



Le ciel de mai 2016

Les phénomènes du mois :

Les temps sont donnés en heure normale pour Nantes

jj hh:mm

- 5 16:52 Pluie d'étoiles filantes : Éta Aquarides (55 météores/heure au zénith; durée = 38,0 jours)
- 6 05:14 Lune au périgée (distance géoc. = 357827 km)
- 6 20:29 NOUVELLE LUNE
- 8 07:01 Pluie d'étoiles filantes : Éta Lyrides (3 météores/heure au zénith; durée = 11,0 jours)
- 9 16:12 CONJONCTION INFÉRIEURE et TRANSIT de Mercure devant le Soleil (dist. géoc. centre à centre = 0,1°)
- 10 21:17 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 13 18:02 PREMIER QUARTIER DE LA LUNE
- 14 22:06 Début de l'occultation de 48 Leo (magn. = 5,07)
- 14 23:13 Fin de l'occultation de 48 Leo (magn. = 5,07)
- 16 02:01 Début de l'occultation de 84-tau Leo (magn. = 4,95)
- 16 02:59 Fin de l'occultation de 84-tau Leo (magn. = 4,95)
- 18 04:25 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 18 23:06 Lune à l'apogée (distance géoc. = 405933 km)

Sommaire:

- Le ciel du mois
- essaims étoiles filantes
- comètes
- Planètes,
- Carte du ciel
- La Lune
- 26 ans Hubble
- Découvrir l'Univers
- L'atmosphère de Mars était riche en oxygène
- Des livres à lire

jj hh:mm

- 19 17:00 Mercure à son aphélie (distance au Soleil = 0,46670 UA)
- 19 23:56 Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle
- 21 22:14 Fin de l'occultation de 49 Lib (magn. = 5,47)
- 21 22:14 PLEINE LUNE
- 21 23:50 Rapprochement entre la Lune et Mars (dist. topocentrique centre à centre = 5,2°)
- 22 12:17 OPPOSITION de Mars avec le Soleil
- 22 19:51 Opposition de l'astéroïde 23 Thalia avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,744 UA; magn. = 10,3)
- 22 22:51 Rapprochement entre la Lune et Saturne (dist. topocentrique centre à centre = 2,5°)
- 23 22:02 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 26 09:55 Opposition de l'astéroïde 432 Pythia avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,033 UA; magn. = 10,4)
- 26 23:39 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 27 04:10 Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle
- 29 13:12 DERNIER QUARTIER DE LA LUNE
- 29 23:48 Opposition de l'astéroïde 7 Iris avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,862 UA; magn. = 9,1)
- 30 03:55 Début de l'occultation de 90-phi Aqr (magn. = 4,22)
- 30 04:31 Fin de l'occultation de 90-phi Aqr (magn. = 4,22)
- 31 07:52 Opposition de l'astéroïde 516 Amherstia avec le Soleil (dist. au Soleil = 1,979 UA; magn. = 10,5)

Etoiles filantes essaims et Comètes

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

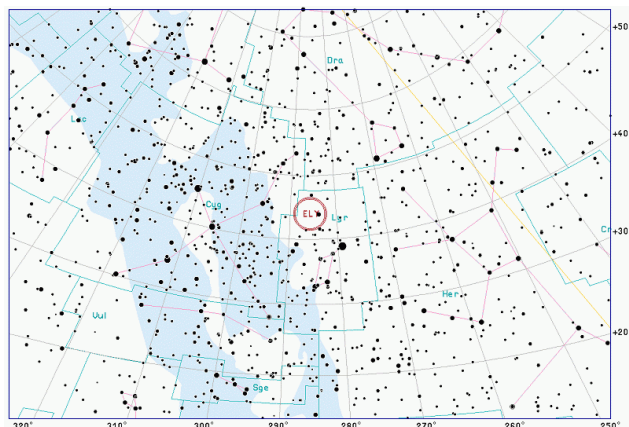
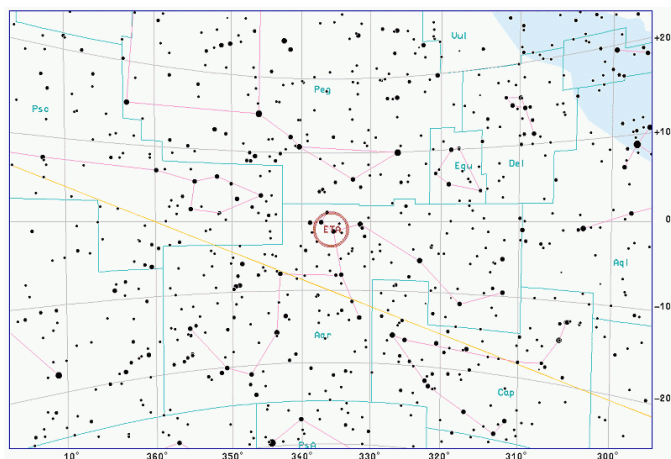
Les soupçons qu'un essaim pourrait être actif à la fin d'Avril et au début Mai débuta en 1863, lorsque H. A. Newton examina les dates des anciens essaims et suggéra une série de périodes qui méritaient l'attention des observateurs. Une de ces périodes était le 28-30 Avril, et incluait des essaims observés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

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

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

Période d'activité : du 19 Avril au 28 Mai Maximum : 05 Mai Longitude solaire (lambda) : 045.5° position du radiant au moment du maximum ascension droite (alpha) : 338° déclinaison (delta) : -01° Vitesse (en km/s) : 66 r : 2.4 ZHR : 70

Comète associée : [1P/Halley](#) (période de 76 ans)



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

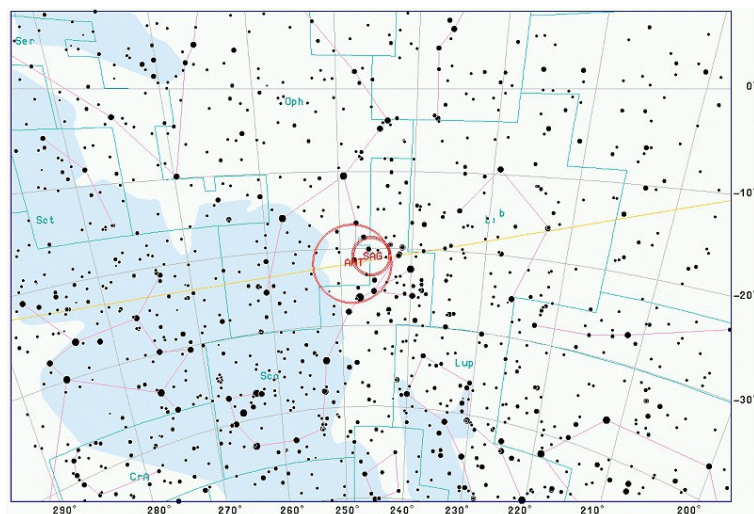
La plupart des données d'observations sur cet essaim sont basées sur les résultats d'imagerie, notamment d'observations vidéo. La position du radiant est probablement quelque part près du point donné pour le maximum présumé, mais pourrait être à quelques degrés de celui-ci.

Période d'activité : du 03 au 12 Mai Maximum : 08 Mai Longitude solaire (lambda) : 048.4° position du radiant au moment du maximum ascension droite (alpha) : 287° déclinaison (delta) : 44° Vitesse (en km/s) : 44 r : 3.0 ZHR : 3 Comète associée : C/1983 H1 IRAS-Araki-Alcock

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

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

Période d'activité : du 15 Avril au 15 Juillet Maximum : (20 Mai) Longitude solaire (lambda) : (059°) position du radiant au moment du maximum ascension droite (alpha) : 247° déclinaison (delta) : -22° Vitesse (en km/s) : 30 r : 2.3 ZHR : 5



Visibilité des planètes

Mercure Belle apparition jusqu'au 9 mai (Bélier)

Vénus : Inobservable (Poissons)

