

## SOMMAIRE

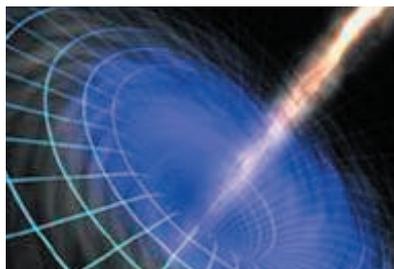
- Éditorial ..... p. 1
- La vie du club ..... p. 2
- Les conférences du Club.... p. 4
- Les éphémérides ..... p. 8



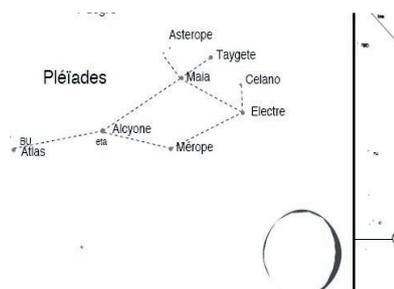
Une exposition pour éduquer p. 2



Une exposition pour amuser p. 2



Approchez-vous d'un trou noir p. 4



Nos célèbres éphémérides p. 8



Un cadran solaire analemmatique. Remarquez le gnomon...

## Éditorial

### La fête de l'Astronomie à Breuillet

C'était une première réussie par le Club d'Astronomie de Breuillet, le dimanche 15 mars 2009 à la salle des fêtes de Breuillet. Même le Soleil était de la partie pour e faire admirer depuis la pelouse du Château grâce à la lunette d'un passionné venu de Paris. Nous avons invité d'autres associations et un conférencier astronome professionnel pour un bar des sciences sur Galilée. Dès 8h30, nous étions à l'œuvre pour aménager la salle décorée dès la veille par l'association Arts et Loisirs avec le décor des planètes du concert des professeurs de musique de 2008.

Nous y avons installé les panneaux des deux expositions, l'Astronomie de A à Z et le système solaire. Planète Sciences a installé le planétarium gonflable qui n'a pas désempilé de la journée. Christine, déguisée en Galilée, tenait le stand de A fond la Science. Franck exposait des maquettes astronautiques. L'Association pour la Préservation du Ciel Nocturne attendait de pied ferme les responsables municipaux et ont eu un contact, que nous espérons fructueux, avec ceux de Breuillet et de Courson. Le prési-

dent de Planète Mars en personne accueillait les curieux avec les exploits des rovers martiens. Le Cahos de Corbreuse et ses membres exposaient un astrolabe et construisaient un cadran solaire analemmatique sur la pelouse. L'association des Amis de Camille Flammarion était là, avec son président et d'éminents collègues dont un exposait une maquette étonnante de la Lune. Les Amis des Etoiles ont montré une lunette modifiée en coronographe. Avec Marc, les enfants réalisaient des maquettes de la sonde Corot. Il y avait des instruments d'astronomie partout...

Le bar des sciences a rassemblé une trentaine de personnes autour des tables vers 11h. Très apprécié, l'exposé de Jean-Pierre Martin sur Galilée nous a aussi servi d'apéritif avant le déjeuner des participants sur place. Tout cela grâce à la générosité et au dévouement des membres du Club que je remercie chaleureusement et plus particulièrement Martine, la cheville ouvrière de cette manifestation, dans ce numéro double de cette édition de la Gazette...

**Jean-Antoine Bloc-Daudé**

# LA VIE DU CLUB

## Le club fit la fête

*Le 15 mars 2009, c'était à Breuillet la Journée de l'astronomie, organisée dans le cadre de l'Année mondiale de l'astronomie, un événement planétaire voulu par l'UAI (Union Astronomique Internationale) pour célébrer la première utilisation de la lunette astronomique par Galilée et inciter les Terriens à regarder vers le haut. Le Club et ses invités ont su attirer la foule...*



Des stands pour instruire et des instruments pour regarder le Soleil. Les bénévoles du Club ont organisé cette journée durant des semaines. Tout était au point et le public a apprécié...



## Les prochains rendez-vous

### Les conférences salle des Larris

**10 avril à 20 h 45 :**  
**Le tourisme spatial (Frank Lehot)**

**15 mai à 20 h 45 :**  
**La radio au service de l'astronomie  
(Jean-Louis Rault)**

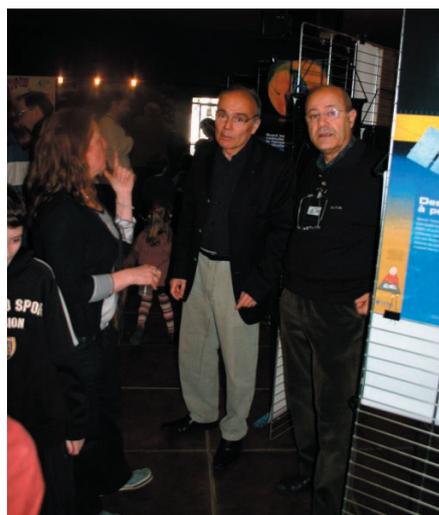
**12 juin à 20 h 45 :**  
**Le premier pas sur la Lune (Frank  
Lehot)**

### Les ateliers et les observations

**Atelier :**  
**PAJ (Point d'accueil Jeunes),**  
**Le 29 mai à 20 h 45 (ou observation à  
Bruyères-le-Châtel)**

**Observations au club de Port Sud :**  
**17 avril à 21 h 00**  
**15 mai à 21 h 00**

# LA VIE DU CLUB



Certains sont venus de loin, de Paris et même du carnaval de Venise. Les dispositifs étaient sophistiqués, comme le planétarium gonflable de Planète Sciences. Il y en avait pour tous les âges et le maire de Breuillet n'a pas manqué la fête.

## Les contacts du club

### Président d'honneur :

**M. Claude GHESQUIÈRE**  
**Président : M. Jean-Antoine BLOC-DAUDÉ**  
 21, hameau de la Goélette 91650 Breuillet  
 Tél. : 01 64 58 50 68 / portable 06 07 18 24 09  
 e-mail : [ja-bloc@club-internet.fr](mailto:ja-bloc@club-internet.fr)

**Vice-Président : M. Christophe GHESQUIÈRE**  
 22, rue Elysée Reclus 91120 Palaiseau  
 Tél. : 01 60 14 80 45  
 e-mail : [ghesquiere@wanadoo.fr](mailto:ghesquiere@wanadoo.fr)

**Secrétaire : M<sup>lle</sup> Dominique MARCHAIS**  
 15, impasse des Petits Sels 91650 Breuillet  
 Tél. : 01 64 58 93 83 / portable : 06 66 43 74 44  
 e-mail : [dominique.marchais@wanadoo.fr](mailto:dominique.marchais@wanadoo.fr)

