleils existent ; un nombre infini de terres tournent autour de ces soleils, des êtres vivants habitent ces mondes... ».

On le brûle.

(G12)

1605 : le ciel est fini parce qu'il est noir

«... L'astronomie peut nous enseigner, avec une certitude absolue, que la région occupée par les étoiles fixes est bornée par une limite évidente. Il n'y a rien de vrai dans l'affirmation que le monde d'ici-bas, avec son soleil à lui, diffère le moins du monde par son aspect de n'importe laquelle des étoiles fixes dans une comparaison de région à région... Car laissons-nous aller à l'hypothèse que les étoiles fixes sont distribuées jusqu'à l'infini... Tout observateur, installé sur la ceinture d'Orion, et ayant notre Soleil, (le centre de l'univers) au-dessus de sa tête, verrait au premier coup d'œil, un océan solide, continu, d'étoiles fixes, comme si elles se touchaient les unes les autres. Ce n'est pas ainsi que le ciel nous apparaît ! Supposons que nous étudions l'espace (sans étoiles) à l'infini. Sans aucun doute, où que vous puissiez placer une étoile dans cet espace, en un point donné, ce point est nécessairement à une distance finie (et la circonférence qui passe par cette étoile est finie...) ... »

(WNA)

Johannes Kepler répond ainsi à Galilée, qui voit dans sa lunette d'incroyables quantités d'étoiles invisibles à l'œil nu et pense que les moins lumineuses sont simplement plus éloignées. Kepler, lui, en déduit qu'elles sont plus petites. Il aurait donné une estimation de la distance des étoiles de 10.000 UA (G).

Mesure des distances en astronomie (deuxième partie)

L'astronomie repousse les étoiles !

1650 : le Soleil serait à près de cent millions de kilomètres

L'astronome belge Godefroy Wendelin utilise les lois de Kepler. Il obtient la meilleure valeur connue jusque là : 243 fois la distance de la Terre à la Lune (au lieu de 384).

(WCH et WS)

1700 : une estimation de Newton

Dans les *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Isaac Newton expose sa théorie de la gravitation, qui pose l'hypothèse d'une force attractive des corps les uns sur les autres, déclinant avec le carré de la distance. Elle permet de retrouver les lois de Kepler et d'expliquer quantités de phénomènes astronomiques. Les comètes, par exemple, deviennent des membres du système solaire tournant sur des orbites très elliptiques. (Grâce à la théorie de Newton, Edmond Halley montre que la comète de 1695 est la même que celles de 1531 et de 1682.)

Pour les étoiles, le génial scientifique britannique auraient estimé leur distance à 20.000 UA (G).

1718 : les étoiles continuent de bouger

Sir Edmond (ou Edmund) Halley observe que trois étoiles parmi les plus brillantes du ciel - Sirius, Procyon et Arcturus - n'occupent pas exactement leur position indiquée dans le catalogue établi par Hipparque. Il en déduit qu'en près de deux mille ans, elles se sont déplacées.

(WCH)

1750 : la Voie Lactée expliquée

Thomas Wright, un architecte britannique, émet une hypothèse hardie : les étoiles seraient réparties autour d'une sphère vide, formant une bulle gigantesque. Dans notre ciel, la Voie Lactée correspondrait à l'épaisseur de cette bulle et nous apparaîtrait plus lumineuse simplement parce qu'il existe davantage d'étoiles dans cette direction. Il imagine qu'une intervention divine permanente évite à la bulle de s'effondrer sur elle-même et qu'il existe plus loin quantité d'autres bulles.

(WHM)

1755 : les univers-îles

Dans son « Histoire naturelle générale et théorie du ciel », le philosophe allemand Emmanuel Kant avance que certaines nébuleuses pourraient être situées beaucoup plus loin que les étoiles. Constituées d'un grand nombre d'étoiles, elles formeraient des « univers-îles ».

1784 : la Voie Lactée trouve sa forme

William Herschel, sujet britannique qui vient de découvrir Uranus, travaille dans l'observatoire que lui a offert le roi et invente la statistique stellaire. Il compte systématiquement

les étoiles dans 683 directions différentes. Son idée ? Déterminer la position des étoiles dans les trois dimensions (LG13). Pour interpréter ses mesures, il s'appuie sur quatre hypothèses, simplificatrices : toutes les étoiles sont identiques au Soleil ; leur distribution dans l'espace est uniforme ; toutes sont observables ; l'espace interstellaire est transparent. Toutes ces hypothèses fausses ! Mais, dans le contexte des connaissances de l'époque, elles sont tout à fait raisonnables et constituent un bon point de départ. La preuve : Herschel parvient à déterminer la forme de la galaxie, qui lui apparaît grossièrement circulaire et aplatie. Le Soleil en occupe le centre, pour un long moment encore.

1840 : premières mesures

De 1837 à 1840, des mesures de parallaxes sont effectuées à l'observatoire de Königsberg. A cause du mouvement de la Terre autour du Soleil, des étoiles suffisamment proches de nous doivent sembler décrire, à l'échelle d'une année, un léger mouvement quasi-circulaire par rapport au fond d'étoiles lointaines. L'astronome allemand Friedrich Bessel détermine ainsi la distance de l'étoile 61 du Cygne. Le premier chiffre de 1838 est corrigé un peu plus tard à la suite de nouvelles observations. L'étoile se trouverait à 469.000 UA, soit 7,41 années-lumière.

En 1890, Camille Flammarion indique les distances de 23 étoiles « les plus sûrement déterminées ». La plus proche est Alpha du Centaure (4,35 a.-l.) et la plus éloignée 1830 Groombridge (à 72,5 a.-l.). (F)

18?? : on parle de millions d'années-lumière

Dans son *Astronomie populaire*, Camille Flammarion, en 1890, rapporte les « estimations herscheliennes » pour les nébuleuses « les plus pâles » : deux millions d'années-lumière. Mais de quels Herschel parle-t-il ? William, Caroline (sa sœur) ou John-Frederik (son fils) ? Tous les trois se sont intéressés aux nébuleuses.

Toujours d'après Camille Flammarion, William aurait noté une distribution des nébuleuses inverse de celles des étoiles : elles sont rares près de la Voie Lactée et plus nombreuses dans les régions pauvres en étoiles. Au point, dixit Flammarion, que lorsque son télescope lui montrait moins d'étoiles, il avait l'habitude de dire à son secrétaire : « Préparez-vous à écrire, les nébuleuses vont arriver ».

Enfin, toujours selon la même source, William Herschel a émis l'idée que les nébuleuses sont constituées de « matière cosmique primitive » servant à la formation des étoiles. (F)

1913 : une méthode pour mesurer la distance des nébuleuses

Entre 1908 et 1912, l'Américaine Henrietta Leavitt observe dans les Nuages de Magellan 25 étoiles variables céphéides et constate une relation simple entre leur luminosité et le rythme de variation de leur éclat. Elle réalise

Mesure des distances en astronomie (deuxième partie)

L'astronomie repousse les étoiles !

que ces étoiles deviendraient d'excellents étalons (ou « chandelles standard ») pour mesurer la distance de nébuleuses lointaines si l'on parvenait à la calibrer avec des céphéides proches. Son patron, Edward Pickering, lancé dans un titanesque travail d'élaboration d'un catalogue d'étoiles, ne lui permet pas cette digression. Ejnar Hertzsprung utilise l'idée et effectue le calibrage (G13). Il annonce une distance de 30.000 années-lumière pour le Grand Nuage de Magellan.

1923-1925 : les nébuleuses n'appartiennent pas à notre Galaxie

En octobre 1923, Edwin Hubble observe la nébuleuse d'Andromède avec le télescope de 2,50 m du Mont Wilson, en Californie. Il y distingue nettement des étoiles. Hubble finit par y dénicher des Céphéides et calcule sa distance. A l'époque, l'idée de galaxies extérieures à la nôtre reste une hypothèse spéculative. En 1924, un vif débat oppose les partisans et les opposants des « univers-îles ». Il semble que ce ne soit qu'en 1925 que les résultats de Hubble sur la distance d'Andromède viennent clore ce débat. Il annonce 900.000 années-lumière. La valeur est trop faible (la distance réelle est deux millions d'années-lumière) mais elle prouve qu'Andromède ne se trouve pas dans la Galaxie.

1925 : Hubble veut étalonner l'univers

Edwin Hubble veut déterminer les distances des galaxies jusqu'aux plus lointaines d'entre elles. Il construit une méthode à partir d'hypothèses simplificatrices, comme Herschel un siècle et demi plus tôt. Cette méthode consiste à déterminer des étalons successifs et de plus en plus lointains. Après les étoiles variables, utilisables pour les galaxies proches, Hubble veut faire appel aux étoiles les plus brillantes, qui, peut-être, présentent toujours la même magnitude absolue. Ces nouveaux étalons devraient permettre de déterminer les distances de galaxies plus lointaines. Pour poursuivre sa route vers les confins de l'univers, Hubble émet l'hypothèse que les galaxies les plus brillantes d'un amas ont, elles aussi, la même magnitude absolue, sorte de maximum théorique à la luminosité d'une galaxie. Après étalonnage sur des amas proches, il sera possible de mesurer la distance d'amas lointain pour peu qu'ils soient suffisamment riches en galaxies (V).