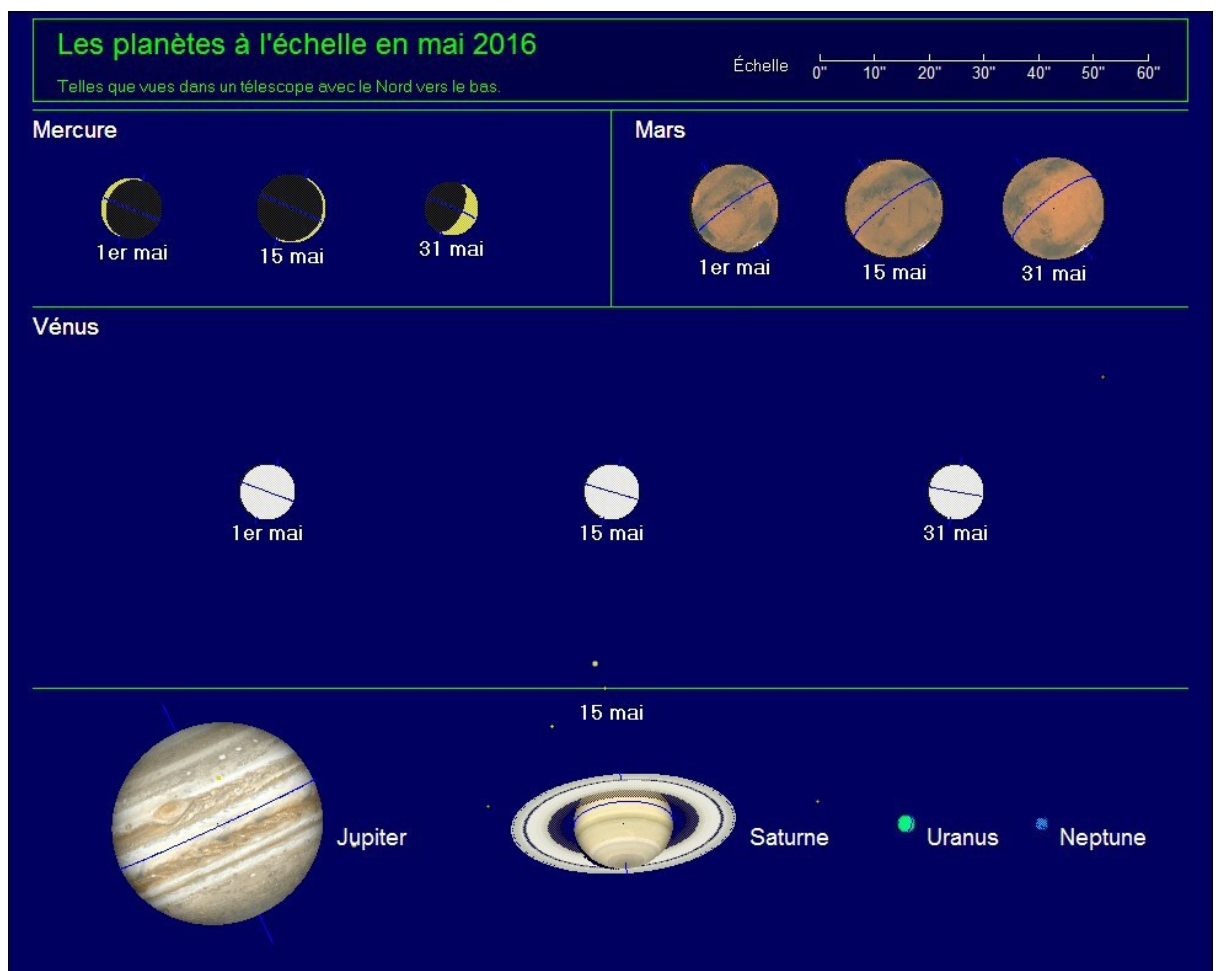
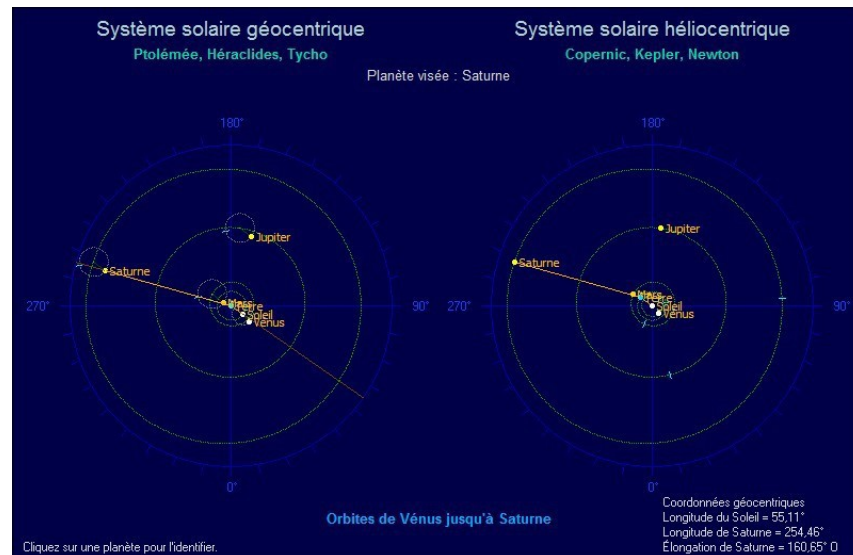
Mars parfaitement observable en milieu de nuit (Scorpion)

Jupiter très favorable à l'observation (Lion)

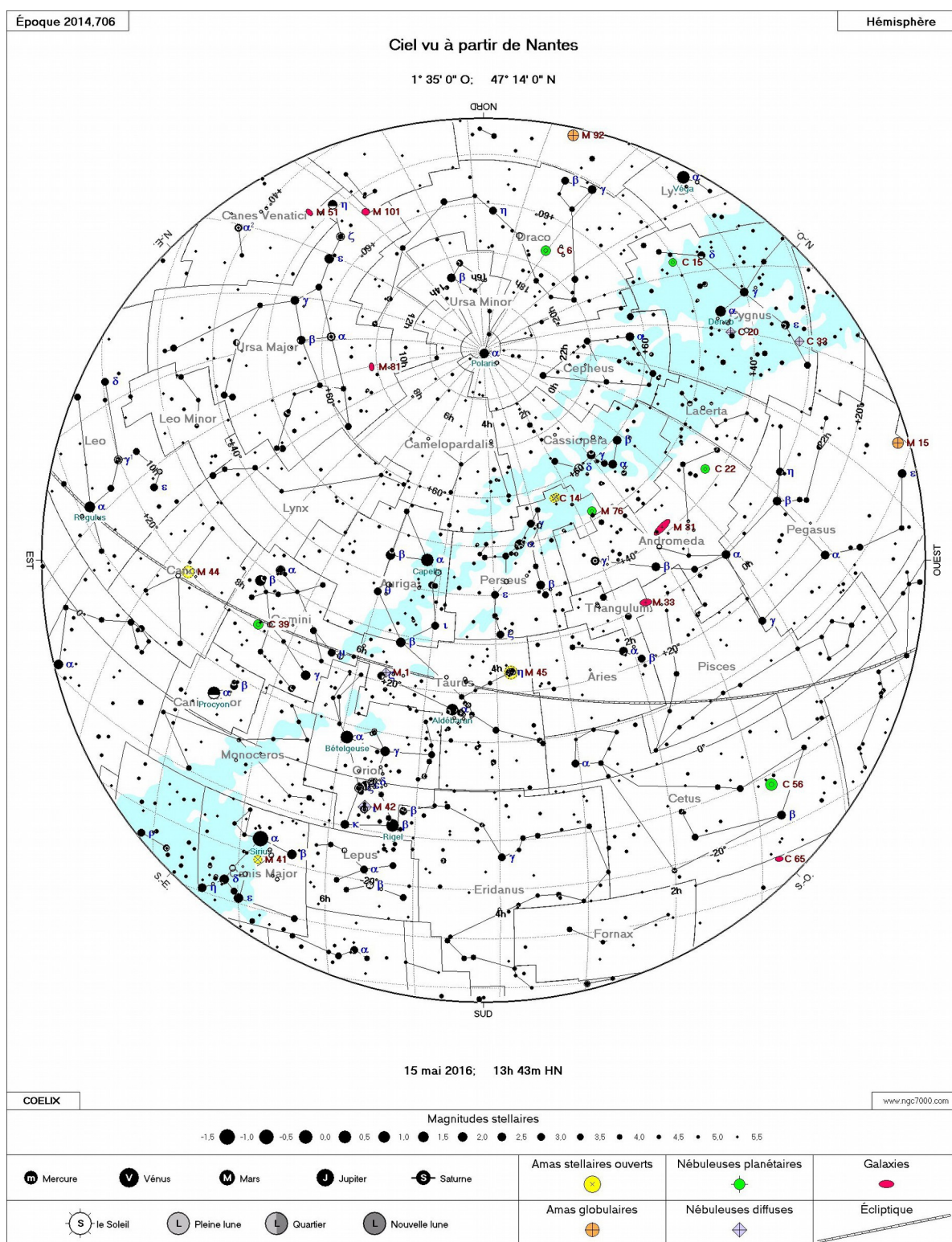
Saturne bien observable en milieu de nuit (Ophiuchus)

Uranus : Inobservable (Poissons)

Neptune noyée dans les brumes du matin . (Verseau)