**Secrétaire-adjoint : M. Jean-François D'ALBERTO**  
 24, hameau de la Gondole 91650 Breuillet  
 Tél. : 01 64 58 67 95 / portable 06 88 06 22 03  
 e-mail : [jfdalberto@yahoo.fr](mailto:jfdalberto@yahoo.fr)

**Trésorier : M. Philippe GOURGEOT**  
 23, rue des Berges 91650 Breuillet  
 Tél. : 01 64 58 62 75 / portable : 06 79 27 44 60  
 e-mail : [philippe.gourgeot@wanadoo.fr](mailto:philippe.gourgeot@wanadoo.fr)

**Trésorier-adjoint : M. Olivier Riant**  
 15, impasse des Petits Sels 91650 Breuillet  
 Tél. : 01 64 58 93 83  
 e-mail : [o.riant@libertysurf.fr](mailto:o.riant@libertysurf.fr)

### Gazette : M. Jean-Luc GOUDET

44, rue du Docteur Louis Babin 91180 Saint-Germain-lès-Arpajon  
 Tél. : 01 64 90 14 38  
 e-mail : [jl.goudet@club-internet.fr](mailto:jl.goudet@club-internet.fr)

### Relations extérieures :

• **Mme Martine GOURGEOT**  
 23, rue des Berges 91650 Breuillet  
 Tél. : 01 64 58 62 75 / portable : 06 83 25 32 84  
 e-mail : [martine.gourgeot@wanadoo.fr](mailto:martine.gourgeot@wanadoo.fr)

• **M. Jean-Claude PIGNOUX**  
 51, hameau de la Goélette 91650 Breuillet  
 Tél. : 06 85 60 92 37  
 e-mail : [jcpignoux@yahoo.fr](mailto:jcpignoux@yahoo.fr)

**Relations presse : Stéphane BOURGAULT**  
 11, rue Rimoron 91650 Breux-Jouy  
 Tél. : 01 64 58 47 75  
 e-mail : [stephane@xbsr-multimedia.com](mailto:stephane@xbsr-multimedia.com)

**Soutien logistique : M. Thierry PRE**  
 25, hameau de la Gondole 91650 Breuillet  
 Tél. : 08 70 74 71 18  
 e-mail : [thierry@pre.fr](mailto:thierry@pre.fr)

**Etudes et prospectives : M. Frank LEHOT**  
 1, rue de Bourgogne 91380 Chilly-Mazarin  
 Tél. : 01 69 09 23 70 / portable 06 82 13 82 60  
 e-mail : [frank-lehot@club-internet.fr](mailto:frank-lehot@club-internet.fr)

### Ateliers Observations :

• **M. Olivier Riant**  
 (voir coordonnées ci-contre)  
 • **Mme Christine BREISTROFFER**  
 7, rue du général Delestraint 91290 Arpajon  
 Tél. : 01 64 90 27 21  
 e-mail : [chrbreis@hotmail.com](mailto:chrbreis@hotmail.com)

• **M. Jean-François D'ALBERTO**  
 (voir coordonnées ci-contre)

• **M. Christophe GHESQUIÈRE**  
 (voir coordonnées ci-contre)

• **M. Cyril GOURGEOT**  
 71, avenue de Verdun 91209 Arpajon  
 Tél. : 01 64 90 10 71 / portable 06 70 81 13 65  
 e-mail : [cyril.gourgeot@wanadoo.fr](mailto:cyril.gourgeot@wanadoo.fr)

**Ephémérides et ciel du soir :**  
**M. Jacques WALLIANG**  
 12, rue du Clos du Caprice 14123 Cormelles-le-Royal  
 Tél. : 02 31 34 65 99  
 e-mail : [jacques.walliang@wanadoo.fr](mailto:jacques.walliang@wanadoo.fr)

**Site Internet :**  
 • **M. Didier WALLIANG**  
 25, rue de 17 Novembre 25350 Mandeuve  
 Tél. : 06 77 41 61 95  
 e-mail : [didier.walliang@gmail.com](mailto:didier.walliang@gmail.com)

**Stéphane BOURGAULT**  
 (voir coordonnées ci-contre)

Plus d'infos ? <http://astrobreuillet.free.fr/animateurs.php>

# Voyage au pays des trous noirs

*De Kerr ou de Schwarzschild, les trous noirs défient les physiciens et montrent des visages variés. A l'occasion, ils déforment notre vue du ciel ou avalent leur compagne. Découvrez avec notre zoologiste du cosmos cet étrange bestiaire.*

Jean-François d'Alberto

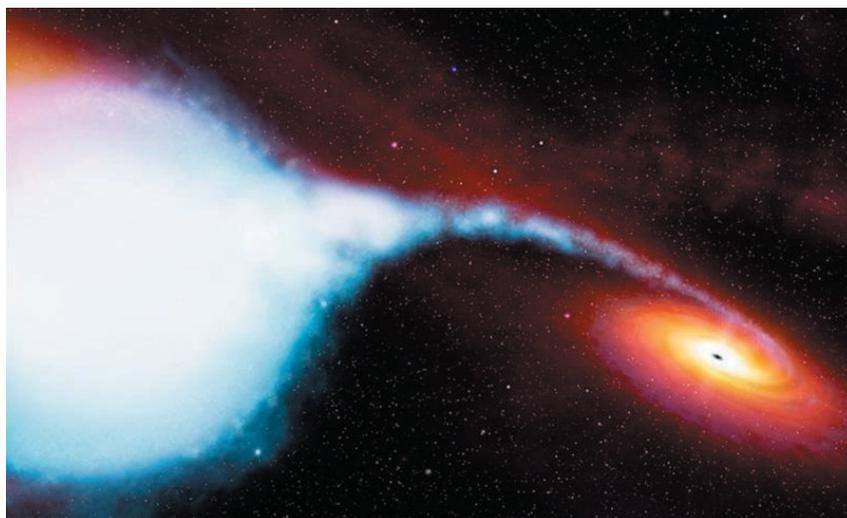
Souvent représentés de façon très imaginative à travers les œuvres de science-fiction, sources inépuisables de mystères, les trous noirs sont parmi les phénomènes célestes les plus mal maîtrisés par la connaissance scientifique. Pourtant tout le monde en a entendu parler... Penchons-nous de plus près sur ces grands trous infinis... L'existence d'objets obscurs a été envisagée dès le dix-huitième siècle dans le cadre de la théorie de la gravitation de Newton. Dans les années 1790, Pierre-Simon Laplace étudie une conjecture hardie : des astres, qu'il qualifie d'*occlus*, pour lesquels la vitesse nécessaire pour échapper à leur attraction serait supérieure à celle de la lumière. Mais la nature ondulatoire de la lumière fait oublier l'idée...

En 1916, Albert Einstein revient sur la conjecture des astres occlus dans le cadre de la relativité générale. Mais ils ne sont alors que pure construction mathématique, une solution élégante pour résoudre les équations de la relativité. Il faudra encore près d'un siècle de calculs et d'observations pour prouver leur réalité physique. Mais la physique et l'astronomie des années 1920 et 1930 les remettent en selle.