1929 : le décalage vers le rouge

Observé dès 1914 par Vesto Slipher, le décalage vers le rouge semble caractériser les galaxies lointaines. Un élève de Hubble, Milton Humason, traque les décalages à l'observatoire du Mont Wilson et émet l'idée qu'il mesure bien la fuite des galaxies lointaines. Edwin Hubble compare systématiquement décalage et distance. Il conclut que plus les galaxies sont distantes, plus elles s'éloignent vite (V). Entre distance et vitesse, le coefficient prendra le nom de constante de Hubble, notée H_0 , dont l'unité de mesure

est le km/s/Mpc (Mpc pour méga-Parsec). L'Univers est donc en expansion. Einstein est navré. Mais une nouvelle méthode de mesure des distances apparaît du même coup : comme on connaît le spectre des galaxies, il suffit d'observer le spectre apparent de l'une d'entre elles pour en établir le décalage vers le rouge, donc sa vitesse d'éloignement. Ensuite, grâce à la constante de Hubble, une simple multiplication donne la distance. Malheureusement, la constante de Hubble n'est pas connue avec précision. Hubble l'avait primitivement estimée à 500 km/s/Mpc, une valeur énorme qui conduisait à un univers très jeune et que l'on a ensuite reconsidérée à la baisse. De plus, la relativité générale, avec sa courbure de l'espace-temps, impose une loi non linéaire. Enfin, le rapport entre distance et décalage dépend aussi de la manière dont l'Univers poursuit son expansion, et pour laquelle les astronomes ne disposent que de modèles théoriques. C'est pourquoi, pour les objets lointains, on préfère exprimer la distance indirectement en indiquant seulement le décalage, appelé *redshift* en anglais et souvent noté z .

Et aujourd'hui ?

Comme l'espérait Hubble, les chandelles standard se sont multipliées. Les astronomes disposent, outre les Céphéides et les RR Lyrae, de supernovae à leur maximum d'intensité et de régions de formation intensive d'étoiles, baptisées HII et présentes dans le disque des galaxies spirales. On sait ainsi mesurer de manière assez sûre les distances des galaxies jusqu'à environ 100 Mpc. Plus loin, des galaxies particulièrement brillantes peuvent servir d'étalons et il ne reste ensuite que le décalage vers le rouge. La loi de Hubble semblant bien vérifiée jusqu'à 100 Mpc, étendre son principe au-delà ne semble pas trop hasardeux (GAL). La valeur de la constante de Hubble reconnue actuellement est de 72 km/s/Mpc, ce qui donne un âge de 13,4 milliards d'années (G13).

La distance des objets les plus lointains actuellement observés correspond à un décalage z de plus de 6, soit, selon les modèles en vigueur, plus de 13 milliards d'années-lumière.

Bibliographie

- A = Aristarchus of Samos, Sir Thomas Heath, Oxford University Press, 1913
- F = Astronomie populaire, Camille Flammarion, éditions Flammarion, 1890
- G = Astronomie, Guide de l'amateur, Antonin Rückl, éditions Gründ, 1980
- G12 = La Gazette n°12
- G13 = La Gazette n°13
- GAL = Les galaxies, Danielle Alloin, collection Dominos, éditions Flammarion, 1998
- JLR = Jean-Loup Renault, historien amateur spécialiste de l'Antiquité
- V = Une histoire de l'astronomie, Jean-Pierre Verdet, éditions du Seuil, 1990
- WAR = www.ac-reims.fr/datic/astronomie
- WAS = www.asu.cas.cz/~had/tycho.jpg
- WCH = www.unil.ch/sc/pages/bazar/articles/phys/astro/2_astro.htm
- WE = www.educnet.education.fr/orbito/orb/meca/meca113.htm
- WG = <http://perso.wanadoo.fr/cassiopeia/galaxie.htm>
- WHM = <http://homepage.mac.com/kvmagnuder/bcp/galaxies/milky/shape.htm>
- WNA = http://nabla1.chez.tiscali.fr/1_prem.htm
- WS = <http://perso.wanadoo.fr/skilan/SOLEIL/soleil-page-histoire.htm>
- WSB = www.si.si.edu/DigitalCollections/HST/Brahe/sil4-3-15a.htm

Mesure des distances en astronomie (deuxième partie)

L'astronomie repousse les étoiles !

Les unités à travers l'histoire

Stade

Beaucoup employé dans l'Antiquité à différentes époques et dans plusieurs empires (Egypte, Grèce, Rome...), il a pris plusieurs valeurs. On n'est pas absolument certain de celui qu'utilisa Eratosthène pour le calcul de la circonférence terrestre. Mais Pline a expliqué que 40 stades d'Eratosthène valaient un «schène» égyptien. Or, un schène vaut 12.000 coudées royales égyptiennes, laquelle mesure 0,525 mètre. Donc :

1 stade d'Eratosthène = 157,5 mètres
(A)

Mille

Seule unité sûre de l'Antiquité, le mille romain vaut à peu près 1,5 kilomètre et a été utilisé durant plusieurs siècles. Il était censé représenter mille pas, ce qui met la foulée des Romains à 1,50 mètre...

(JLR)

Lieue

Fluctuante selon les lieux et les époques. En voici quelques-unes :

Lieue de 300 toises = 5,845 kilomètres

Lieue de 200 toises = 3,898 kilomètres

Lieue de Paris = 3,247 km jusqu'en 1674 ; 3,898 km de 1674 à 1737

Lieue de poste = 3,898 km (200 toises de l'époque, ou 2000 toises anciennes)

Lieu marine = 1/20 de degré (5,556 km)

Lieu terrestre = 1/25 de degré (4,445 km)

Lieu métrique = 4000 mètres

A la fin du dix-neuvième siècle, Camille Flammarion emploie la lieue métrique.

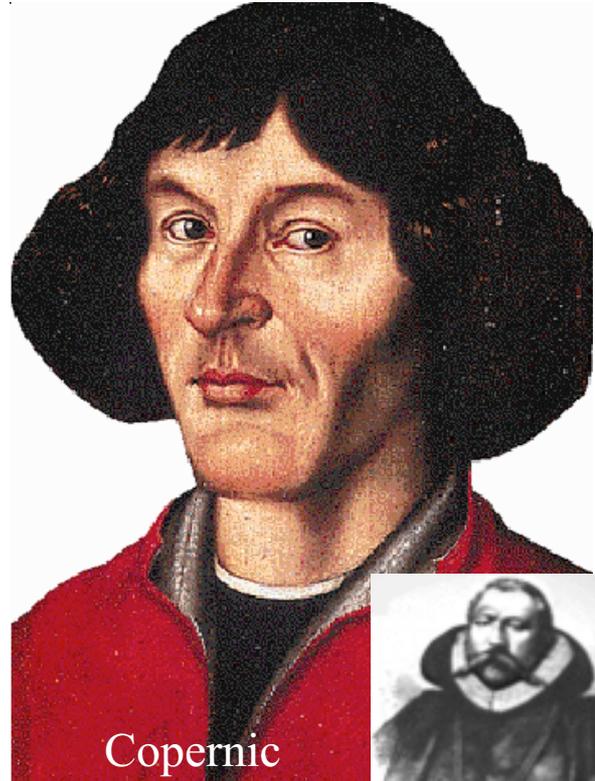
Unité astronomique

UA. Distance moyenne de la Terre au Soleil, soit 149 598 770 kilomètres. Avec leurs mesures angulaires, les astronomes de l'Antiquité et du Moyen Age raisonnaient eux aussi en UA, même lorsqu'ils connaissaient mal la distance entre la Terre et le Soleil.

Parsec

Parallaxe-seconde. Distance à laquelle 1 UA apparaît sous un angle de 1 seconde d'arc, ou, à l'inverse, distance à laquelle il faudrait se placer pour voir la moitié de l'orbite terrestre contenue dans un angle de 1 seconde d'arc. Rappel : 2" = 1 mm vu à 103 mètres (F).

Un parsec vaut 3,26 années-lumière, 206,265 UA ou encore 30.000 milliards de kilomètres.



Copernic



Tycho Brahe

Kepler



Mesure des distances en astronomie (deuxième partie)

L'astronomie repousse les étoiles !

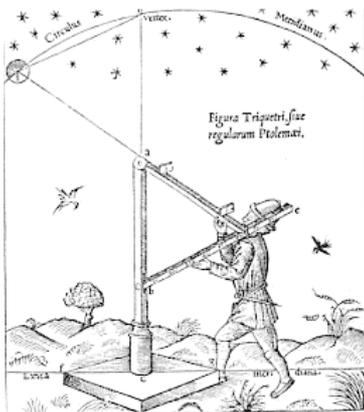
Les instruments des débuts de l'astronomie

Durant deux mille ans, jusqu'à l'invention de la lunette, les instruments des astronomes n'ont guère changé.

Destinés à mesurer les angles des astres par rapport à l'horizon, les instruments de l'Antiquité et du Moyen Age sont la plupart du temps fabriqués en bois. Tycho Brahé en améliorera considérablement la précision. Ils resteront utilisés bien après l'introduction de la lunette, à l'origine peu efficace pour la mesure des angles.