CARTE DU CIEL

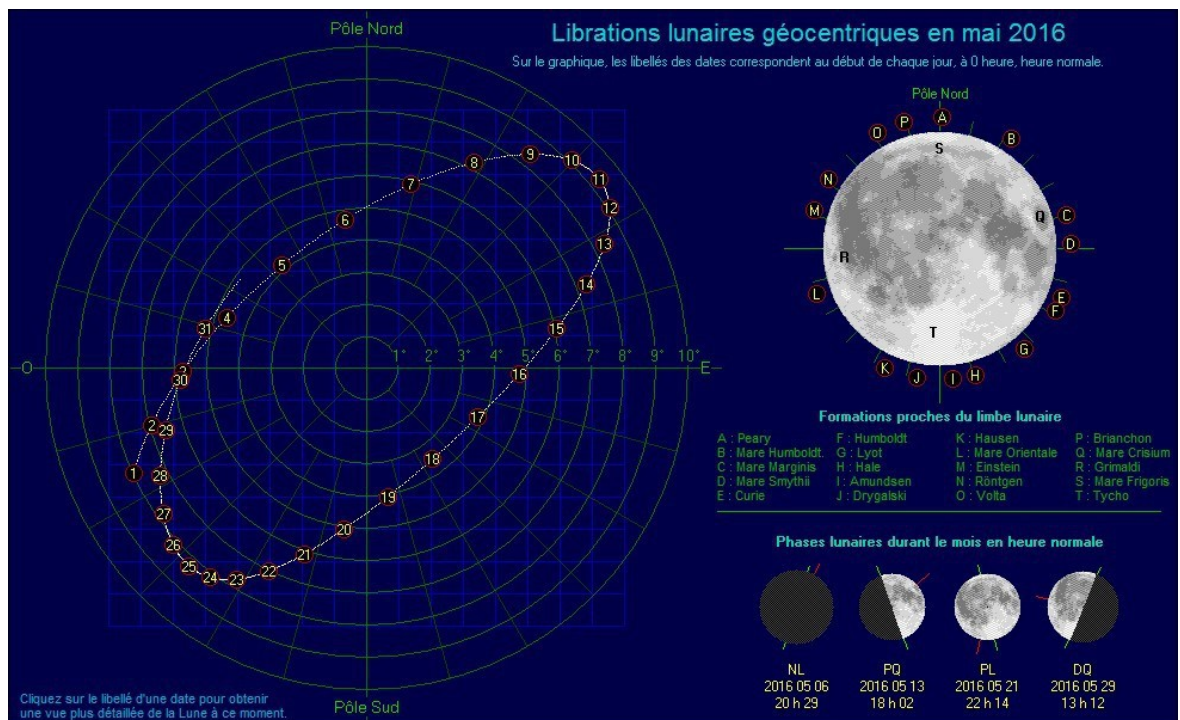
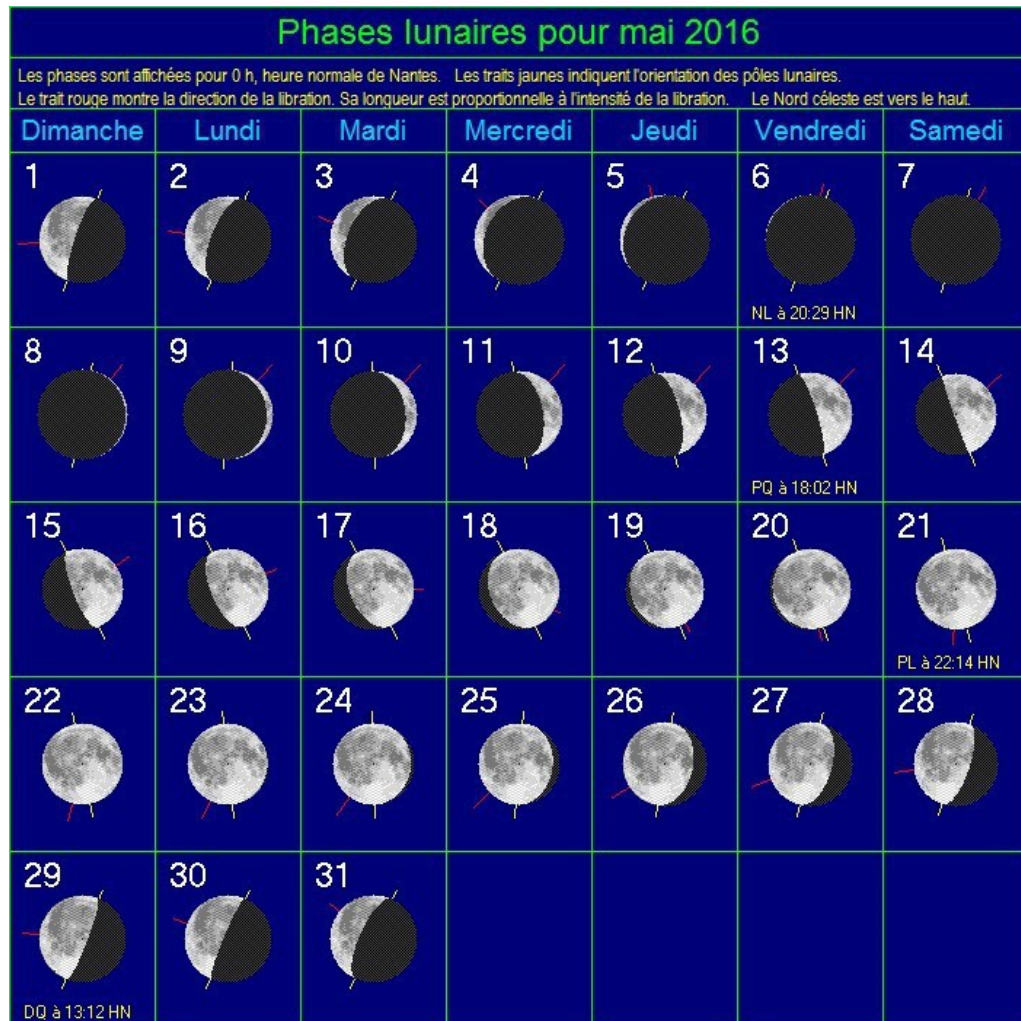


Comment utiliser la carte du ciel

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

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

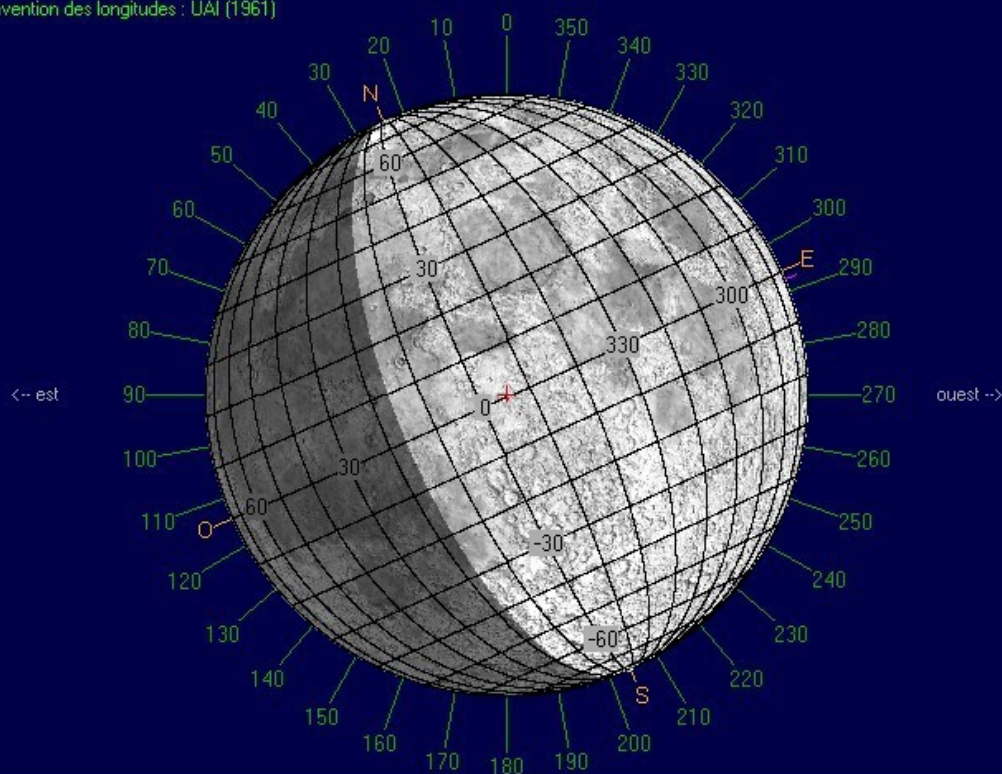
LA LUNE



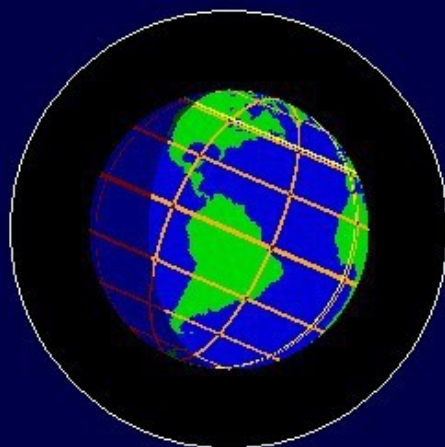
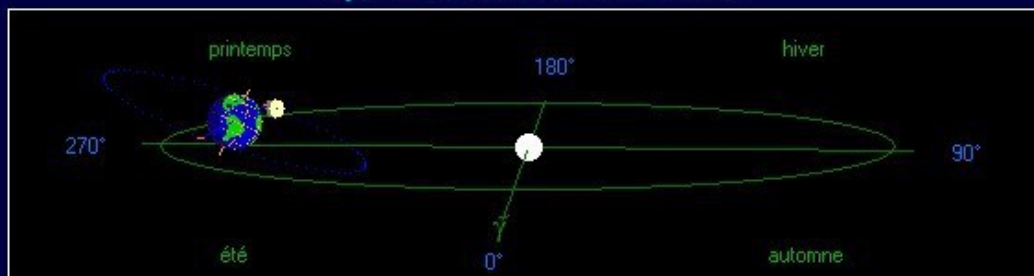
Carte de la Lune (vue géocentrique)

Angle de position du pôle Nord = $24,31^\circ$
 Angle de position du limbe éclairé = $292,54^\circ$
 Pourcentage d'illumination = 68,33%
 Convention des longitudes : UAI (1961)

Longitude sélénographique du centre du disque = $-5,26^\circ$
 Latitude sélénographique du centre du disque = $0,43^\circ$
 Longitude du terminateur du soleil levant = $15,45^\circ$



Système Soleil-Terre-Lune



Vue de la Terre à partir
du point vernal



Vue de la Lune
à partir de Nantes

Pour ses 26 ans, Hubble nous offre la superbe nébuleuse Bubble

Pour le 26^e anniversaire de son lancement, le vénérable Hubble a tiré le portrait de la nébuleuse Bubble, situé à plus de 7.000 années-lumière. Cette fois, nous la découvrons toute entière avec d'impressionnants détails. Ce sont les vents de la très jeune étoile massive à l'intérieur qui ont formé cette gigantesque coquille bleutée de 7 à 10 années-lumière de large.