Karl Schwarzschild met en évidence le premier que ces objets sont des solutions des équations de la relativité générale (les équations d'Einstein). L'abbé Lemaître définit l'espace-temps en-deçà du rayon de Schwarzschild comprimé en un point la singularité. Mais c'est le physicien indien



**Subrahmanyan Chandrasekhar, un physicien indien, définit la limite qui porte son nom : en-deçà, lumière et matière ne ressortent jamais...**



**Pourquoi Cygnus X1 émet-il tant de rayons X ? Parce qu'il s'agit d'un système binaire, composé d'une étoile et d'un trou noir. Le second aspire, en l'accélégrant, la substance de sa compagne. En tournoyant vers le trou noir, cette matière émet un rayonnement, comme le rayonnement synchrotron d'un accélérateur de particules. Mais celui-là est du genre costaud et son énergie s'exprime dans la gamme des rayons X.**

Subrahmanyan Chandrasekhar qui ouvre la voie grâce à l'équation d'état de la matière dégénérée et la fameuse limite de Chandrasekhar.

### Les trous noirs se multiplient

En 1940, Oppenheimer démontre que si une étoile se contracte jusqu'à arrêter complètement ses fusions nucléaires, aucun retour en arrière n'est alors possible. En 1960, John Wheeler, père de la cosmologie quantique, qui vient de décéder très récemment, décrit la matière nucléaire à haute densité (à l'intérieur des étoiles à neutrons par exemple) et baptise ces objets hypothétiques. Les astres occlus de Laplace deviennent les trous noirs.

En 1971, Stephen Hawking avance l'hypothèse que le Big Bang aurait dispersé dans l'espace des mini-trous noirs qui s'évaporeront. Dans les années 1980, il expose la théorie des trous de vers, côté opposé des trous noirs, c'est-à-dire des résurgences de matière dans un autre espace-temps...

Les trous noirs par eux-mêmes n'émettent aucun rayonnement électromagnétique ni aucun jet de matière. Pour quitter la Terre, un objet ou un rayonnement doit dépasser 11 km/s mais pour échapper à un trou noir, il faut, par définition, une vitesse supérieure à 300.000 km/s, ce qui est impossible puisqu'il faudrait une énergie infinie. Mais leur influence – énorme – qu'ils exercent sur leur environnement trahit leur présence. En 1971, le Canadien Tom Bolton met ainsi en évidence le premier trou noir, Cygnus X1, dans la constellation du Cygne. Cet astre était déjà connu depuis longtemps comme un puissant émetteur de rayons X (d'où son nom, d'ailleurs). Bolton explique ses observations en faisant appel à l'hypothèse d'un trou noir. Il s'agirait d'un système binaire dans lequel un trou noir dévore son compagnon, une étoile géante bleue. L'énorme jet de matière accélérée et avalée par le trou noir émet un rayonnement X. Dès qu'une masse gazeuse ou de

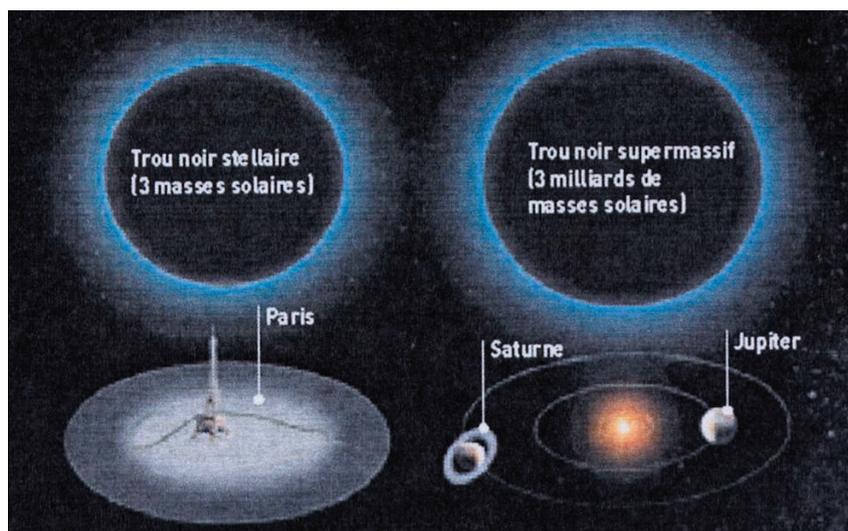
poussières est attirée par un trou noir, en effet, l'accélération de la matière conduit à une illumination de son environnement. De plus, la rotation de la matière jusqu'à une vitesse proche de celle de la lumière engendre une forte émission et la matière absorbée produit de violentes réactions thermonucléaires. Enfin, les forces de marée d'un trou noir peuvent être si élevées au niveau de la limite de Roche qu'une étoile peut s'aplatir et se désintégrer.

Au centre de notre galaxie, la Voie lactée, il existe une source radio importante et inexplicable dans le Sagittaire, appelée SgA. C'est un endroit très actif, un véritable monstre stellaire y demeure, calme et invisible. La vitesse des étoiles proches du centre de notre galaxie est voisine de 1.000 km/s, soit plus de 3 millions de km/h. Cette situation est tout à fait anormale car les lois de la physique montrent que le corps au centre du mouvement doit avoir une masse de plus de 2,6 millions de masses solaires. Pourtant, on ne voit rien ! Là encore, il s'agit de la manifestation d'un trou noir.

La présence d'un trou noir peut aussi être suspectée lorsqu'on observe un phénomène de lentille gravitationnelle. La masse du trou noir dévie tellement la lumière qu'elle produit un effet de grossissement considérable des objets placés derrière.

## Comment se forment-ils ?

Le trou noir a pour origine une supernova, l'explosion de fin de vie d'une étoile supergéante dont l'effondrement du cœur produit un résidu, le trou noir. 10% seulement des étoiles géantes finissent ainsi leur vie, comme celle du Crabe en 1064. Le cadavre de l'étoile est un pulsar ou bien une étoile à neutrons. Dans le second cas, la matière y est dégénérée sous forme d'une soupe neutronique, la densité est phénoménale : 1 cm<sup>3</sup> pèse un milliard de tonnes. Une montagne dans un dé à coudre ! Encore plus dense, l'étoile à quarks, ou étrange, mais toujours hypothétique, s'approcherait de la valeur limite d'effondrement. Ainsi comprimé, le Soleil tiendrait dans le diamètre de Paris.



## Il en est de petits et de très grands...

On peut faire mieux... Des étoiles super géantes finissent leur vie dans une explosion encore plus puissante, une hypernova. L'effondrement gravitationnel est tel qu'il ne peut être arrêté. Un trou noir apparaît alors. Sa dimension, si cela a un sens, est de 120 km pour les plus petits. Si le Soleil était un trou noir, il mesurerait 3 km. Pour la Terre, ce serait un centimètre...