Le triquetrum

Sur une règle verticale fixe sont articulées deux autres règles, contenues dans le plan du méridien. La règle inférieure (bc sur le dessin) porte des graduations. (V)



Le sextant astronomique

Sorte de triquetrum de voyage. Ces deux modèles sont de Tycho Brahé.
en haut, WSB ; en bas, WAS)



Le quadrant statique

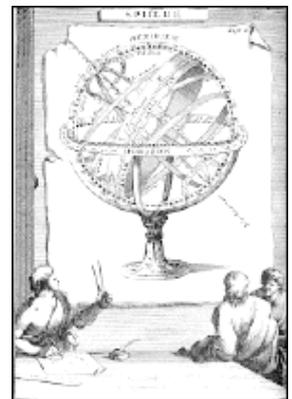
Un quart de cercle gradué est associé à un système de visée, constitué d'un trou ou d'une pointe. Ces deux modèles sont de Tycho Brahé. A gauche, la taille de l'instrument doit être celle d'un homme. A droite, le quadrant statique géant installé dans son observatoire



d'Uraniborg. (à gauche, V ; à droite, WSB)

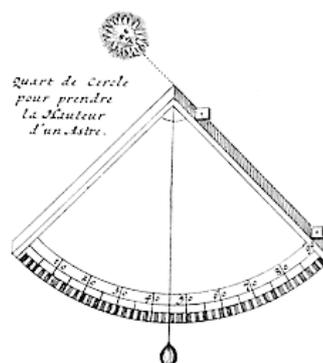
La sphère armillaire

Encore appelée astrolabe sphérique, la sphère armillaire est une représentation de la voûte céleste. A ne pas confondre avec l'astrolabe planisphérique, utilisé au Moyen Age à des fins pédagogiques. (V)



L'alidade

Avec son fil à plomb, l'alidade a fidèlement servi des



génération d'astronomes. Jusqu'à Tycho Brahé, elle permettait des mesures d'angles à un demi-degré près. L'astronome danois a porté sa précision à deux minutes d'arc. Au dix-septième siècle, Hévélius l'a poussée à une minute d'arc. (V)

Les lentilles gravitationnelles et leur utilisation par Claude GHESQUIERE

Lentilles ou mirages ?

Le terme de mirage gravitationnel est plus souvent employé pour désigner les déformations des trajectoires lumineuses créées au passage des rayons lumineux à proximité des masses de matière entraînant un déplacement apparent des images des corps célestes.

Ces mirages sont bien entendu à distinguer de ceux créés par la courbure des rayons lumineux due à la réfraction pendant la traversée de couches d'atmosphère de densités et donc d'indices de réfraction, variables.

Les courbures induites par la proximité d'une masse stellaires, le soleil en particulier, avaient été prévues et calculées dès la fin du 18^{ème} siècle par Laplace et Mitchell, qui en avaient même conclu que, d'une étoile de masse de plusieurs centaines de milliers de fois plus massive que le soleil, la lumière ne pourrait s'échapper, donnant ainsi une première version de ce qui serait appelé : «trou noir» bien qu'ils ne l'aient pas encore baptisé ainsi.

Cette déviation, recalculée dans le cadre de la relativité générale et estimée à deux fois l'effet classique, a été vérifié par Eddington en 1919 sur une étoile au moment de son occultation par le soleil lors d'une éclipse, elle a d'ailleurs été considérée comme une des preuves expérimentale probante de la théorie de la relativité générale.

Les effets de ces déviations étant faibles, ils sont restés non utilisés jusqu'à leur mise en évidence spectaculaire dans les années 1980 où ils sont apparus sous forme d'arcs gravitationnels dans les photographies de ciel profond.

On s'est alors rendu compte qu'un corps massif, galaxie ou mieux un amas de galaxies placé sur la ligne de visée d'un corps céleste, étoile ou galaxie, agissait comme une véritable lentille et, par les effets de courbure induite sur les rayons lumineux issus de cette source, en donnait des images multiples, sous forme d'arcs lumineux, et de plus amplifiées, ce qui rendait visibles des sources éloignées, de Z jusqu'à 6, jusque là inaccessibles à la vision directe. De plus, la restitution de la masse de la « lentille » nécessaire pour créer

la déviation observée, montrait que celle-ci était de 10 à 50 fois supérieure à la masse lumineuse, donnant ainsi une confirmation de l'existence d'une masse invisible, cachée ou noire, selon les appellations, contribuant à l'équilibre dynamique des galaxies et des amas.

Les caractéristiques essentielles de ces lentilles sont :

- Seule la masse, ou son équivalent énergie ($E=mc^2$) et sa répartition spatiale, entrent en jeu dans l'efficacité de la lentille et non sa composition.
- Les effets de déformation des trajectoires sont indépendantes des longueurs d'ondes : ondes radio, visibles, infrarouges, rayons X, gammas, ce qui est d'ailleurs évident si on admet que les trajectoires suivent les géodésiques déformées par la proximité des masses.
- Elles n'amplifient pas à réellement parler le signal lumineux issu de la source mais en le collectant sur un plus grand angle solide elles le concentrent et produisent des augmentations d'intensité pouvant atteindre des gains de quelques unités et même dizaines (rares toutefois).
- Créant des images multiples correspondant à des longueurs de trajets lumineux différents, donc à des temps de trajet différents, elles permettent d'estimer les distances à la source si une émission brève et caractéristique permet de repérer cette différence de temps de trajet.

Quelques applications des lentilles gravitationnelles.

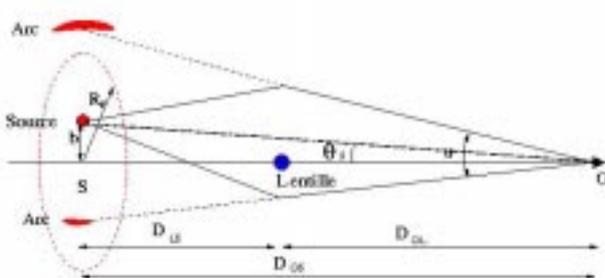
1) Recherche de naines brunes.

La masse cachée, surtout au niveau des galaxies, a donné lieu à bien des spéculations, surtout dans les années 1980, elle pouvait au moins partiellement être expliquée par la présence autour des galaxies d'un halo de « naines brunes », de masses de quelques % de masse solaire, à quelques dixièmes, des « Jupiter » au sens large, étoiles non allumées, ce brouillard de planétoïdes pouvant induire des effets de lentilles sur des étoiles d'arrière plan.

On a donc débuté un suivi photométrique des champs étendus d'étoiles, quelques millions, en direction du bulbe au centre de la voie lactée, des nuages de Magellan, voire de la galaxie d'Andromède, pour rechercher des variations d'éclat caractéristique du transit d'une lentille devant une étoile. Vu les masses et vitesses relatives mises en jeu, 2 à 300 Km/sec, les arcs sont séparés par des micro arc sec. donc confondus dans les images des télescopes, mais la variation d'intensité totale s'étale de quelques jours à quelques mois, avec une forme de variation bien caractéristique.

Des événements ont bien été détectés mais loin du nombre espéré et ne constituent qu'une faible part de la masse cachée.

Quelques formules de lentille gravitationnelle: lentille et source non alignés.



$$\text{Rayon d'Einstein } R_e = \sqrt{\frac{4GM}{c^2} \frac{D_{ls} D_{lo}}{D_{so}}}$$

$$2 \text{ images séparées par } \theta = \sqrt{1 + \frac{4}{u^2}}$$

$$\text{Amplification } A = \frac{u^2 + 2}{u \sqrt{u^2 + 4}}$$

$$u = \frac{b}{R_e} = \frac{D_{so} \theta_l}{R_e}$$

Les lentilles gravitationnelles et leur utilisation suite

2) Détection des quasars lointains.

Les effets d'amplification, surtout par les amas de galaxies, de masses équivalente à quelques centaines, ou milliers, de galaxies, sont tels qu'ils permettent de voir des arcs, cette fois séparés par des secondes d'arcs, que l'on peut analyser en multi longueur d'ondes et en spectroscopie, c'est ainsi que l'on peut étudier des quasars à $Z \sim 3-5$, c'est-à-dire retrouver l'activité des galaxies en tout début de formation quand se formaient les premières étoiles.

En même temps la répartition de masse manquante du corps imageur peut être reconstituée en détail, surtout dans les cas où plusieurs sources sont imagées par le même amas.

3) Autres programmes d'observation en cours de prospection systématique :

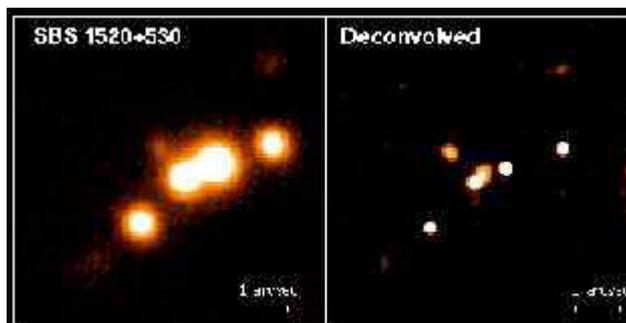
Mesure de la constante de Hubble à grand Z. En effet si la différence de temps de parcours donne la distance et la spectrographie la vitesse radiale (Z), la valeur de la constante de Hubble à des Z de 3 à 4 est atteignable. Même la recherche des exo planètes peut espérer profiter des effets de lentilles par la détection de caustiques par les courbes de lumière, il faut dire dans des circonstances bien particulières, mais aussi dans des systèmes planétaires lointains et non dans notre proximité immédiate comme les autres techniques l'imposent.

Conclusion.