La nébuleuse de la Bulle (Bubble nebula) dépeinte par Hubble pour ses 26 ans en orbite. Curieusement, l'étoile très chaude et massive à l'origine de cette coquille est excentrée.

C'est presque devenu une tradition : chaque année, pour marquer l'anniversaire du célèbre télescope spatial Hubble, l'Esa et la Nasa consacrent une petite fraction de son précieux temps d'observation à réaliser le portrait d'un objet céleste iconique dûment sélectionné. Pour fêter ses 26 ans en orbite, le 24 avril, c'est une grande bulle de gaz colorée qui nous est offerte. Elle peut évoquer une bulle de savon, mais elle n'est pas tout à fait de même nature et est encore loin d'éclater...

Découverte en 1787 par William Herschel, l'objet surnommé « nébuleuse de la Bulle » (*Bubble nebula*), de son nom officiel NGC 7635, est en réalité un vaste nuage en expansion d'environ 7 à 10 années-lumière de large – plus d'une fois et demie la distance qui nous sépare de Proxima du Centaure – situé à 7.100 années-lumière de la Terre, au sein de la constellation de Cassiopée. C'est un des rares à avoir été imagé par différents instruments qu'a connus Hubble tout au long de sa carrière : une première fois en septembre 1992 avec la caméra planétaire à large champ (WFPC pour *Wide Field Planetary Camera*), la seconde en avril 1999 avec la WFPC2 et enfin, en février 2016 (publiée le 21 avril), avec la WFC3. Cette fois, au contraire des précédentes, la Bulle qui est donc très étendue, peut être appréhendée dans son ensemble (l'image réunit quatre vues indépendantes).

Une étoile massive au cœur de cette tempête

Même si, de prime abord, cette bulle bleutée peut donner l'illusion d'être une nébuleuse planétaire, caractérisée par une étoile mourante, de type soleil, qui expulse ses couches externes, elle est en réalité créée par les vents d'une étoile infernale née dans un nuage moléculaire il y a à peine 4 millions d'années. BD +60 2522, ou encore SAO 20575, est une étoile de type Wolf-Rayet, 45 fois plus massive que le Soleil selon la Nasa, mais entre 10 et 20 fois selon l'Esa. Dans relativement peu de temps (à l'échelle cosmique), 10 à 20 millions d'années, elle achèvera son existence en supernova. Très chaud et donc très brillant, l'astre a d'ores et déjà perdu de grandes quantités d'hydrogène, échappé sous forme de vent stellaire très véloce, et a vraisemblablement commencé à fusionner l'hélium.

À l'image d'un chasse-neige, le flot de gaz ininterrompu qui progresse actuellement à plus de 100.000 km par heure, pousse et accumule sur son front la matière environnante, plus froide, laquelle s'efforce de le freiner. Étrangement, l'étoile responsable de ce déluge n'est pas visible au centre de la coquille, mais excentrée. Il est possible que cela soit dû aux différentes densités des nuages, mais les causes sont toujours en discussion. À l'extérieur et à travers la Bulle translucide, on peut observer de remarquables structures de gaz et de poussières (ils sont comparables aux fameux « piliers de la création » que l'on pourrait voir aussi comme des « piliers de la destruction ») qui tentent de résister à l'assaut des rayons ultraviolets. Enfin, signalons que tout près de l'étoile ardente, on distingue des « nœuds cométaires » qu'elle irradie, des paquets de poussière de forme allongée aussi grands que notre Système solaire, alors que leur masse équivaut à celle de la Terre.

Dans ce nouveau tableau d'Hubble, l'oxygène est suffisamment chauffé pour émettre de la lumière bleue. Dans les régions plus froides qui entourent la coquille, l'hydrogène et l'azote apparaissent dans les tons jaunes, vert et rouge.

Il n'est qu'à voir ces dernières observations des confins de l'univers et ce paysage cosmique de notre Galaxie qu'il a dépeint pour être convaincu que le télescope spatial a encore de beaux jours devant lui.

Xavier Demeersman

Découvrir l'Univers : Masse cachée – Galaxie

La matière lumineuse

La méthode la plus simple pour déterminer la densité moyenne de l'Univers consisterait à mesurer directement la quantité de matière contenue dans un volume donné de l'Univers. Il suffirait de considérer une région représentative de l'Univers dans son ensemble et d'y compter le nombre de galaxies. En évaluant également le nombre moyen d'étoiles par galaxie et la masse moyenne d'une étoile, nous pourrions obtenir une estimation de la quantité moyenne de matière dans un volume donné. Bien sûr, il faudrait également tenir compte de la masse contenue hors des étoiles, dans le gaz et le milieu interstellaire.

Ce genre d'étude a été mené à bien et a montré qu'en moyenne l'Univers semble avoir une densité de matière équivalente à quelques protons par mètre cube. Cette valeur est très faible par rapport à la densité critique nécessaire pour avoir un Univers plat, à peine 0.4 pour cent de celle-ci. L'Univers semble donc à première vue être très ouvert.

Mais l'Univers nous a une fois de plus réservé une surprise. Les estimations précédentes de la densité ont été faites à partir de la matière visible ou du moins détectable par nos télescopes - on la qualifie parfois de matière lumineuse. Mais dès les années 1930, certaines observations astronomiques ont montré que la matière lumineuse faite d'étoiles, de gaz et de poussières, ne représente en fait qu'une petite fraction de la masse effectivement présente dans l'Univers.

La masse cachée dans les galaxies spirales

La manifestation la plus apparente de la présence d'une masse cachée se produit lorsque l'on étudie la répartition de la matière au sein d'une galaxie spirale. Il existe en effet un moyen relativement simple de connaître la distribution de masse dans une telle galaxie. Il consiste à étudier soigneusement le mouvement des étoiles et du gaz en son sein.

Rappelons que dans le système solaire, les planètes se déplacent en obéissant aux lois de Kepler. Celles-ci énoncent en particulier que la vitesse d'une planète sur son orbite est inversement proportionnelle à sa distance au centre. Il s'agit là d'un résultat classique qui est vrai dans tout système dominé par un corps central massif comme le Soleil. Ce principe peut se généraliser à n'importe quel ensemble, en particulier à une galaxie spirale. La façon dont la vitesse des étoiles et du gaz de la galaxie varie avec la distance au centre - ce que l'on appelle la courbe de rotation - peut nous permettre de déterminer la répartition de la masse à l'intérieur de cette galaxie.

Lorsqu'ils commencèrent à s'intéresser à cette méthode, les astronomes pensaient savoir à quoi s'attendre. La vitesse des étoiles et du gaz devait être faible au centre des galaxies et augmenter avec la distance. En dehors de la galaxie par contre, la courbe de rotation devait s'inverser et la vitesse baisser. En effet, les quelques traces de gaz à l'extérieur peuvent être considérées comme en orbite autour d'un corps central et devraient donc suivre une loi similaire à celle qui régit la vitesse des planètes du système solaire. Les astronomes s'attendaient donc à une chute de la vitesse du gaz avec la distance au centre.

La difficulté majeure résidait dans le fait que la quantité de matière présente en dehors des limites visibles d'une galaxie est très faible. Il s'agit surtout de gaz hydrogène qui s'étend deux ou trois fois plus loin que les limites visibles de la galaxie. Pour pouvoir étudier ce gaz, il fallut avoir recours, comme dans le cas de l'hydrogène interstellaire, à des observations dans les ondes radio à une longueur d'onde de 21 centimètres. Des observations à l'aide de puissants radiotélescopes commencèrent et les premiers résultats furent publiés à la fin des années 1970.

Les résultats prirent les astronomes par surprise. En effet, les courbes de rotation ne chutaient pas à l'extérieur des galaxies mais restaient obstinément plates. La vitesse du gaz restait constante au lieu de diminuer. Ceci impliquait que la matière s'étendait bien plus loin que les limites visibles. Chaque galaxie devait être entourée d'un halo de matière invisible, dont la masse devait être plusieurs fois supérieure à celle de la partie visible.

Ces résultats mettaient en évidence que la majeure partie de la masse des galaxies, donc de la matière remplissant l'Univers, nous était totalement invisible et inconnue. De plus, toute tentative de mesurer la densité de l'Univers à partir de son contenu visible s'avérait vaine.