Une étoile de plus de 9 masses solaires (Mo) dépasse la limite de Chandrasekhar et se transformera en fin de vie en étoiles à neutrons. Pour qu'un trou noir existe il faut que le rapport de la masse sur la dimension atteigne une limite appelée limite d'Oppenheimer-Volkoff (LOV). La masse minimale de l'étoile est de 40 Mo. Heureusement, on ne connaît que 3 étoiles dans la galaxie susceptibles de finir en hypernova d'ici moins d'un million d'années. La plus proche est Eta Carina, à 8.000 années-lumière. Mais on sait qu'en cas d'explosion de cette étoile, la Terre ne serait pas dans le faisceau de ses rayons gamma. Mais les trous noirs déjà formés seraient plus d'un million dans notre galaxie...

Au centre de chaque galaxie il existe des monstres pesant des millions et même des centaines de millions de fois la masse solaire. Le plus gros trou noir super massif connu est celui de la galaxie M87, Virgo A, qui atteindrait 3 milliards de masses solaires. Il est particulièrement actif en produisant de gigantesques jets de matières sur des milliers d'années-lumière.

Il existe d'autres types de galaxies actives qui possèdent un trou noir au centre, les galaxies de Seyfert, les quasars... Pour que le nôtre se réveille, il faudra un événement galactique de grande ampleur, comme une collision avec une autre galaxie. Cette collision aura bien lieu dans 4 milliards d'années avec la galaxie d'Andromède, notre voisine, qui fonce sur la Voie lactée à la vitesse de plus de 100 km/s.

## Les trois familles

Les trous noirs ont des différences de taille considérables, ce qui leur vaut des qualificatifs distincts :

*Stellaire* : 3 masses solaires (Mo), diamètre de quelques kilomètres, densité de mille milliards de tonnes par centimètre cube ;

*Supermassif ou galactique* : 3 milliards de Mo, 3 milliards de kilomètres, densité très faible, équivalente à celle de l'air, de l'ordre de quelques grammes par cm<sup>3</sup> ;

*Mini trous noirs* : en 1971, Hawking prédit l'existence de mini trous noirs (ou trous noirs quantiques) de la taille des particules élémentaires. Créés au moment du Big Bang, ils se seraient ensuite évaporés par effet quantique. Le LHC, accélérateur de particules installé à Genève et mis en route pour la première fois le 10 septembre 2008, est supposé pouvoir en fabriquer, ce qui a alimenté bien des fantasmes (et même conduit à un suicide).

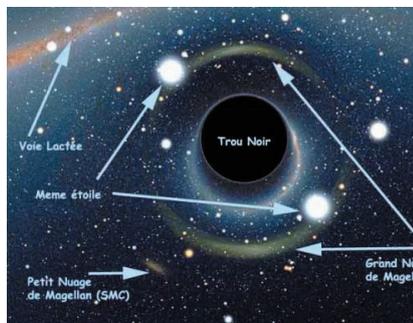
La nature du trou noir défie toutes les

lois de la physique traditionnelle. C'est un objet de dimension infiniment petite et de masse infiniment grande, indescriptible avec lois connues. Le trou noir est, d'après la relativité, une altération de l'espace et du temps qui engendre un trou dans le tapis de l'espace-temps. Même la perception visuelle d'un trou noir est altérée. Au repos, le trou noir, par ses effets de gravité sur la lumière, modifie également l'image de son environnement. En raison de la forte gravité, il se produit un effet de lentille gravitationnelle créant un anneau d'Einstein qui duplique les images par un phénomène de déflexion. Certains rayons lumineux sont tellement déviés qu'ils contournent le trou noir et on obtient un effet rétroviseur ou kaléidoscope.

Pour expliquer la structure des trous noirs, on utilise des modèles théoriques, plus ou moins réalistes. On en connaît plusieurs : le trou noir de Schwarzschild (statique et non chargé), le trou noir de Reissner-Nordström (statique et chargé) et le trou noir de Kerr (en rotation et non chargé).

### Le trou noir de Schwarzschild

C'est le plus simple. Complètement statique, il ne tourne pas et comprend une sphère des photons, un horizon des événements et une singularité. Il existe aussi une formule simple qui permet de calculer son rayon en fonction de sa masse :  $R$  en km =  $3 \times (\text{masse de l'objet}) / (\text{masse solaire})$ . Ainsi le Soleil, sous forme de trou noir, mesurerait 3 km et la Terre 1 cm.



**Si un trou noir se trouvait près du système solaire, l'image du ciel serait déformée. La Voie lactée serait courbe et des étoiles visuellement proches du trou noir apparaîtraient deux fois. C'est l'anneau d'Einstein, prédiction théorique qui s'est révélée vraie.**

### Approchons-nous...

Pour décrire un tel objet, la meilleure formule est d'imaginer ce qu'il adviendrait d'un vaisseau spatial qui s'en approchait.

Dans un premier temps, l'engin subit des forces de marées, générées par la différence de valeur de la gravitation entre deux points. Nous les subissons également sur la Terre : nos pieds sont plus près du centre de la planète que notre tête et subissent donc une force de gravité plus forte. Insignifiante sur Terre, cette différence devient énorme aux abords du trou noir et suffirait à déchiqueter le vaisseau.

Laissons-le donc en orbite et envoyons plutôt une sonde vers le gouffre. L'observateur resté dans le vaisseau voit la lumière émise par la sonde se décaler vers les grandes longueurs d'onde (le rouge). C'est le redshift gravitationnel. Plus l'objet s'approche de l'horizon et plus la longueur d'onde s'allonge, jusqu'à tendre vers l'infini.

Le temps ralentissant aussi, l'observateur voit la sonde tomber vers le centre sans jamais l'atteindre. En continuant sa descente, la sonde arrive à hauteur de la sphère des photons, là où ces particules de lumière sont... satellisées ! En effet, il existe autour d'un trou noir une altitude où la vitesse de satellisation est égale à celle de la lumière et seuls les photons l'atteignent. Un trou noir met donc la lumière en orbite...

Après cette sphère, la sonde traverse l'horizon des événements et franchit un point de non retour. Le monde n'est plus du tout le même. L'espace et le temps permutent ! Ce qui était devant l'observateur devient son futur... En conséquence, il ne peut rester immobile et n'a plus aucun moyen de ne pas se précipiter dans la singularité, qui n'est ici que spatiale.