Confirmation éclatante des prédictions de la relativité générale, les lentilles gravitationnelles sont devenues beaucoup plus que des curiosités, des outils de travail et d'exploration de l'Univers lointain. Elles associent plusieurs techniques de détection à différentes longueurs d'onde mais demandent des précision de mesure que les télescopes radio interférométriques réalisent déjà, en revanche pour la contre partie optique seuls des télescopes spatiaux sont et seront véritablement adaptés.



Mirage gravitationnel. Amas de galaxies Abell 2218. Photo Télescope spatial Hubble par la caméra WFPC2.

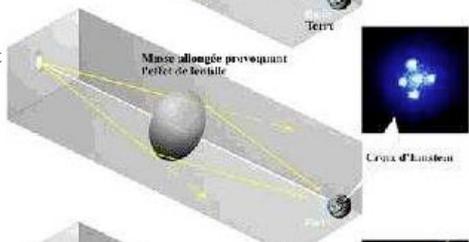


Somme de 16 images en bande L du quasar double SBS 1520+530 obtenues au NOT. La figure montre le quasar double avec des étoiles au SE et NO de l'objet. La déconvolution simultanée des 16 images permettent de mettre en évidence la très faible galaxie responsable de l'effet mirage.

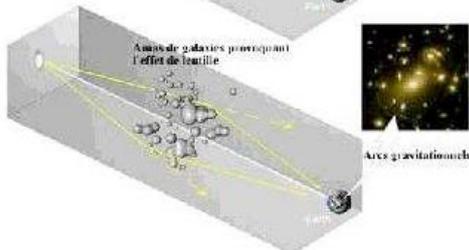
Anneau d'Einstein : la galaxie est vue comme un anneau de lumière



Croix d'Einstein : la croix et la galaxie sont visibles



Arcs gravitationnels: plusieurs images de la galaxie en forme d'arcs



La Lune, cette mystérieuse noctambule par Dominique Marchais

Unique satellite de la Terre, la Lune, en raison de sa proximité, occupe une place à part parmi les corps célestes. La Terre et la Lune entretiennent d'ailleurs des liens gravitationnels très étroits, liens qui les déforment l'une et l'autre, par effet de marée, et donnent à la Lune une orbite complexe. Par exemple, la période de rotation de la Lune sur elle-même et sa période de révolution autour de la Terre sont identiques par conséquent, elle nous montre toujours la même face. De plus, sans la présence stabilisante de la Lune, l'axe de rotation terrestre aurait déjà basculé, l'ensoleillement reçu sur Terre et le rythme des saisons en auraient été modifiés et la température n'aurait peut-être pas été suffisante pour maintenir de l'eau, indispensable à la vie, à la surface de notre planète.

LA LUNE EN QUELQUES CHIFFRES

Diamètre 3 476 Km :	(1/4 de la Terre)
Distance moyenne / Terre :	384 400 Km
Température (f. non éclairée)	-170° à - 185°C
Température au Soleil	+130°C

OBJECTIF LUNE : LA CONQUETE DE LA LUNE

Après le vol réussi du fameux Spoutnik 1 en octobre 1957, la conquête de l'espace est lancée. Notre satellite devient alors un objectif stratégique pour les Américains comme pour les Russes : dès le 25 mai 1961 (après l'envoi par les Russes du premier homme dans l'espace : Gagarine, le 12 avril), les États-Unis décident d'envoyer un homme sur la Lune avant la fin de la décennie.

Le débarquement des hommes sur la Lune est précédé de toute une série de robots et de sondes automatiques. Les Américains connaissent des échecs lors des premiers lancements : les premiers Pioneer (août 1958 / déc. 1960) n'ont jamais atteint la Lune. Pendant ce temps, les Soviétiques remportent des victoires : la sonde Luna 1 lancée le 2 janvier 1959 rate sa cible et se met en orbite lunaire ; Luna 2 s'écrase sur la Lune le 12 septembre 1959; Luna 3 photographie 70% de la face cachée, ce sont les premières images de la face cachée.

Les États-Unis lancent ensuite le programme RANGER (août 61-mars 65) dont les trois dernières sondes se posent sur la Lune, transmettant des renseignements et des photos de très bonne qualité. Les étapes suivantes ont pour but d'effectuer une reconnaissance générale de la Lune et de mettre au point la technique de l'alunissage en douceur : ce sont les programmes Lunar Orbiter et Surveyor. Les LUNAR ORBITER (août 66-août 67) ont pour tâche de rechercher des zones propices au débarquement. Ce programme permet d'établir une carte au 1: 1 000 000 des deux faces de la Lune. Il permet également d'étudier les orbites décrites par les sondes : on mesure ainsi le champ gravitationnel de la Lune et on découvre des différences de densité à l'intérieur de notre satellite : 12 zones sont appelées « mascons » (mass concentrations) qui se trouvent sur la face visible. Les SURVEYOR (mai 66-Jan 68) ont pour but de recueillir des

informations très précises sur la nature du sol lunaire dont on ignore quasiment tout. Jusqu'en 1966, on imagine une surface molle, à cause des poussières cosmiques accumulées.

Les analyses chimiques effectuées montrent des différences de composition chimique entre les « mers » et les « plateaux ».

Si l'Union Soviétique a d'abord une longueur d'avance, elle est bientôt rattrapée par les États Unis. Les Soviétiques privilégient alors l'envoi de sondes automatiques. Ils envoient sur la Lune de nombreux robots dont certains ont ramené sur Terre des échantillons de sol lunaire. Le 3 février 1966 : Luna 9 se pose en douceur et transmet 45 images en noir et blanc et à 30 cm au-dessus du sol. Ce sont les premières images prises par une sonde qui s'est posée sur le sol lunaire. Deux sondes soviétiques Luna 17 et 21 déposent sur la Lune des robots télécommandés depuis la Terre, appelés « Lunokhod » (marcheurs lunaires). Ces derniers vont parcourir 10 Km et 37 Km en quelques mois. Mais ces véhicules très sophistiqués n'ont pas le retentissement voulu par les Russes, car ils sont arrivés après Apollo 11.

Et aucun Russe n'est allé sur la Lune.

Trois grandes étapes marquent ensuite l'aventure spatiale américaine vers la Lune :

Le programme MERCURY (1958-1964), dont le but est d'étudier le comportement de l'organisme humain en orbite, permet d'envoyer le premier Américain dans l'espace : Alan Shepard, le 5 mai 1961 à bord de Mercury 3, effectue un vol balistique, sans mise en orbite. Le premier Américain satellisé est John Glenn le 20 février 1962, à bord de Mercury 8. Il effectue trois révolutions autour de la Terre. Le programme GEMINI (1964-1966), quant à lui, a pour principal objectif, la mise au point et la maîtrise de l'arrimage entre eux de deux vaisseaux spatiaux, étape indispensable pour les futures missions lunaires.

Le programme APOLLO (1967-1972) : aux États-Unis, le travail d'exploration des sondes Ranger et Surveyor est terminé, les essais d'alunissage en douceur des sondes Surveyor sont concluants, les programmes Mercury et Gemini sont achevés (les réactions de l'organisme humain dans l'espace sont connues, le plan de vol est défini, on sait effectuer les manœuvres pour détacher le module lunaire du vaisseau principal et l'y réarrimer); la mise au point de la fusée Saturne 5, la plus puissante et la sophistiquée jamais construite, est en cours (coût total du programme : 24 milliards de dollars) : il est temps d'organiser des vols habités vers la Lune.

La Lune, cette mystérieuse noctambule suite

Apollo 11: On a marché sur la Lune !

Le décollage a lieu le 16 juillet 1969.

Le 20 juillet, Eagle se pose dans la Mer de la Tranquillité, à 6,5 km au Nord du point prévu.

Le 21 juillet, Armstrong pose le pied sur la Lune... « C'est un petit pas pour un homme mais un bond de géant pour l'humanité ». Il est rejoint par Aldrin, alors que Collins reste en orbite lunaire... Durée totale de la mission: 195h18mn dont 21h37mn sur la Lune.

Suivent Apollo 12 (14-24 nov. 1969), Apollo 13 (11-17 avril 70 : échec), Apollo 14 (31/1-9/2/71), Apollo 15 (26/7 - 7/8/71), Apollo 16 (16-27 avril 72), Apollo 17 (7-19 déc 72).

À chacune des missions Apollo, les deux astronautes qui se sont posés avec le module lunaire (LEM) ont prélevé des roches, pris des photographies (des milliers au total), et installé des instruments qui renvoyaient des informations sur Terre par télémétrie. Ces instruments ont mesuré la température et la pression gazeuse à la surface de la Lune, l'écoulement du flux de chaleur venant de l'intérieur de la Lune, le vent solaire (c'est-à-dire les particules en provenance du Soleil), les champs magnétique et gravitationnel de la Lune, les vibrations sismiques à la surface lunaire, les éboulements, les impacts de météorites et, grâce à un faisceau laser, la distance précise entre la Terre et la Lune (à quelques centimètres près). Au total, 12 astronautes ont foulé le sol lunaire, récoltant 2 000 échantillons d'un poids total de 382 kg.

Ils y ont séjourné pendant plus de 12 jours, et ont effectué 14 sorties sur le sol lunaire et ont totalisé plus de 80 heures d'activités d'un programme scientifique.