Notons qu'une conclusion similaire avait déjà été tirée pour la Voie Lactée elle-même. D'autres astronomes avaient en effet observé le mouvement des objets externes les plus proches de notre Galaxie, en particulier les Nuages de Magellan et quelques galaxies naines. A partir de mesures de vitesses et de l'analyse de la force de marée appliquée par notre Galaxie sur ses voisines, il leur fut possible de conclure que la Voie Lactée devait être entourée d'un halo énorme et massif constitué de matière non visible.

Le cas des galaxies elliptiques

Remarquons enfin que les galaxies spirales ne sont pas les seules à être immergées dans un halo invisible. Comme les galaxies elliptiques ne présentent pas de rotation globale, la méthode ci-dessus ne s'applique pas. Il est cependant possible de s'appuyer sur l'agitation des étoiles en leur sein. En effet, dans une galaxie elliptique, les étoiles vont et viennent frénétiquement, ce qui les empêche de succomber à la force gravitationnelle qui les attire vers le centre.

Ce phénomène nous fournit un moyen de déterminer la répartition de masse dans l'ensemble. Par exemple, plus une galaxie elliptique est massive, plus la force de gravité est puissante, donc plus les étoiles doivent bouger vite pour survivre. De façon plus générale, l'étude de l'agitation stellaire en fonction de la distance au centre nous permet de calculer la répartition de matière. Cette méthode a été appliquée à plusieurs galaxies et a montré que la matière était agitée même au-delà de leurs limites visibles, ce qui confirme l'existence d'un halo massif.

Découvrir l'Univers : Masse cachée – Galaxies

Couples et groupes de galaxies

Les mesures de masse cachée par la courbe de rotation ou l'agitation des étoiles concernent le voisinage immédiat des galaxies. La masse et la taille des halos que l'on en déduit ne constituent que des estimations minimales. Pour déterminer ces paramètres plus précisément, il faut encore s'éloigner des galaxies et étudier leur influence au-delà du voisinage immédiat.

Pour cela, on peut par exemple observer un couple de galaxies en orbite l'une autour de l'autre. Ce genre d'étude est très difficile car les mouvements relatifs ne sont pas mesurables, à moins d'observer les galaxies sur des milliards d'années. Il faut pour cette raison avoir recours à des arguments statistiques, ce qui rend les résultats moins fiables. Des observations ont néanmoins été tentées, qui ont montré que la taille d'un halo typique était environ 10 fois celle de la galaxie, et que la masse était également 10 fois supérieure. D'après ce résultat, la densité de matière de l'Univers passe donc à 4 pour cent de la densité critique, mais l'Univers reste encore largement ouvert.

Plutôt que des couples, on peut également considérer des groupes de galaxies. Dans ce cas, on mesure la vitesse, donc l'agitation, des galaxies à l'intérieur du groupe. Ceci permet d'estimer l'intensité de la force de gravité du groupe, donc sa masse. Ces calculs donnent des résultats similaires à ceux obtenus à partir des couples. Ils confirment qu'un halo typique possède un diamètre de l'ordre de 600 000 années-lumière, à comparer avec la taille d'une galaxie comme la nôtre, environ 80 000 années-lumière. Ils confirment également que les halos ont une masse à peu près 10 fois plus grande que la partie visible.

Amas de galaxies

Après les groupes, nous pouvons passer à des ensembles encore plus gigantesques, les amas de galaxies. C'est d'ailleurs en étudiant des amas que l'astronome Fritz Zwicky fut le premier, en 1937, à entrevoir le fait que la masse de l'Univers puisse être dominée par une composante invisible. Comme dans le cas des groupes, on mesure la vitesse donc l'agitation des galaxies à l'intérieur de l'amas, et on en déduit l'intensité de la force de gravité qui retient l'ensemble et donc la masse totale.

Ces observations ont montré que la masse totale d'un amas est bien plus grande que la masse de son contenu visible, mais également plus grande que la masse calculée en tenant compte des halos massifs invisibles. Les nombreux travaux menés sur le sujet montrent qu'en moyenne la masse totale d'un amas est environ trois fois plus grande que la somme des masses de ses constituants, galaxies et halos invisibles inclus, donc à peu près 30 fois plus grande que la masse de ses constituants visibles.

On peut en déduire que la masse cachée est constituée d'au moins deux composantes, l'une qui constitue les énormes halos entourant les galaxies, l'autre qui se trouve disséminée dans l'espace intergalactique à l'intérieur des amas. La matière ordinaire ne représente plus que quelques pour cent du total. Le paramètre de densité est quant à lui revu à la hausse et atteint maintenant une valeur autour de 10 pour cent de la densité critique.

Remarquons encore que ces résultats ont été confirmés par une autre méthode, s'appuyant sur l'effet de lentille gravitationnelle provoqué par certains amas. En effet, la déviation des rayons lumineux par cet effet dépend de la masse de l'amas considéré, mais pas de la nature de cette masse. L'analyse des images nous permet donc de mesurer la masse réelle de l'amas et même sa distribution dans l'ensemble. Cette méthode est relativement nouvelle, mais les résultats confirment le facteur trois entre la masse totale d'un amas et la somme des masses de ses constituants, galaxies et halos inclus.

Résultats récents

Tout récemment, en 2003, l'existence de la masse cachée a été confirmée par le satellite WMAP. Ce dernier avait pour mission de mesurer les faibles fluctuations du rayonnement fossile, une relique du Big Bang. L'analyse des résultats a montré que la densité de l'Univers est en fait égale à la densité critique et que l'Univers est donc plat - du moins dans la limite d'incertitude des mesures. La matière ordinaire dont nous avons l'habitude ne contribue que 4 pour cent de cette valeur. Une matière que l'on qualifie d'exotique représente 23 pour cent de la densité et le reste, 73 pour cent, n'est pas composé de matière mais de ce que l'on a baptisé de l'énergie sombre.

Découvrir l'Univers : Matière sombre baryonique

Confrontés au défi majeur que leur pose la matière sombre, les astrophysiciens ont entrepris de découvrir sa nature physique. Deux possibilités se sont alors présentées : celles qui font appel à des astres constitués de matière ordinaire, par exemple les étoiles peu lumineuses, et celles qui reposent sur l'introduction de particules exotiques. Analysons ici les candidats formés de matière ordinaire, ou baryonique, c'est-à-dire de neutrons et de protons.

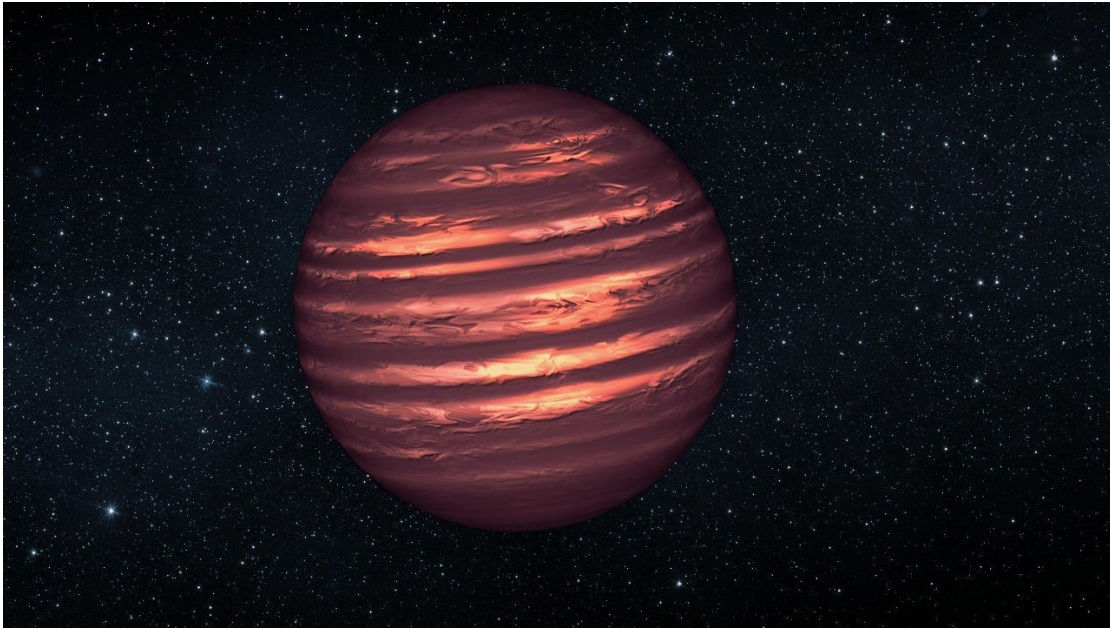
Les naines rouges

L'une des solutions les plus simples est de recourir aux étoiles les moins brillantes, les naines rouges. Ces étoiles font partie de la séquence principale mais se distinguent par leur faible masse, entre 8 et 80 pour cent de la masse du Soleil. Pour cette raison, leur surface est relativement froide, seulement quelques milliers de degrés, et leur luminosité est donc très faible, entre un dix millième et quelques dixièmes de celle du Soleil. Ces étoiles passent ainsi pratiquement inaperçues, si ce n'est dans notre voisinage immédiat.

C'est en étudiant les naines rouges les plus proches que les astronomes se rendirent compte que ces étoiles peu brillantes sont très nombreuses. Ainsi, dans le voisinage du Soleil, une étoile sur deux est une naine rouge, même si très peu d'entre elles figurent parmi les milliers d'étoiles visibles à l'œil nu. Les astronomes sont donc tout naturellement amenés à penser que les galaxies pouvaient être dominées en nombre par ces étoiles quasi-invisibles. Leur présence augmenterait la masse totale d'une galaxie sans véritablement affecter sa luminosité globale.