### Le trou noir de Reissner-Nordström

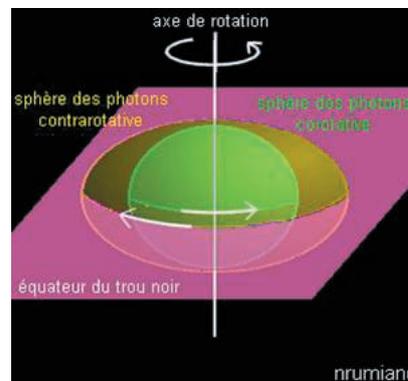
Il ressemble au trou noir de Schwarzschild mais il est électriquement chargé. Il apparaît un second horizon juste au-dessus de la singularité. Mais si le trou noir est trop chargé, les deux horizons dis-

paraissent, la singularité est nue, ce qui est en contradiction avec les théories physiques.

### Le trou noir de Kerr

Décrivant un objet en rotation, il est le modèle le plus réaliste. L'étoile qui lui a donné naissance était aussi en rotation. Ici, l'espace-temps, lui-même déformé par la masse, est entraîné en rotation. Selon la résolution de l'équation de Kerr, il apparaît deux sphères de photons qui tournent en sens opposés. Aux pôles, les deux sphères sont confondues. En se rapprochant du trou noir, on pénètre dans l'ergosphère, région où rien ne peut rester immobile. Dans un trou noir de Schwarzschild, cette limite correspond à l'horizon. Dans ce modèle, il existe deux horizons et la permutation de l'espace et du temps a lieu deux fois. Dans ce cas il est dit que la singularité ne se bouche pas car c'est un anneau du type temporel et donc évitable, et elle est répulsive sauf à son équateur.

Dans ce modèle, il serait donc possible de quitter un trou noir mais impossible de retourner d'où on vient. La théorie prévoit que l'on puisse se retrouver dans ce qu'on nomme « l'espace négatif » en traversant la singularité, soit dans un autre univers. Ainsi la théorie n'interdit pas que les trous noirs soient des sortes de raccourcis dans l'espace et dans le temps, permettant d'aller d'un point à un autre. Le modèle de trou noir de Kerr fait ainsi apparaître la possibilité d'une infinité d'univers



**Un trou noir de Kerr. Un modèle théorique simple, non chargé, caractérisé par sa masse et sa vitesse de rotation. Il contient une sphère de photons tournant dans le même sens que le trou noir (corotative) et une sphère contrarotative.**

# Les conférences du club

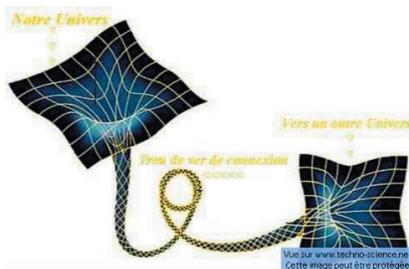
et laisserait à penser que l'on peut associer un Big Bang et la création d'un univers à un trou noir. Mais le trou noir de Kerr ne fonctionne que s'il est entouré de vide absolu et il ne permet pas non plus de régler définitivement le problème de la singularité.

Cependant le théorème de la calvitie montre que le trou noir est l'élément le plus simple de notre univers. Il est caractérisé seulement par 3 paramètres, sa masse, sa charge électrique et son moment angulaire. Toutes les autres informations ont disparu. D'après la loi de la thermodynamique, les trous noirs ne peuvent que grandir, l'horizon s'étend et l'entropie croît. Mais d'après les derniers développements de la théorie des cordes ou de la gravité quantique, le trou noir serait un système thermodynamique capable d'échanger de l'énergie sous forme de rayonnement quantique, dit rayonnement de Hawking, tel que l'évaporation des micro trous noirs. Il est désormais admis qu'un trou noir peut restituer de l'information en plus des trois facteurs primordiaux (gravité, charge et moment angulaire).

## Les trous noirs sculptent l'Univers

Pour en savoir plus, il faudrait aller dans l'infiniment grand et détecter les ondes gravitationnelles dans la formation ou la coalescence de trous noirs car cela revient à détecter directement les horizons. Pour cela il existe deux observatoires, Virgo en Italie et Ligo aux Etats-Unis. La mission Lisa, projet commun Esa-Nasa, est destinée à l'observation des ondes gravitationnelles de basses fréquences depuis l'espace. Sa mise en service est prévue pour 2018. Il s'agira du premier observatoire spatial d'ondes gravitationnelles.

Du côté de l'infiniment petit, les progrès passeront par le collisionneur de hadrons du Cern, le LHC (*Large Hadrons Collider*). En faisant entrer en collision frontale des faisceaux de particules à une vitesse proche de celle de la lumière et à de très hautes énergies, le LHC peut recréer les conditions qui existaient juste après le Big Bang et,



## Et si les trous noirs étaient des portes vers d'autres univers ?

peut-être, former d'éphémères micro trous noirs.

Les trous noirs semblent avoir un rôle déterminant dans la cosmologie, pour sa création et pour sa disparition. Lors du Big Bang, il aurait été créé des mini trous noirs primordiaux (quantiques) qui se sont évaporés en émettant des particules. Au centre de chaque galaxie il y a un trou noir super massif en sommeil ou actif. Ces structures fantastiques sont une des clés de voûtes des galaxies et ils ont été probablement le moteur de leur formation. Dans les structures filamenteuses des super amas de galaxies, milliards d'années après milliards d'années, la matière tend à se condenser et à finir dans des trous noirs.

Quel que soit l'avenir de l'Univers (expansion continue, expansion accélérée, Big Crunch...), la matière tendra localement à s'agréger et à produire toujours plus de trous noirs. Sur le long terme, c'est-à-dire presque une éternité, la matière de notre Univers subira une évaporation quantique (voir



**Près de Pise, en Italie, l'interféromètre Virgo, avec ses deux bras perpendiculaires de trois kilomètres, pourrait détecter le passage d'une onde gravitationnelle, qui ferait varier la longueur de l'un des bras, brusquement et très légèrement. L'instrument doit détecter une variation de longueur de l'ordre de 10<sup>-18</sup> mètre.**

le planning dans l'encadré). Les trous noirs, qui ont participé certainement à la construction de notre Univers en structurant les galaxies, deviendront les tombeaux de la matière.

Les galaxies, éphémères, ne dureront pas plus de 10<sup>20</sup> ans. Les trous noirs galactiques, devenus gigantesques, finiront par s'évaporer. Comme tout le reste. Et l'histoire du monde se termine par un bain de photons froids.