LA FORMATION DU COUPLE TERRE-LUNE

La théorie la plus vraisemblable actuellement est celle de l'impact géant. Il y a 4,5 milliards d'années, un corps de la taille de Mars minimum, serait entrée en collision de manière tangentielle avec la Terre primitive. Cette collision aurait arraché à la Terre une fraction de sa croûte et de son manteau, qui, pulvérisés se seraient répartis en anneau autour de la planète. Ces débris se seraient très rapidement ré-agglomérés pour former la Lune qui sera par la suite bombardée par une multitude de projectiles. Cette théorie explique relativement bien les données actuelles relatives à la Lune et la Terre. C'est une théorie intéressante mais cependant controversée. Après l'impact géant, on pense qu'il y a eu formation d'un océan de magma, dans lequel auraient coulé les matériaux les plus lourds, formant un manteau sur lequel auraient flotté les éléments les plus légers, créant ainsi une croûte anorthositique. Vraisemblablement à cause d'une anomalie thermique régionale du manteau, la croûte est plus épaisse sur la face cachée, où elle résiste mieux au bombardement météoritique qui frappe toute la surface. Par contre, sur la face visible, les météorites fracturent la croûte et contribuent à faire remonter le magma et donc à former des « mers ».



La structure interne de la Lune est composée d'une écorce de 60 km à 100 km d'épaisseur recouverte de régolite (un mélange de fine poussière et de débris de roches produits par des impacts de météores) d'un manteau de 1 000 km d'épaisseur, d'un noyau de 700 km d'épaisseur d'une température de 1 500°C, composé de fer.

LE RELIEF LUNAIRE

Pendant l'Antiquité et le Moyen Age, on pensait que la Lune n'était qu'un gigantesque miroir reflétant l'image de la surface terrestre. Ainsi on a appelé « mers », les grandes zones sombres et « terres » les régions plus claires. L'observation moderne a permis de discréditer cette croyance et de distinguer d'autres formations : des montagnes, vallées, failles, crevasses... dont on a gardé les dénominations terrestres malgré l'absence d'eau.

1- Les cratères lunaires sont les formations les plus spectaculaires et les plus caractéristiques de la surface lunaire.

La Lune ne possède pas d'atmosphère protectrice, donc contrairement à la Terre, dont la surface a été remodelée par la tectonique des plaques et l'érosion, la surface lunaire est criblée de cratères d'impacts, sur la face visible mais surtout sur la face cachée. Leur aspect dépend de la taille, vitesse et composition du projectile et de la nature du sol. Les matières éjectées peuvent se trouver jusqu'à des centaines de km du point d'impact (traînes rayonnantes qui s'effacent sous la pluie de micrométéorites). Les glissements de terrain, remontées de lave ou chutes de nouvelles météorites peuvent également modifier leur aspect.

La taille des cratères peut varier de quelques microns à 850 Km de diamètre comme le Bassin Oriental.

L'étude des échantillons ramenés par les missions Apollo a permis d'établir une chronologie assez précise du bombardement météoritique : très intense pendant le premier

La Lune, cette mystérieuse noctambule suite

milliard d'années, il a diminué brusquement il y a environ 3,8 milliards d'années et continue à décroître depuis. Les sols les plus vieux sont ceux qui présentent le plus grand nombre de cratères (les cratères de toutes tailles se recouvrent). Les terrains les plus jeunes sont ceux qui ont peu ou pas de cratères.

2- Après les cratères, ce qui caractérise le plus le relief lunaire c'est le volcanisme

La première chose que l'on voit à l'œil nu : de grandes taches sombres appelées « mers » : ce sont d'immenses plaines de basalte, qui couvrent 15 % de la surface lunaire, essentiellement sur la face visible. Elles sont apparues relativement récemment à la surface de la Lune, ce sont des bassins formés par l'impact d'énormes météorites, il y a environ trois milliards et demi d'années. Le magma, issu du manteau lunaire, s'est progressivement infiltré par les fissures de la croûte, remplissant le fond des grands bassins d'impact. Ces mers, plus jeunes, apparaissent plus lisses et moins cratérisées que les terres.

3- Les montagnes lunaires

Les chaînes de montagne sont généralement situées en bordure des grands bassins « maritimes ». Ce sont les remparts des cratères creusés par la chute d'énormes astéroïdes et remplis de lave par la suite.

Les plus hautes font plus de 8 000 mètres mais elles ressemblent au Massif Central : leur relief est adouci par la pluie incessante de micrométéorites. Elles portent de nombreux noms de massifs terrestres comme les Apennins, les Alpes, le Jura.



4- Vallées et crevasses

La surface lunaire est parcourue de crevasses relativement profondes et escarpées. Elles ont longtemps été prises pour des rivières. Elles ont une origine volcanique : ce sont des coulées de lave produites lors du remplissage des mers. Elles peuvent mesurer jusqu'à quelques centaines de Km de long et profondes de plusieurs centaines de mètres.

LA GEOGRAPHIE DES 2 FACES

La face visible est caractérisée par la présence des « mers » de basalte. Les cratères les plus vastes de la face visible sont les cratères BAILLY (300 km de diamètre) et DESLANDRES (260 km), alors que les plus spectaculaires

sont COPERNICUS (93 km) et TYCHO (85 km), avec des traînées rayonnantes s'étendant sur plusieurs centaines de kilomètres.

La face cachée présente un aspect totalement différent de celui de la face « visible ». Cette différence tient vraisemblablement à la différence d'épaisseur de croûte entre ces deux hémisphères. Plus fine sur la face visible, l'écorce superficielle a, par le passé, craqué en de nombreux endroits sous l'impact de gigantesques météorites, laissant s'échapper des flots de lave à l'origine des « mers ». L'épaisseur plus importante de la croûte de la face cachée lui a permis de mieux encaisser les chocs, d'où la quasi-inexistence de « mers » sur cette face. Mais les cratères y sont extrêmement abondants et de toutes dimensions : de quelques mètres à plusieurs centaines de kilomètres.

DE L'EAU SUR LA LUNE ?

Aux pôles, le Soleil éclaire la Lune avec une incidence très rasante comme sur Terre. Donc certaines zones au fond des cratères d'impact ne reçoivent jamais la lumière du Soleil. La température de ces régions est de - 220 degrés C. De l'eau apportée par l'impact de comètes, pourrait y être emprisonnée sous forme de glace.

La sonde Clémentine (1994) a effectué une première tentative de détection : les résultats indiquent qu'il pourrait y avoir de l'eau. Elle a également effectué la 1ère exploration globale de la Lune et en a dressé un atlas complet : la Lune est une sphère aplatie aux pôles et renflée à l'équateur. Elle a vérifié que la croûte lunaire est plus épaisse sur la face cachée que sur la face visible et que cette croûte est plus mince sous les bassins d'impact

En 1998-1999, Lunar Prospector, détecte de grandes quantités d'hydrogène dans ces zones d'ombre : la source la plus vraisemblable de cet hydrogène, c'est la glace (H₂O). Lunar Prospector est précipitée au fond d'un cratère, près du Pôle Sud. Le crash devait provoquer un nuage de poussière dans lequel les scientifiques espéraient observer de la vapeur d'eau et obtenir une preuve supplémentaire de l'existence d'eau dans le sous-sol sélène. Mais le résultat s'est avéré négatif. Pour clarifier la situation, il faudrait envoyer une autre sonde qui ramènerait des échantillons.

LES MISSIONS ACTUELLES

La première sonde lunaire européenne SMART-1 a été lancée avec succès le 27 septembre 2003 par Ariane 5.

La sonde SMART-1 ne se posera pas sur la Lune, elle évoluera sur une orbite en spirale de plus en plus ample qui la rapprochera au fil des mois de sa cible, pour finalement être capturée par le camp gravitationnel de l'astre.

De là, elle effectuera des observations depuis son orbite d'où elle bénéficiera d'une vue d'ensemble. Une fois sur orbite lunaire, en décembre, elle réalisera des mesures pendant 6 mois, voire un an. Elle a pour mission de tester « plusieurs techniques et instruments nouveaux indispensables aux futures missions interplanétaires » : dont l'instrument « Kate » fabriqué par EADS.

La Lune, cette mystérieuse noctambule suite

SMART-1 devra également aider les scientifiques à élucider certaines énigmes concernant la formation de la Lune, sa composition minéralogique précise, ou le fait de savoir si elle abrite de l'eau et en quelles quantités.

La présence d'eau sur la Lune n'a jamais été confirmée.

LES FUTURES MISSIONS :

Les objectifs scientifiques de la mission Lunar-A (Japon) sont de prendre des images de la surface de la Lune, surveiller les «tremblements de lune», mesurer les propriétés thermiques de la surface et le flux de la chaleur, et étudier le cœur lunaire et la structure intérieure.

Sélène 1 (Japon) emportera 13 instruments y compris, un radar altimètre, un spectromètre d'onde Radio et un spectromètre des rayons gamma – des rayons pour étudier l'origine et l'évolution de la tectonique et l'orbite de la Lune.

L'ECLIPSE DE LUNE DU 8-9 NOVEMBRE 2003

Particulièrement bien visible, la seconde et dernière éclipse totale de Lune de l'année a été courte. Dans la nuit du 8 au 9 novembre, le phénomène a été visible partout en France : la Lune était à une cinquantaine de degrés de hauteur.