Les naines brunes



Une autre solution consiste à faire appel à des astres encore moins massifs : les naines brunes. On désigne par ce terme les étoiles dont la masse est inférieure à 8 pour cent de celle du Soleil. A cause de cette masse très faible, le noyau de ces étoiles n'est pas suffisamment comprimé et chaud pour que les réactions nucléaires de fusion soient en mesure de se mettre en place. Les naines brunes sont donc en quelque sorte des étoiles ratées, qui n'émettent pas de lumière et sont pratiquement impossibles à observer, même dans le voisinage immédiat du Soleil. Ces propriétés en font clairement des candidates à la masse cachée.

Remarquons que la masse minimale des naines brunes est probablement de plusieurs fois la masse de Jupiter. Ce qui différencie ces étoiles des planètes géantes est leur mode de formation. Comme toutes les étoiles, les naines brunes se forment lors de l'effondrement d'un nuage de gaz, alors que les planètes se forment par accumulation de grains de poussière.

Les planètes

Une autre explication de la masse cachée est la présence possible dans les galaxies d'une quantité insoupçonnée de planètes, en particulier de planètes massives comme Jupiter. Cependant, des corps de cette nature ne peuvent pas fournir une très grande proportion de la masse cachée. Ils sont en effet formés d'éléments plus lourds que l'hydrogène ou l'hélium. Or ces éléments sont rares dans l'Univers, ils ne représentent qu'un noyau atomique pour 100 noyaux d'hydrogène, comme toutes les observations le confirment.

Les résidus d'étoiles

Enfin, on peut faire appel aux trois types de résidus stellaires : naine blanche, étoile à neutrons ou trou noir. La contribution des deux derniers types est cependant limitée. Étoiles à neutrons et trous noirs apparaissent lors de l'explosion d'une supernova qui donne naissance à une grande quantité d'éléments lourds. Comme ces derniers sont rares, le nombre d'explosions ayant eut lieu doit être relativement faible, donc également le nombre de résidus stellaires de ce type.

Découvrir l'Univers : Détection – Matière sombre baryonique

Depuis les années 1990, les astronomes tentent d'observer directement la masse cachée baryonique et d'estimer la contribution des différents candidats.

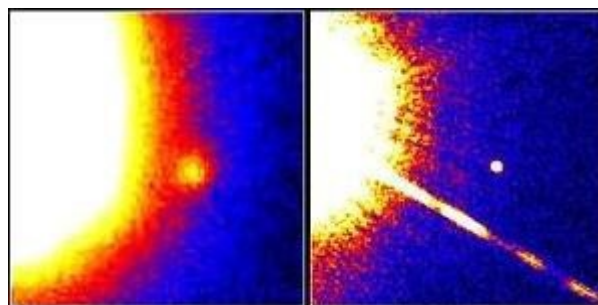
Les naines rouges

Jusqu'à récemment, du fait de la turbulence atmosphérique, les télescopes terrestres étaient incapables de confirmer l'importance des naines rouges. Leurs images étaient peu lumineuses et floues et ressemblaient à des galaxies, ce qui ne facilitait pas les choses. Avec l'avènement du télescope spatial Hubble, il devint possible d'observer des naines rouges 100 fois plus faibles qu'auparavant et de les différencier des galaxies. Des observations furent alors menées dans des zones du ciel choisies de manière aléatoire et montrèrent que les naines rouges n'étaient pas aussi abondantes qu'on l'imaginait auparavant. Leur masse totale ne représentait qu'environ 10 pour cent de celle de la Galaxie.

D'autres observations concentrées sur un amas globulaire montrèrent que le nombre de naines rouges de masse supérieure à un cinquième de celle du Soleil était très grand, avec à peu près une centaine de naines rouges pour une étoile de type solaire. Mais ces observations montrèrent également qu'il n'y avait pas de naine rouge de masse inférieure. La masse limite de formation des étoiles n'est donc probablement pas de 8 pour cent de celle du Soleil comme le prévoyaient les modèles théoriques, mais plutôt d'environ 20 pour cent. En tout cas, il ressortait de ces observations que les naines rouges ne formaient qu'une très faible fraction de la masse cachée dans les halos de galaxies, de l'ordre de 6 pour cent.

Les naines brunes

Les naines brunes n'émettent guère de lumière et sont donc pratiquement impossibles à détecter, même dans le voisinage du Soleil. Néanmoins, juste après leur formation, ces étoiles sont soumises à une phase de contraction qui dure quelques centaines de milliers d'années. Pendant cette période, elles libèrent une grande quantité d'énergie gravitationnelle et peuvent donc émettre un rayonnement.



La première naine brune découverte en 1994 à l'observatoire du mont Palomar (le petit point lumineux un peu à droite du centre de chaque image). La naine brune, baptisée Gliese 229B, est en orbite autour d'une naine rouge (à gauche) et se trouve à environ 19 années-lumière de la Terre. L'image de gauche provient de l'observatoire du mont Palomar, celle de droite fut prise en 1995 par le télescope spatial.

Il va sans dire que les effets de la turbulence atmosphérique empêchent toute observation avec un télescope terrestre classique. C'est ainsi un système d'optique adaptative qui détecta la première naine brune en 1994, une découverte rapidement confirmée par le télescope spatial. Cette naine brune, baptisée Gliese 229B, forme avec une naine rouge un système binaire situé à 19 années-lumière. La masse de la naine brune est entre 20 et 50 fois plus grande que celle de Jupiter et sa luminosité est 100 000 fois plus faible que celle du Soleil. Son atmosphère est quant à elle semblable à celle de Jupiter, avec en particulier une grande abondance de méthane. Cette découverte était très importante car elle montrait que les naines brunes existent réellement. Depuis lors, d'autres naines brunes ont été identifiées mais il est encore trop tôt pour avoir une idée précise de leur nombre total, donc de leur contribution à la masse cachée.

Utiliser les lentilles gravitationnelles

Plutôt que d'étudier directement un type donné de candidat, il est également intéressant d'affiner notre connaissance de la masse cachée par d'éventuels effets indirects. Les années 1990 ont ainsi vu le développement d'une technique destinée à détecter indirectement la matière sombre présente dans le halo de notre Galaxie, ceci quelle que soit sa nature.

Cette méthode repose sur le phénomène de lentille gravitationnelle. Celui-ci se produit lorsque deux étoiles sont alignées sur la même ligne de visée. Comme la relativité générale le montre, l'étoile la plus proche peut alors dévier et concentrer les rayons lumineux de la plus lointaine. Le résultat pour un observateur terrestre est une soudaine et forte augmentation de la luminosité apparente de l'étoile lointaine.

Ce phénomène peut être utilisé pour détecter des objets sombres dans le halo de notre Galaxie. En effet, ces objets ne sont pas fixes mais se déplacent lentement. Si, par pur hasard, l'un d'entre eux passe exactement entre nous et une étoile plus éloignée, l'intensité apparente de cette dernière augmentera fortement pendant la durée du passage. Ainsi, par exemple, si la lumière d'une étoile située dans l'un des Nuages de Magellan voit son éclat apparent augmenter pendant un intervalle de temps, il est possible que cela soit dû au passage d'un objet sombre sur la ligne de visée.

Évidemment, une telle variation de luminosité peut aussi être causée par un phénomène cataclysmique du type nova. Il est cependant possible de différencier les deux cas de figure en observant l'amplification dans deux longueurs d'onde différentes. En effet, les variations de luminosité dues à une lentille gravitationnelle sont indépendantes de la longueur d'onde considérée, alors que les variations dues à un changement au niveau de l'étoile en dépendent.

L'observation d'un effet de lentille gravitationnelle ne fait pas que prouver l'existence d'objets sombres dans le halo. La durée et l'amplitude du phénomène peuvent nous apporter de nombreuses données comme la vitesse, la distance et la masse de l'objet. La principale difficulté réside dans le fait que la probabilité du phénomène est extrêmement faible, de l'ordre d'un événement pour un million d'étoiles observées. Pour avoir une chance raisonnable d'en détecter un, il faut donc observer simultanément un très grand nombre d'étoiles situées hors du halo. Ceci est heureusement possible dans la direction des Nuages de Magellan, très riche en étoiles. Il est également intéressant d'observer la région du bulbe galactique, ce qui permet de détecter des objets sombres dans le disque galactique plutôt que dans le halo.

Auteur : Olivier Esslinger

Les résultats

Les années 1990 virent la mise en route de plusieurs programmes de détection de lentilles gravitationnelles dans la Galaxie. On peut citer en particulier les programmes EROS, qui se concentra sur les étoiles du Grand Nuage de Magellan, OGLE, qui scruta celles du bulbe galactique, et MACHO qui observa les deux régions simultanément. Ces trois programmes détectèrent des centaines d'événements dans la direction du bulbe et une vingtaine dans la direction des Nuages de Magellan.