Cependant les théories des supercordes et de la gravitation quantique en boucle permettent d'imaginer qu'ils pourront leur donner la capacité d'engendrer d'autres Univers. Ainsi, le destin des univers pourrait ressembler à celui des être vivants, toute disparition donnant une renaissance. ■

## Planning prévisionnel de l'Univers

**Temps zéro : Big Bang**

**- 14 milliards d'années :**  
aujourd'hui

**- 19 milliards d'années :**  
mort du Soleil

**- 10<sup>12</sup> ans :**  
extinction de toutes les étoiles

**- 10<sup>20</sup> ans :**  
les galaxies se sont évaporées, il reste des étoiles mortes, des corps rocheux et des trous noirs

**- 10<sup>27</sup> ans :**  
apparition de trous noirs galactiques de 10<sup>11</sup> masses solaires

**- 10<sup>31</sup> ans :**  
apparition de trous noirs super galactiques de 10<sup>15</sup> masses solaires et des corps rocheux

**- 10<sup>47</sup> ans :**  
évaporation des trous noirs stellaires par évaporation quantique

**- 10<sup>105</sup> ans :**  
tous les trous noirs se sont évaporés, reste étoiles à neutrons, naines noires, corps rocheux

**- 10<sup>1500</sup> ans :**  
âge du fer (effet tunnel) puis âge des neutrons.

**- 10<sup>10<sup>16</sup></sup> ans :**  
les étoiles à neutrons deviennent des trous noirs (effet tunnel).

**Ensuite :**  
évaporation des derniers trous noirs, puis bain de photons froids.

# Le ciel de printemps

## Événements remarquables d'avril 2009

Lever et coucher géométriques (+/- 3 minutes pour le lever/coucher apparent) pour Breuillet des astres en temps universel (n'ajouter qu'une heure dès le 28 de ce mois)

Date	Soleil	Lune	Mercure	Vénus	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus
Vendredi 03	05h30/18h20	11h10/02h22	05h40/18h40	04h29/17h39	04h43/15h39	03h47/13h19	15h43/04h52	04h57/16h27
Vendredi 10	05h16/18h30	20h16/04h54	05h34/19h35	04h04/15h41	04h26/15h41	03h22/12h58	15h13/04h24	04h30/16h02
Vendredi 17	05h02/18h40	01h46/10h06	05h29/20h24	03h43/20h24	04h08/15h44	02h57/12h37	14h43/03h56	04h04/15h36
Vendredi 24	04h49/18h50	04h00/18h33	05h21/20h54	03h26/15h47	03h51/15h46	02h32/12h15	14h14/03h27	03h37/15h10

### Les événements du mois

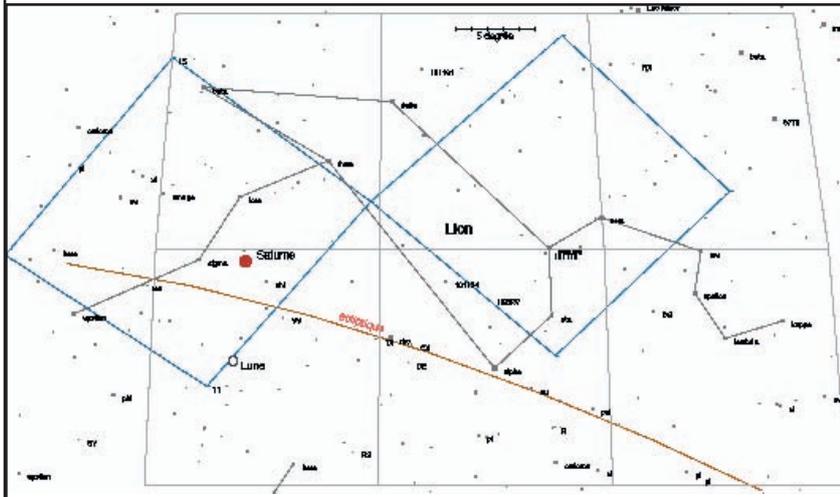
06 : Conjonction Lune - Saturne vers 03 h 36 locale dans le Lion

09 : Flirt de la Lune et de la Vierge

22 : Rapprochement Lune - Vénus - Mars et Uranus dans les Poissons vers 06 h 00 avant le lever du Soleil

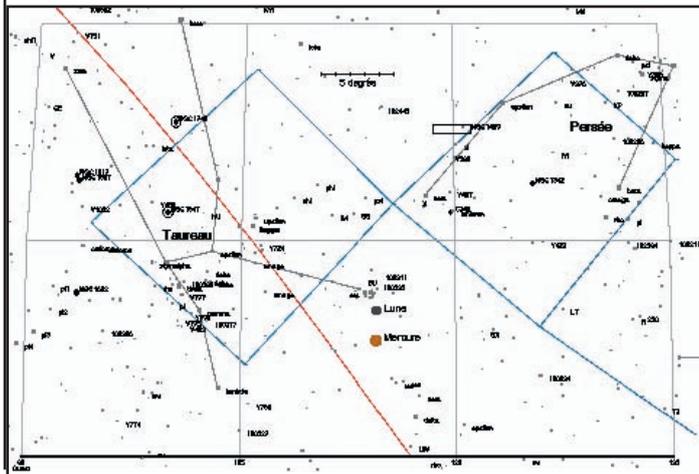
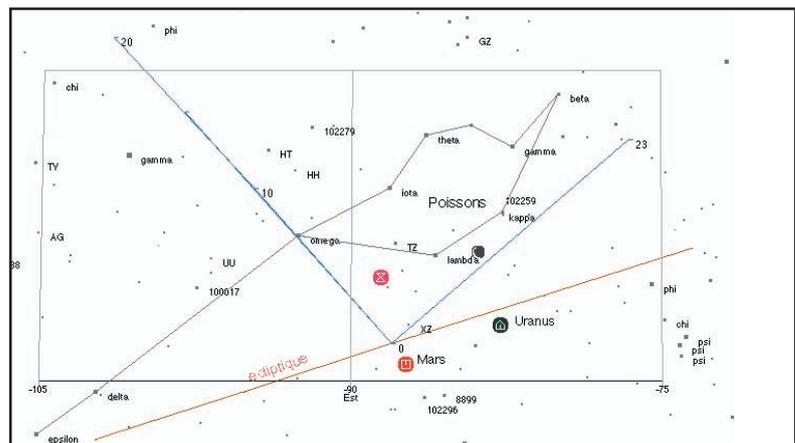
23 : Essaim des Lyrides, les étoiles filantes qui semblent venir de Véga

26 : Un fin croissant de Lune dans l'amas des Pléiades sous l'œil de Mercure



Le 6, conjonction Lune - Saturne vers 03h36 locale dans le Lion

Le 22, rapprochement Lune - Vénus - Mars et Uranus dans le Poisson vers 06 h 00, avant le lever du Soleil