Une éclipse se produit lorsque la Lune passe partiellement ou totalement dans le cône d'ombre (ou de pénombre) de la Terre. On observe alors une éclipse partielle par la pénombre, partielle par l'ombre ou totale.

Une éclipse se produit pratiquement toujours à la pleine Lune, mais à cause de l'inclinaison de l'orbite lunaire par rapport à l'écliptique ($5^{\circ} 13'$), il n'y a pas d'éclipse à chaque pleine lune, de même qu'il n'y a pas d'éclipse à chaque nouvelle lune. Le 9 novembre, l'alignement Soleil, Terre et Lune était quasiment parfait, il y a donc eu une éclipse. Contrairement à une éclipse totale de Soleil, une éclipse de Lune peut être observée depuis une grande partie du globe terrestre.

La totalité a été visible le 9, de 2h 08 à 2h 29 heure légale (21 minutes) à proximité du Bélier.

La courte durée de la totalité est due au passage de la Lune dans la partie Sud du cône d'ombre de la Terre, et non en plein centre. Le cône d'ombre de la Terre projeté dans l'espace n'est ni homogène ni monochrome (les rayons solaires étant réfractés par notre atmosphère) donc la Lune est toujours visible, même placée dans l'ombre de la Terre.

Pourquoi la Lune est-elle rouge ?

En traversant l'atmosphère, les rayons lumineux du Soleil sont réfractés et pénètrent dans le cône d'obscurité. Le sommet du vrai cône d'obscurité totale se trouve donc entre la Lune et la Terre. La Lune est donc faiblement éclairée. De plus, seule la composante rouge de la lumière solaire est réfractée, car les autres composantes sont diffusées par l'atmosphère. La Lune présente donc une couleur rouge au cours d'une éclipse totale.

Phénomènes en heure légale :

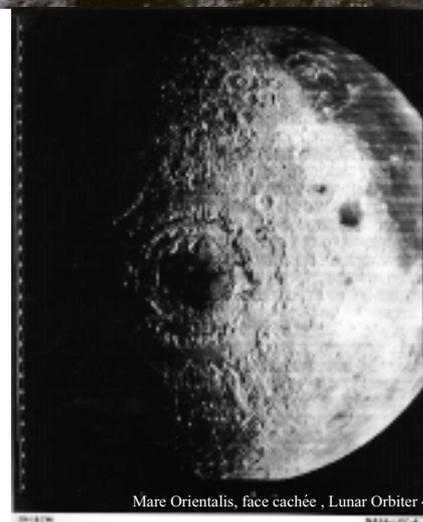
Entrée dans la pénombre à 23 h 17 ; **Entrée dans l'ombre à 0 h 33** ; Début totalité à 2 h 08 ; Maximum à 2 h 19 ; Fin de la totalité à 2 h 29 ; **Sortie de l'ombre à 4 h 04** ; Sortie pénombre à 5 h 20.



Éclipse de lune du 8/11/04



Aldrin, collecte d'échantillons, Apollo 11



Mare Orientalis, face cachée, Lunar Orbiter 4

Événements remarquables de février 2004 par Jacques WALLIANG

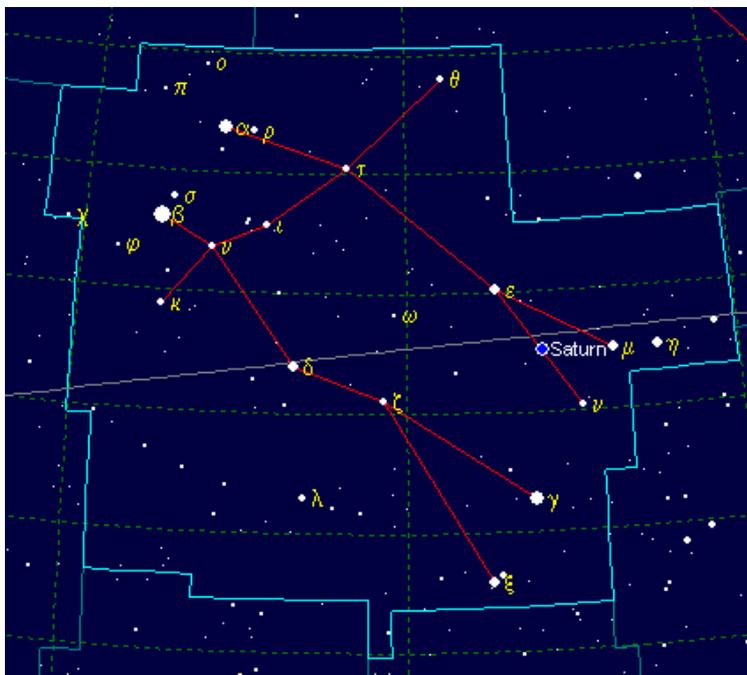
Constellation des GÉMEAUX

Soleil, Lune et planètes du mois de février

- La grande tache rouge
- Jupiter les 5 et 6 février
- Eclipse de Lune
- Conjonction Lune - Vénus
- Occultation de l'étoile TORCULARIS
- Jupiter et ses 4 compagnons

Pollux	beta	1.16
Castor	alpha	1.58
Ahena	gamma	1.93
	Mu	2.87
	epsilon	3.06
	eta	3.31
	xi	3.35
	delta	3.50
	kappa	3.57
	lambda	3.58
	theta	3.60
	iota	3.78
	zeta	4.01
	upsilon	4.06
	Nu	4.13
	1	4.16
	Rho	4.16
	sigma	4.23
	Tau	4.41
	30	4.49

Constellation des GÉMEAUX



À partir de 18h45 le 24, la lune occulte partiellement l'étoile Torcularis, mag = 4,26 dans les Poissons, émérsion à 20h

Lever et coucher des astres en février:

Date	Soleil	Lune	Mercure	Mars	Vénus	Jupiter	Saturne	Uranus
Vendredi 6	8h15/17h55	17h54/8h51	matin	10h41/0h49	9h43/21h31	20h28/9h35	14h19/6h17	8h54/19h12
Vendredi 13	8h04/18h07	01h40/11h04	matin	10h23/0h47	9h28/21h54	19h56/9h06	13h50/5h49	8h28/18h47
Vendredi 20	7h51/18h18	8h25/18h22	matin	10h05/0h44	9h13/22h13	19h24/8h37	13h21/5h20	8h01/18h22
Vendredi 27	7h38/18h34	10h27/01h38	matin	09h47/0h42	8h53/22h31	18h51/8h02	12h53/4h52	7h34/17h56

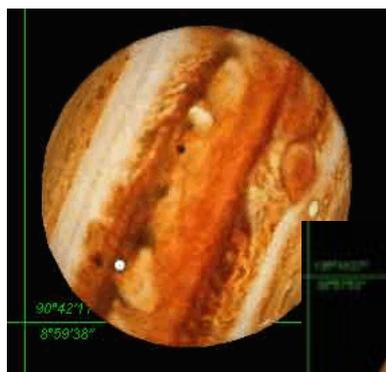
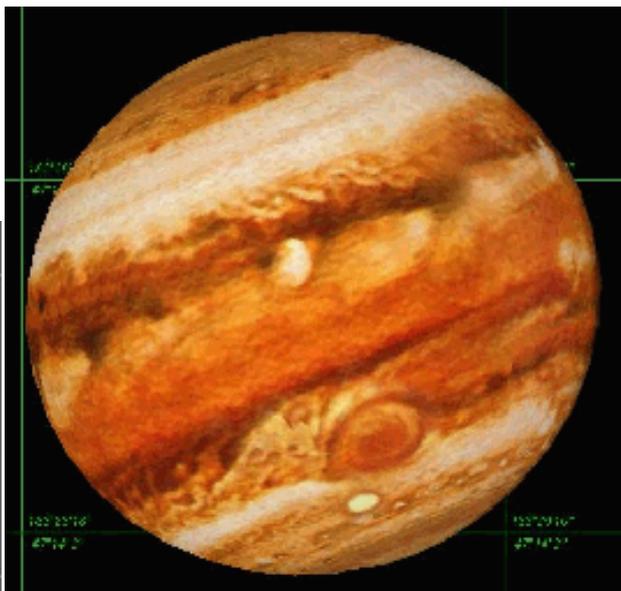


Image le 5/02 à 21h30, ombre d'Europe, Europe et la tache rouge



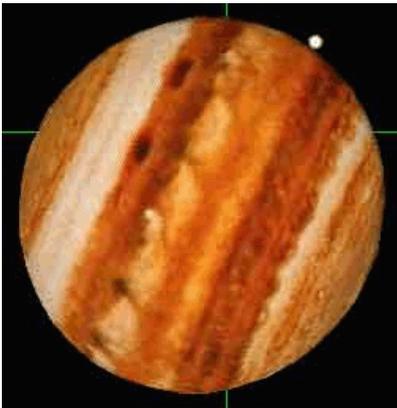
Image le 6/02 à partir de 1h30, ombre de Io, Io devant Jupiter. Ici à 0h00, Io en bas et Europe en haut.



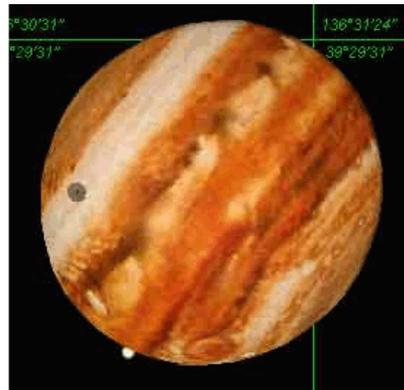
Le 2/02, la grande Tache rouge commence son parcours sur la planète de 21h30 à 05h30. Elle est au centre de la planète vers 03h30.