Les résultats semblent pour l'instant indiquer que les objets peu massifs de moins de 10 pour cent de la masse solaire, naines brunes ou planètes par exemple, ont une contribution relativement faible, entre 10 et 20 pour cent de la masse du halo galactique. Les corps de l'ordre de la moitié de la masse du Soleil, par exemple les naines blanches, pourrait quant à eux compter pour environ 20 à 30 pour cent de la masse cachée dans le halo.

Découvrir l'Univers : Matière sombre exotique

Les neutrinos

Les candidats formés de matière ordinaire, ou baryonique, ne peuvent pas à eux seuls expliquer toute la masse cachée. Les résultats du satellite WMAP ont confirmé en 2003 ce que l'on soupçonnait déjà auparavant, qu'il existe une matière non baryonique, qualifiée d'exotique, dont la masse est au moins 5 fois plus importante que celle de la matière ordinaire. Les astrophysiciens doivent donc également faire appel à des particules plus exotiques.

Une première possibilité est le neutrino, une particule qui interagit très faiblement avec la matière ordinaire mais que des observatoires sous-terrains ont néanmoins réussi à détecter. Le neutrino fut longtemps considéré comme une particule de masse nulle comme le photon. Cependant, plusieurs expériences semblent montrer qu'il n'en est pas ainsi et qu'une très faible masse n'est pas exclue.

Si tel était le cas, les neutrinos pourraient expliquer en partie la masse cachée exotique. En effet, avec une densité moyenne de 100 particules par centimètre cube, les neutrinos sont très abondants dans l'Univers, bien plus que les protons ou les neutrons. Même si la masse d'une seule particule est très faible, leur grande abondance pourrait bien permettre aux neutrinos d'apporter une contribution majeure à la densité de l'Univers.

Les particules massives à faible interaction

Le neutrino n'est pas le seul candidat exotique. Dans leur quête d'une description définitive des constituants de la matière et de leurs interactions, les physiciens des particules ont développé toute une panoplie de particules hypothétiques, aux noms plus étranges les uns que les autres, photinos, gluinos, sélectrons, sneutrinos et autres. Ces particules sont désignées collectivement sous le nom de particules massives à faible interaction (WIMP en anglais).

Comme le neutrino, ces particules interagissent très faiblement avec la matière ordinaire. Elles sont néanmoins soumises à la force gravitationnelle puisque c'est grâce à cela que l'on a suspecté leur existence. Ces particules sont donc attirées par les galaxies et doivent former de gigantesques halos autour d'elles. Notons néanmoins qu'aucune particule de ce type n'a jamais été détectée et qu'il faut donc rester très prudent avant de tirer des conclusions définitives.

Détecter les neutrinos

Si les objets sombres de nature baryonique sont difficiles à observer, la tâche est encore plus ardue lorsqu'il s'agit de détecter le deuxième type possible de matière sombre, formé de particules exotiques.

Le neutrino est une particule dépourvue de charge électrique et de masse très faible. La probabilité de réaction entre un neutrino et une particule ordinaire est extrêmement petite. Le seul moyen d'en capturer un est donc d'augmenter les chances de rencontre en construisant un détecteur contenant une énorme quantité de particules ordinaires.

Ceci fut tenté pour la première fois en 1967 dans une mine d'or, à Homestake dans le Dakota du Sud. Le détecteur consistait en une cuve contenant 400 000 litres d'une substance chlorée. Même si l'immense majorité des neutrinos passait sans problème à travers la cuve, il arrivait que l'un d'eux interagisse avec un noyau de chlore. Celui-ci se transformait alors en un noyau d'argon qui à son tour se désintégraît rapidement. C'est le résultat de cette désintégration qui pouvait être facilement détecté et révéler la capture d'un neutrino.



Le détecteur de l'observatoire de neutrinos de Sudbury au Canada pendant sa construction. Cet observatoire est opérationnel depuis 1999 et a pour but de contribuer à notre compréhension des propriétés fondamentales des neutrinos.

Depuis cette époque, d'autres détecteurs basés sur le même principe ont été construits. Ces détecteurs sont tous placés dans des zones souterraines pour réduire au maximum l'interférence des rayonnements cosmiques qui risquerait de fausser les résultats. On peut citer en particulier l'expérience Gallex, réalisée dans le tunnel de Gran Sasso en Italie avec 30 tonnes de gallium en solution, le détecteur Super Kamiokande à Kamioka au Japon avec 50 000 tonnes d'eau, et l'observatoire de Sudbury au Canada avec 1000 tonnes d'eau lourde.

Les données de ces détecteurs ne révèlent hélas pas directement la masse des neutrinos et le problème de leur contribution à la densité de l'Univers n'est donc toujours pas résolu. Les expériences semblent quand même indiquer que la masse est trop faible pour que les neutrinos aient un impact significatif sur cette densité.

Détecter les particules massives à faible interaction

Notons pour commencer que les particules massives à faible interaction (WIMP en anglais) sont hypothétiques et n'ont jamais été observées de façon certaine à ce jour. Capturer ces particules n'est pas une mince affaire mais plusieurs projets ont néanmoins vu le jour. On peut citer en particulier le projet CDMS dans une mine de fer du Minnesota et l'expérience DAMA dans le tunnel de Gran Sasso.

Ces projets s'appuient sur le fait que même si l'interaction de ces particules avec la matière ordinaire est très faible, elle existe et il doit être possible de la mettre en évidence. En guise d'exemple, le détecteur de l'expérience CDMS est constitué d'un gros cristal de germanium refroidi à quelques millièmes de kelvin pour faire disparaître toute agitation thermique. A tout instant, du fait du mouvement de la Terre par rapport au halo de matière non baryonique, une multitude de particules massives à faible interaction traversent le détecteur. Il arrive, très rarement, que l'une d'entre elles interagisse avec un noyau de germanium. Elle introduit alors une quantité infime d'énergie dans le détecteur et y crée une très faible ionisation.

En mesurant en permanence la température et la charge électrique du cristal, il est théoriquement possible d'observer le phénomène, donc de détecter les particules exotiques. Le nombre de détections est évidemment très limité, en théorie de l'ordre d'une tous les 10 jours pour un détecteur d'un kilogramme. Notons que les signaux parasites dus à d'autres particules peuvent être détectés en analysant soigneusement la quantité d'énergie déposée et la charge électrique créée.

Auteur : Olivier Esslinger

L'atmosphère de Mars était riche en oxygène

Sur Mars, Curiosity a détecté avec ChemCam de l'oxyde de manganèse. La formation de ce composé chimique requiert plus d'oxygène que l'oxyde de fer qui recouvre la Planète rouge et lui donne son teint caractéristique. Les planétologues estiment donc que l'atmosphère de Mars possédait beaucoup plus d'oxygène dans le passé qu'aujourd'hui.

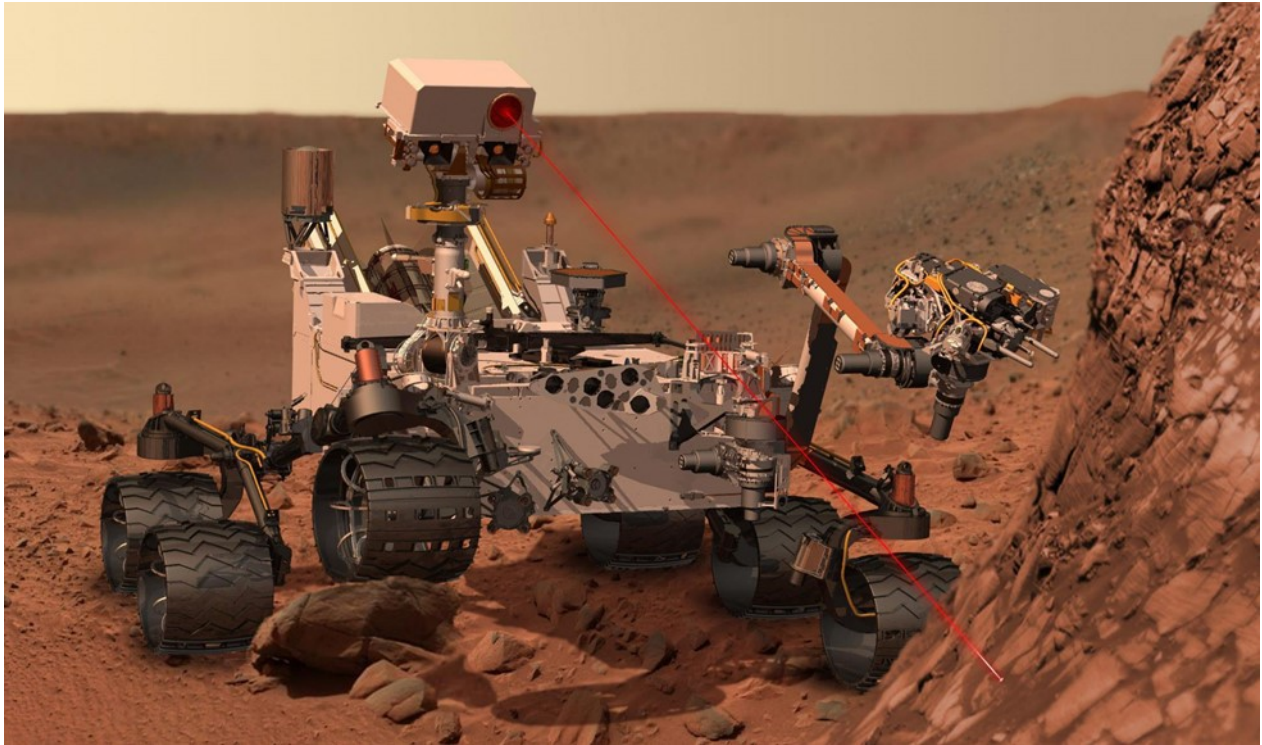


Illustration d'un tir laser effectué par la ChemCam de Curiosity. L'instrument permet d'analyser à distance la composition des roches visées. Grâce à cette opération, le rover a pu détecter de l'oxyde de manganèse. Il a ainsi permis de déduire que l'atmosphère de Mars était plus riche en oxygène dans le passé qu'aujourd'hui.