Le 26, un fin croissant de Lune dans l'amas des Pléiades sous l'œil de Mercure

# Le ciel de printemps

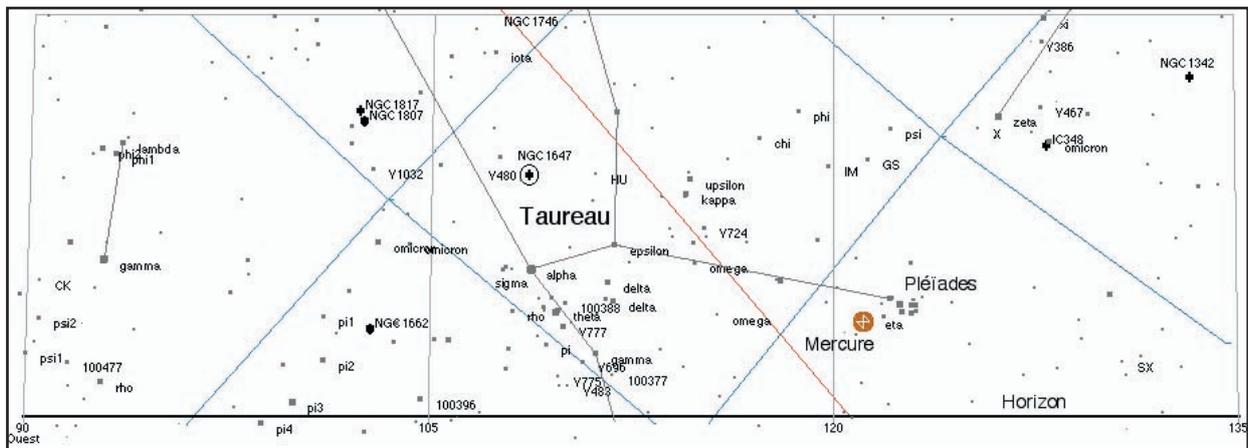
## Événements remarquables de mai 2009

Lever et coucher géométriques (+/- 3minutes pour le lever/coucher apparent) pour Breuillet des astres en temps universel (ajouter une heure)

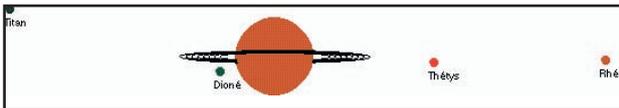
Date	Soleil	Lune	Mercure	Vénus	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus
Vendredi 01	04h37/19h01	10h21/00h57	05h10/20h56	03h11/15h30	03h33/15h48	02h07/11h52	13h45/02h59	03h10/14h45
Vendredi 08	04h26/19h10	19h13/03h20	04h53/20h30	02h57/15h20	03h16/15h50	01h42/11h30	13h17/02h32	02h43/14h19
Vendredi 15	04h16/19h20	00h13/09h01	04h30/19h40	02h43/15h17	02h58/15h52	01h16/11h06	12h49/02h04	02h16/13h52
Vendredi 22	04h08/19h28	02h23/17h27	04h04/18h44	02h31/15h17	02h41/15h53	00h50/10h42	12h22/01h36	01h49/13h26
Vendredi 29	04h02/19h36	09h29/23h51	03h38/17h59	02h18/15h21	02h24/15h55	00h24/10h17	11h55/01h09	01h22/13h00

### Les événements du mois

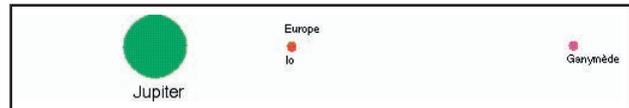
- 01 : Peu après le coucher du Soleil, Mercure proche de l'amas des Pléiades se montre à l'horizon nord-ouest
- 10 : Comme tous les ans, on voit le Soleil se coucher entre les piliers de l'Arc de Triomphe si l'on est au Rond-Point des Champs Élysées
- 14 : A 03 h 15, les satellites galiléens Io et Europe s'éclipsent à l'ouest de Jupiter
- 17 : Conjonction Lune - Jupiter - Neptune dans le ciel du matin
- 21 : Un croissant de Lune est au-dessus de Vénus le matin
- 27 : Conjonction Jupiter - Neptune, une occasion d'apercevoir cette planète évasive
- 30 : Les anneaux de Saturne se referment et deviennent de plus en plus fins



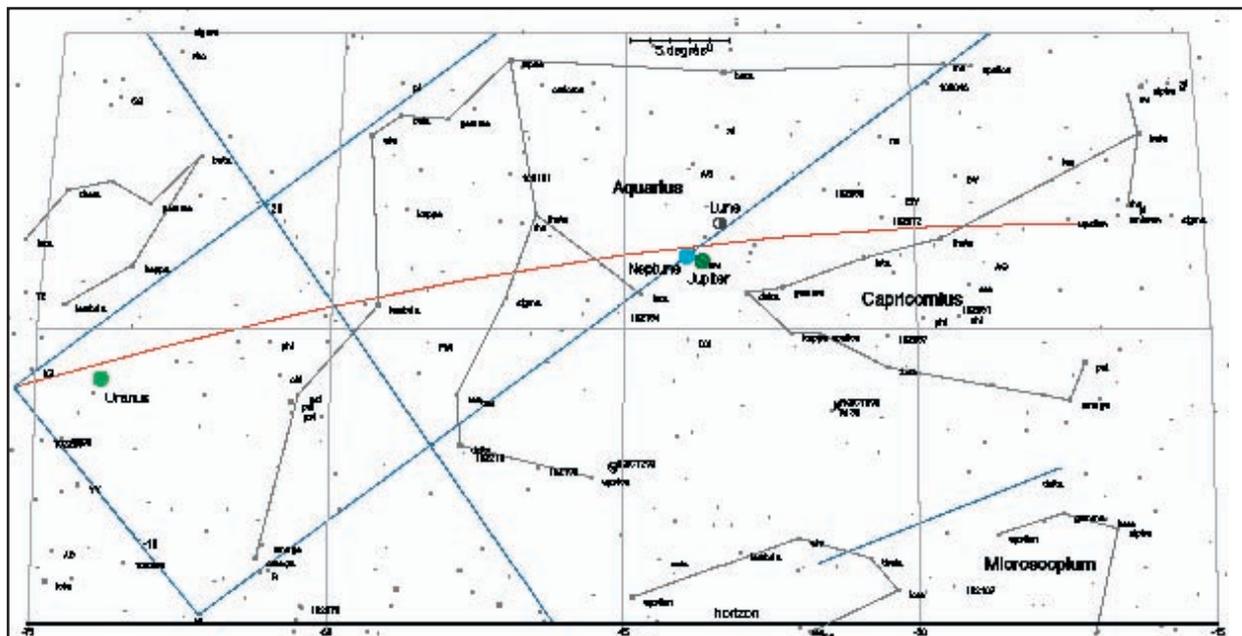
Le 1, peu après le coucher du Soleil, Mercure proche de l'amas des Pléiades se montre à l'horizon nord-ouest



Le 30, les anneaux de Saturne se referment et deviennent de plus en plus fins



Le 14, à 03h15, les satellites galiléens Io et Europe s'éclipsent à l'ouest (à droite) de Jupiter



Le 17, conjonction Lune - Jupiter - Neptune dans le ciel du matin. Uranus est un peu plus à gauche (vers l'est)