Le ciel d'hiver

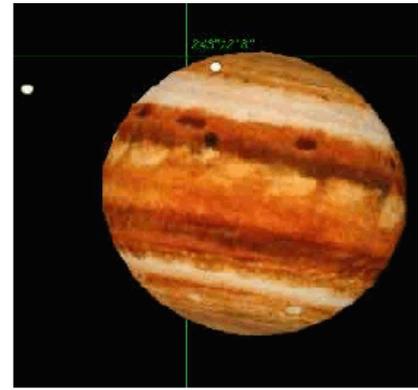
Événements remarquables de février 2004 suite



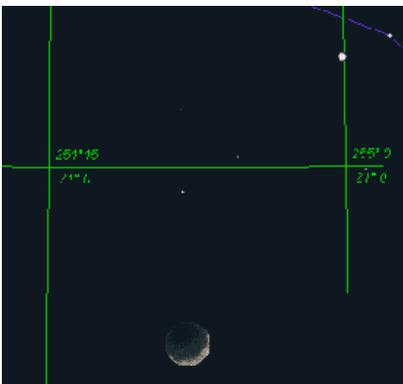
Le 7/02 à 22h30, immersion de IO



Le 7/02 à 0h45, émmersion de IO et ombre de Callisto au centre à 2h30

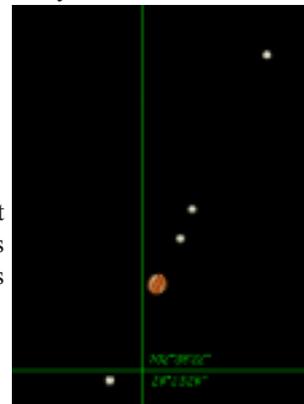


Le 7/02 à 6h30, Callisto et ombre de Ganymède



Le 23/02 à 20h, conjonction Lune / Vénus

Le 27/02 à 21h, Jupiter est accompagné de ses quatre satellites dans la constellation des Poissons

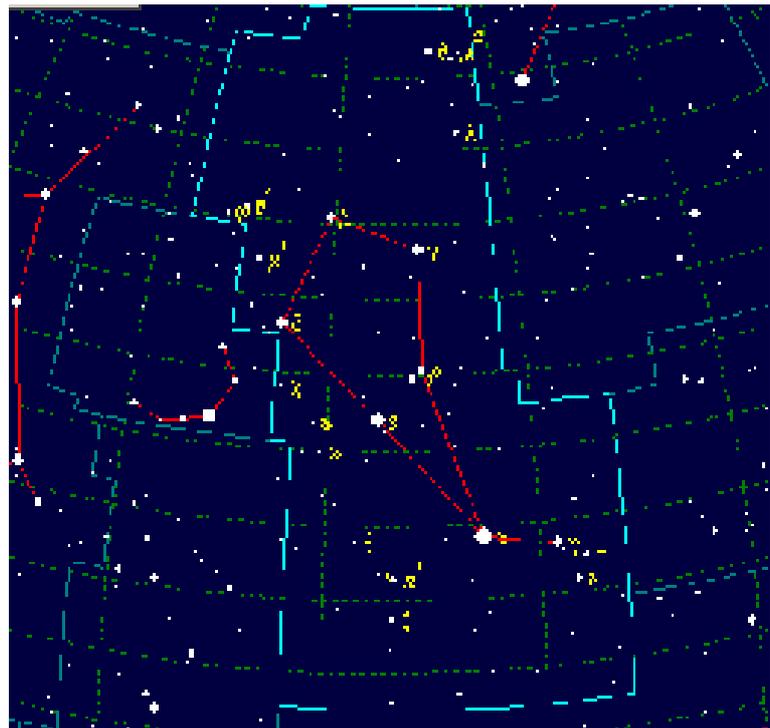


Événements remarquables de mars 2004

Constellation du BOUVIER
 Soleil, Lune et planètes du mois de mars
 Occultation de l'étoile 76 Gémeaux
 Conjonction Lune Pollux le 2/03
 Jupiter du 6 au 7 mars
 Occultation de l'étoile 10 Lion
 Jupiter le 19
 Occultation de l'étoile BSC 1921 le 27
 Conjonction Lune / Mars le 25
 Conjonction Lune / Saturne le 28

Arcturus	alpha	-0.05
Izar, Pulcherrima	epsilon	2.35
	eta	2.68
Seginus	gamma	3.04
	delta	3.46
	beta	3.49
	Rho	3.57
	zeta	3.78
	theta	4.04
	upsilon	4.05
	lambda	4.18
	Mu ¹	4.31
	sigma	4.47
	pi ¹	4.49
	Tau	4.50

Constellation des GÉMEAUX



Le ciel de printemps

Événements remarquables de mars 2004 suite

Lever et coucher des astres en mars :

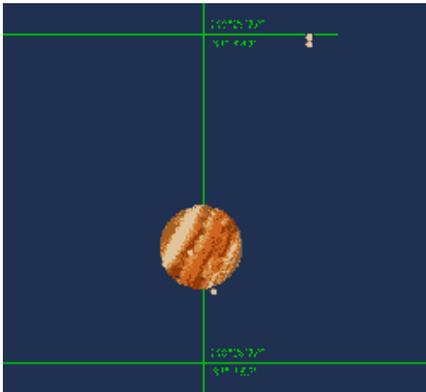
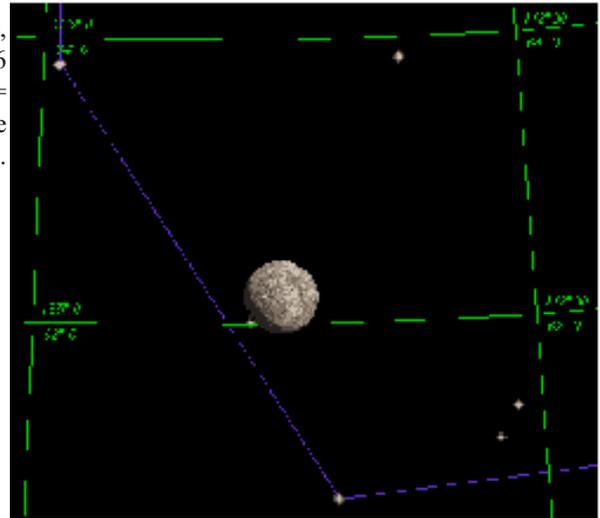
Date	Soleil	Lune	Mercure	Mars	Vénus	Jupiter	Saturne	Uranus
Vendredi 5	7h24/18h41	16h50/7h17	6h41/17h40	9h30/0h40	8h43/22h49	18h19/7h35	12h25/4h24	6h26/16h42
Vendredi 12	7h22/20h11	0h52/9h35	6h34/18h30	9h14/0h38	8h28/23h06	17h46/7h10	11h57/3h57	5h44/16h02
Vendredi 19	7h32/19h56	6h49/17h19	6h23/19h19	8h57/0h35	8h14/23h23	17h14/6h41	11h30/3h30	5h17/15h37
Vendredi 26	7h42/19h41	8h53/0h29	6h09/19h56	8h44/0h32	8h00/23h39	16h42/6h11	11h03/3h03	4h51/15h11



Le 2/03 à 20h30, l'étoile 76 Gémeaux, mag = 5,3, est occultée par la Lune.

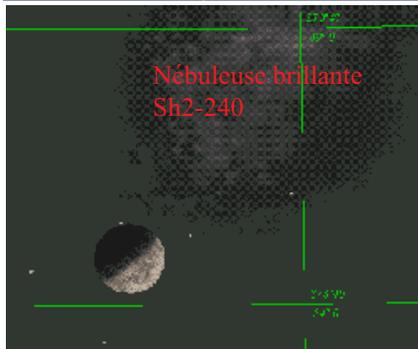
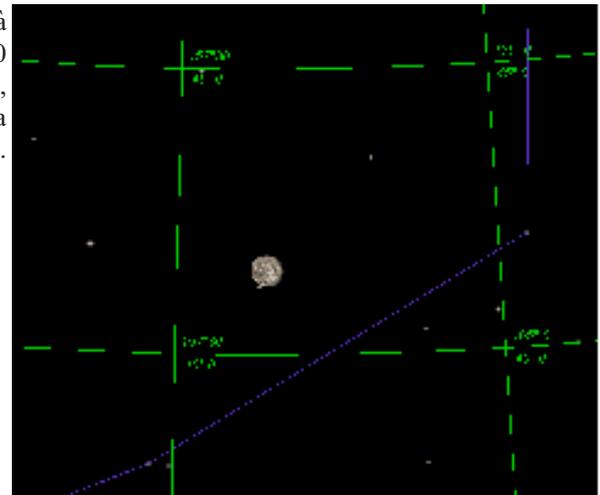
Le 6 à 20h40, Ganymède passe devant Jupiter en projetant son ombre sur sa

surface. À 0h45, immersion d'Europe. À 2h45, c'est au tour de Io de passer devant Jupiter. À 3h40, émergence d'Europe. À 5h, fin du passage de Io.



Le 8/03 de 0h55 à 2h15, l'étoile 10 Lion, mag = 5,95, est occultée par la Lune.