Enveloppée d'une atmosphère plus dense, il y a environ 4 milliards d'années, Mars, encore jeune, était un monde plus chaud et humide, aux airs de planète bleue. Puis, lentement, son destin a basculé et elle s'est mise à rougir. Un teint devenu emblématique qui, depuis plus de deux millénaires, lui vaut d'être nommée en l'honneur d'anciennes divinités tantôt de la Guerre (*Nirgal* à Babylone, *Arès* en Grèce, *Mars* à Rome), tantôt du Feu (*Vahram* en Perse), voire du Soleil (*Horus* en Égypte). D'ailleurs, pour Pline l'ancien, sa couleur s'explique par sa proximité avec le Soleil...

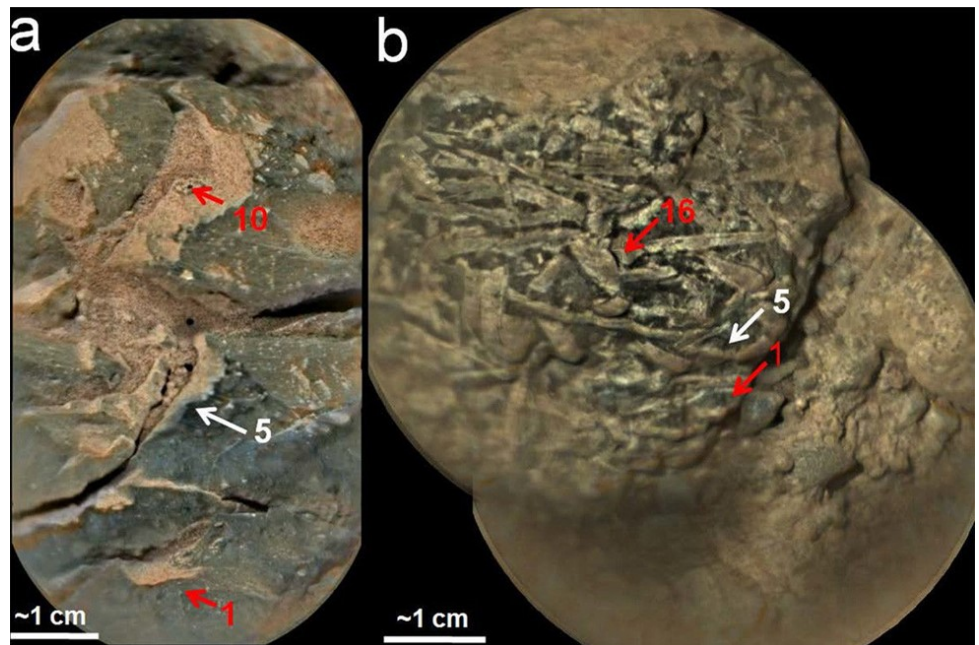
En réalité, on sait aujourd'hui que ce fard déposé progressivement n'est autre que de la rouille, de l'oxyde fer. Mais comme il n'y a plus que des traces résiduelles d'oxygène (0,13 %) dans son atmosphère essentiellement composée de dioxyde de carbone (95 %) et d'une pincée d'argon (1,5 %) et de diazote (3 %), le rayonnement ultraviolet du Soleil qui a cassé les molécules d'eau évaporée, est désigné comme principal responsable de cette oxydation commencée il y a plusieurs milliards d'années. Un long processus qui a accompagné l'érosion de son atmosphère...

Néanmoins, les scientifiques sont nombreux à penser que les proportions de cet élément devenu très rare étaient plus élevées dans le passé. Comme nous allons le voir, de récentes observations faites par Curiosity semblent leur donner raison.

Sur Mars, il n'y a pas que le fer qui est oxydé, le manganèse aussi

Venue présentée, à l'occasion des rencontres de l'Union géophysique européenne qui se déroulaient la semaine dernière à Vienne, trois années d'investigations du laser ChemCam (plus de 300.000 tirs) qui équipe le rover américain débarqué sur Mars, dans le cratère Gale début août 2012, la planétologue Agnès Cousin, de l'Irap (Institut de recherche en astrophysique et planétologie), à Toulouse, et son équipe, a signalé la découverte d'oxyde de manganèse dans des roches de la région qu'il explore, sur les premiers contreforts du mont Sharp.

Deux échantillons de roches riches en oxyde de manganèse observé avec la ChemCam de Curiosity.



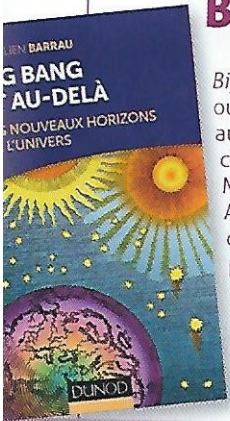
« Nous avons trouvé que 3 % des roches ont une haute teneur en oxyde de manganèse », a-t-elle déclaré à l'assemblée, comme le rapporte le magazine *New Scientist* qui a pu assister à sa présentation. « Cela requiert beaucoup d'eau et des conditions fortement oxydantes, donc l'atmosphère pouvait contenir beaucoup plus d'oxygène que nous ne le pensions », a-t-elle ajouté.

Pour les chercheurs, du fait que ces roches sont dans la région d'un ancien lac, l'eau a sans doute joué un rôle dans cette oxydation. « C'est une possibilité. » Pour l'instant, ils n'ont pas encore pu déterminer l'âge de ces traces, mais ils comptent sur de prochaines occasions pour pouvoir le faire.

De l'oxygène mauvais pour la vie ou produit par la vie ?

Précisons que de plus grandes quantités d'oxygène dans l'atmosphère n'est pas vraiment un bon signe pour les organismes vivants (s'il y en avait) si l'on prend l'exemple de la Terre, comme l'a rappelé leur collègue de l'université de Lyon, Damien Loizeau.

En effet, sur notre planète, tout a commencé sans cet élément chimique. Produit par les cyanobactéries, il y a environ 2,3 milliards d'années, l'oxygène est donc arrivé bien après les premières formes de vie. Ce fut alors un véritable poison pour les archées méthanogènes présentes dans les océans et leur disparition catastrophique allait ensuite se répercuter sur le climat et changer encore le visage de la Terre. « O_2 est mauvais pour la vie, comme nous le savons, a commenté le chercheur, mais nous ne connaissons aussi que la vie pour être en mesure de créer de grandes quantités d' O_2 . »



Big Bang et au-delà

Aurélien Barrau

NOUVEAUX HORIZONS L'UNIVERS

DUNOD

Big Bang et au-delà n'est pas seulement un ouvrage de vulgarisation de la cosmologie, c'est aussi (et surtout) le témoignage d'un enseignant-chercheur en astrophysique qui se veut atypique. Même s'il récuse le qualificatif d'autobiographie, Aurélien Barrau se raconte largement à travers cet essai qui convoque, en filigrane, autant les philosophes de notre époque (de Derrida à Deleuze) que les physiciens et astrophysiciens du plus haut niveau. Car Aurélien Barrau le dit lui-même, et cela transparait à chaque page, il a longtemps hésité entre devenir physicien ou philosophe. Il a donc logiquement refusé de choisir et mène les deux activités ensemble en instillant de la philosophie dans la cosmologie et vice-versa. L'auteur fait un long plaidoyer pour une déconstruction des carcans et dogmes qui enferment selon lui la recherche en astrophysique. Il n'hésite ainsi pas à mettre en avant les modèles actuellement les plus spéculatifs de la cosmologie, de la gravitation quantique à boucles aux concepts de multivers, qui ont le mérite d'emmener le lecteur vers une nouvelle appréhension du Big Bang. Car de Big Bang, il est question tout au long de cet ouvrage, dont cette seconde édition prend en compte les derniers résultats obtenus par le satellite Planck sur le fond diffus cosmologique. On pourra peut-être regretter quelques digressions pouvant sembler éloignées du sujet principal, mais il ne faut sans doute pas chercher une structure convenue dans ce livre qui se veut libre.

édition augmentée
Dunod
22 cm
pages brochées
indicatif 16 €

ES

Voici le lien pour les images en quasi direct de notre caméra Fripon (toutes les 10 minutes).

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

A vous d'expliquer l'orientation (caméra Fish-eyes orientée vers le ciel...)



Château d'eau

De Kersauz

rue Guillemette le Barbier

56730 Saint Gildas de Rhuys

Renseignements:

Téléphone : 06 14 59 98 96

ou 06 07 80 84 86

Messagerie

clubastrorhuys@gmail.com

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

Il se réunit les jeudis de 18h à 20h

Site Web : <http://astro-rhuys.blogspot.fr/>