# Le ciel de printemps

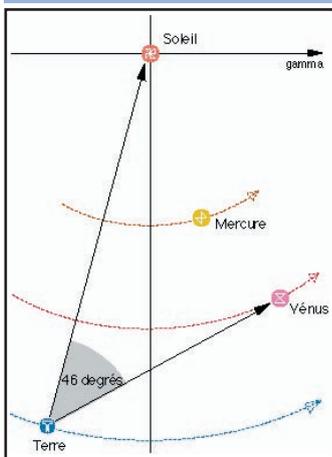
## Evénements remarquables de juin 2009

Lever et coucher géométriques (+/- 3minutes pour le lever/coucher apparent) pour Breuillet des astres en temps universel (ajouter une heure)

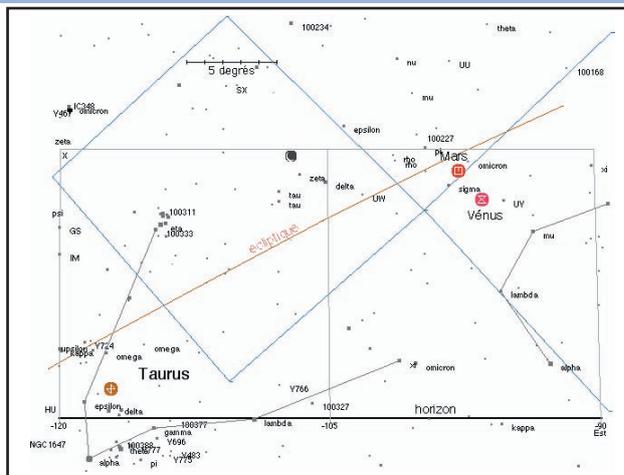
Date	Soleil	Lune	Mercure	Vénus	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus
Vendredi 05	03h57/19h43	18h12/01h48	03h16/17h35	02h06/15h28	02h07/15h56	23h53/09h51	11h28/00h41	00h54/12h33
Vendredi 12	03h55/19h47	22h58/07h58	02h59/17h33	01h55/15h37	01h51/15h57	23h26/09h24	11h03/00h14	00h27/12h06
Vendredi 19	03h55/19h50	00h47/16h21	02h49/17h50	01h45/15h48	01h35/15h58	22h59/08h56	10h37/23h43	23h56/11h39
Vendredi 26	03h57/19h51	08h30/22h15	02h49/18h21	01h36/15h59	01h20/15h58	22h31/08h28	10h12/23h17	23h29/11h12

### Les événements du mois

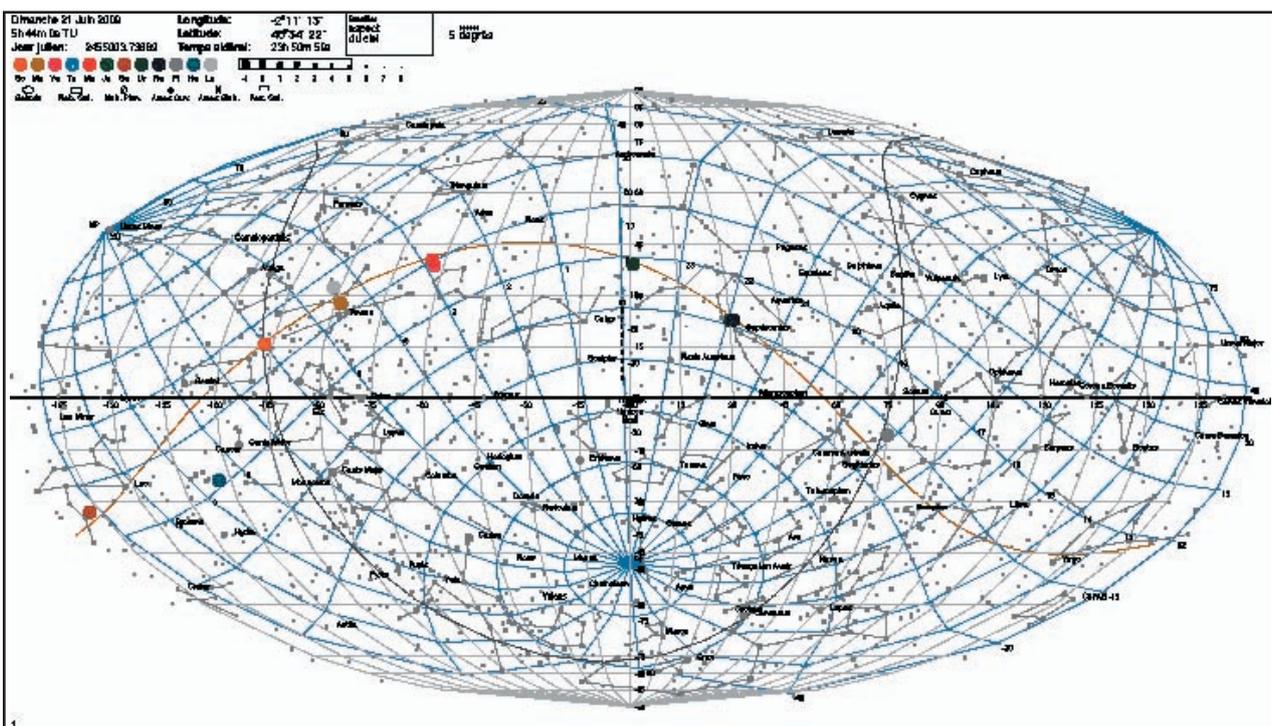
- 05 : Vénus est à son point le plus écarté du Soleil. C'est son premier quartier.
- 07 : la pleine Lune est très proche d'Antarès dans le Scorpion.
- 20 : vers 5 heures, belle conjonction Mars - Vénus - Lune au ras de l'horizon est.
- 21 : solstice d'été à 7 h 44 heure locale. A cet instant, le Soleil atteint son point le plus élevé au-dessus du plan équatorial terrestre.
- 22 : le Soleil passe dans le plan équatorial de Jupiter, équinoxe sur la planète et occasion donnée aux satellites de jouer à cache-cache !
- 27 : conjonction Lune - Saturne à l'ouest le soir



Vue depuis la Terre, Vénus est à son point le plus écarté du Soleil avec un angle presque égal à 46 degrés. C'est son premier quartier, sa partie éclairée est sur la gauche de la planète. Vénus est à droite du Soleil et se lève donc avant lui, vers 4 h locale alors que le Soleil se lève deux heures plus tard. Un beau spectacle pour les lève-tôt !



Le 20, vers 5h, belle conjonction Mars - Vénus - Lune à 15 degrés au-dessus de l'horizon est. Encore plus près de l'horizon, Mercure est là, peu après son lever vers 4 h 45.



Le 21, vers 5 h 44 TU, le Soleil atteint son point le plus élevé au-dessus du plan équatorial terrestre. Il est alors sur l'écliptique (la courbe orange) à l'intersection de la ligne bleue de 6 heures d'ascension droite et de la ligne noire du plan galactique...