Le 19/03 de 20h15 à 22h, Callisto est visible sur le limbe de Jupiter. La tache rouge est visible jusqu'à 22h.

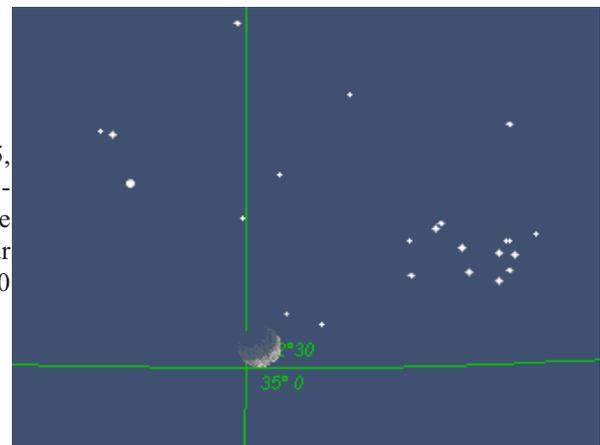


Le 27/03 de 22h30 à 23h35, occultation par la Lune de BSC 1921, mag = 6,45.

Le 25/03 à 17h45, conjonction Lune - Pléiades. La carte est établie pour 20h30



Le 28/03 à 20h, occultation par la Lune de BSC 2339, mag = 6,57.



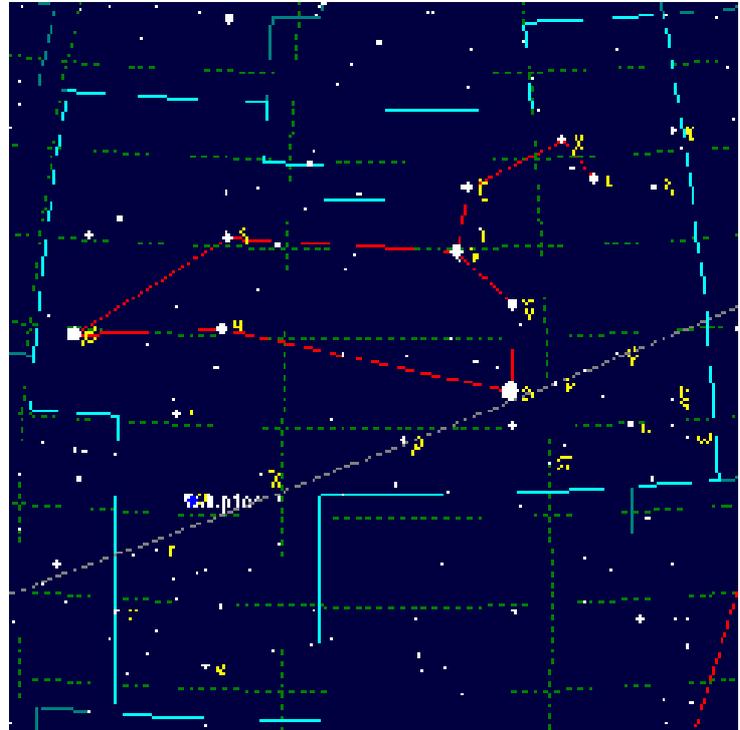
Le ciel de printemps

Événements remarquables d'avril 2004

Constellation du LION
 Soleil, Lune et planètes du mois d'avril
 Conjonction Lune Régulus 2/03
 Conjonction Lune Spica 5/03
 Conjonction Lune Antares 9/03
 Pluie de Lyrides 22 mars
 Conjonction Lune Jupiter le 30

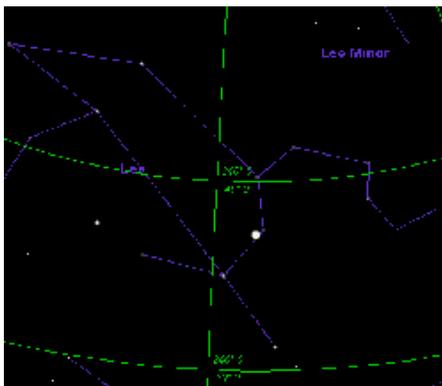
Regulus	alpha	1.36
Algieba	gamma ¹	2.01
Denebola	beta	2.14
Zosma	delta	2.56
	epsilon	2.97
	theta	3.33
	zeta	3.43
	eta	3.48
	omicron	3.52
	Rho	3.84
	Mu	3.88
	iota	4.00
	sigma	4.05
	upsilon	4.30
	54	4.30
	lambda	4.32
	31	4.39
	60	4.42
	Phi	4.45
	kappa	4.47
	93	4.50

Constellation du LION

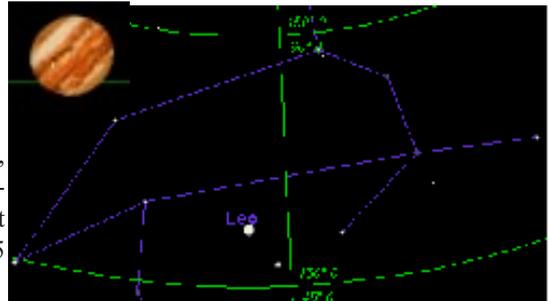


Lever et coucher des astres en avril:

Date	Soleil	Lune	Mercur	Mars	Vénus	Jupiter	Saturne	Uranus
Vendredi 2	7h26/20h23	16h43/6h41	soir	9h31/1h29	8h48/0h51	17h11/6h42	11h37/3h37	invisible
Vendredi 9	7h11/20h34	1h00/9h09	soir	9h18/1h25	8h36/1h02	16h40/6h14	11h11/3h07	invisible
Vendredi 16	6h57/20h44	6h14/17h21	soir	9h06/1h20	8h25/1h10	16h10/5h45	10h45/2h45	invisible
Vendredi 23	6h44/20h55	8h24/0h26	soir	8h55/1h14	8h14/1h12	15h41/5h17	10h20/2h20	invisible
Vendredi 30	6h32/21h05	15h35/5h04	soir	8h46/1h05	8h02/1h08	15h12/4h49	9h55/1h55	invisible



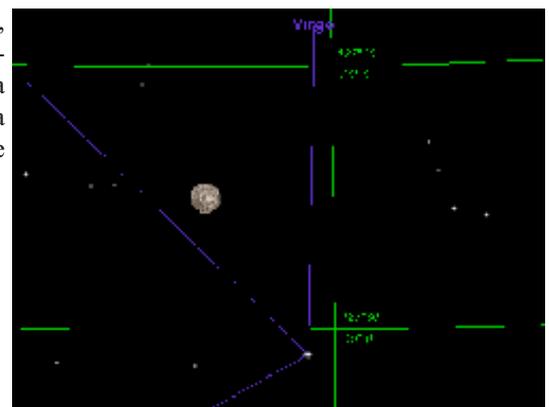
Le 2/04 à 2h18, conjunction par la Lune de Régulus



Le 2/04 à 20h18, conjunction Lune - Jupiter. La carte est établie pour 22h15



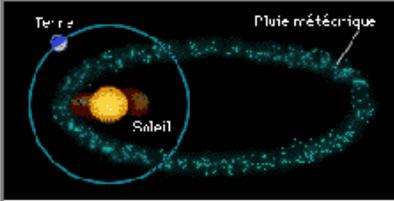
Le 5/04 à 22h48, conjunction Lune - Spica dans la constellation de la Vierge



Le 9/04 à 5h37, l'étoile Antares du Scorpion a rendez-vous avec la Lune. Voir aussi l'amas globulaire M4

Le ciel de printemps

Événements remarquables d'avril 2004 suite

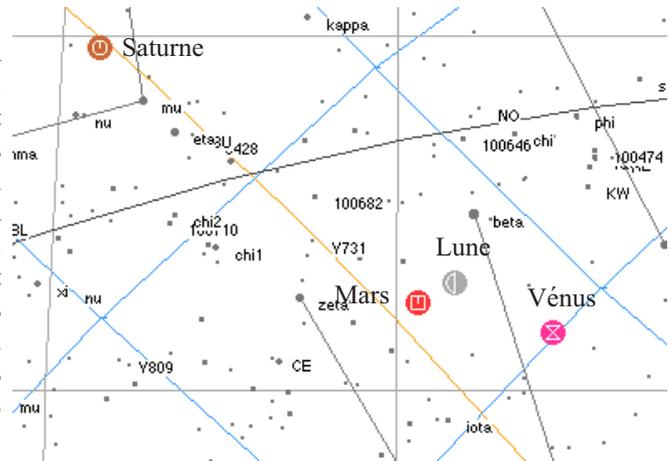


Pluie de météorites Lyrides

22 Avril

Corps parent: Comète Thatcher
 Radiant à AD max. 8h 8m, Déc +32 deg
 Δ T MAX 0.1 NT FNS T F DF 1 A FI III F M F T F O R I Q I I F
 Passage au méridien 05:56 TU, altitude 73°
 Dates actives 19 - 25 Avril
 Taux horaire zénithal moyen au max. 10
 Illumination de la Lune 6%
 Lever de Lune 07.35 Coucher 00.25 (h. l.)

Le 23/04 à 22h, rassemblement planétaire dans la constellation du Taureau. La Lune, Vénus, Mars et Saturne dans les Gémeaux sont proche les uns des autres



Le 30/04 à 5h, conjonction Lune Jupiter

