

L'astronomie dans le monde

Apollo vu par LRO

A la mi-juin, le satellite lunaire de la NASA LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) a pu diriger ses puissants téléobjectifs sur les six sites d'atterrissage des missions Apollo et en prendre les premières photos.

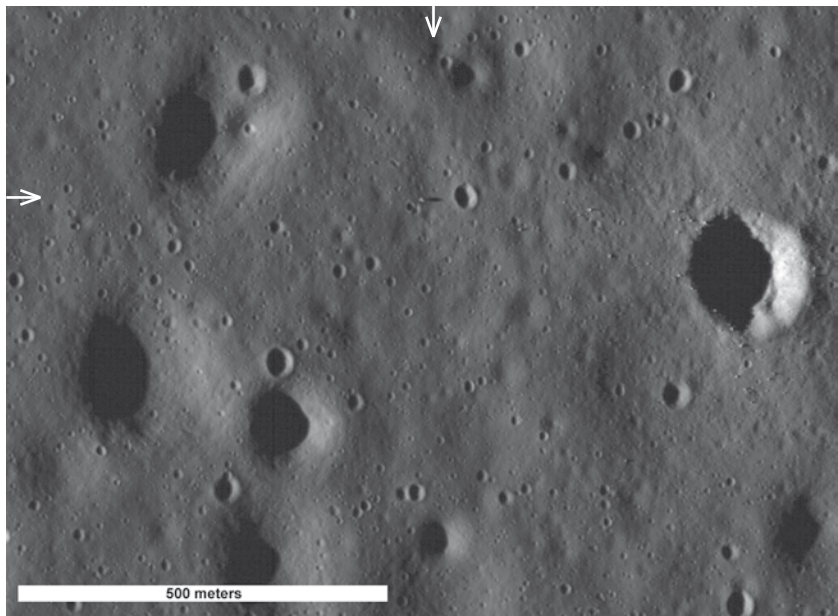
Ces images montrent le socle des modules lunaires laissés par les astronautes lorsqu'ils ont quitté la Lune.

L'orbite elliptique qu'avait le LRO l'amenait entre 40 et 199 kilomètres du sol lunaire, la partie basse (périlune) étant au-dessus

On distingue ici le module lunaire abandonné par les premiers explorateurs de notre satellite, Neil Armstrong et Buzz Aldrin en 1969. (NASA/LRO)

du pôle sud. La résolution des images variait ainsi entre 1 mètre par pixel (cas d'Apollo 16) et 1 mètre 40 par pixel (Apollo 17).

Le module lunaire fait un peu moins de 4 mètres de côté ce qui donne des images de 3 à 4 pixels de côté. La position du Soleil correspondait chaque fois à la fin de l'après-midi



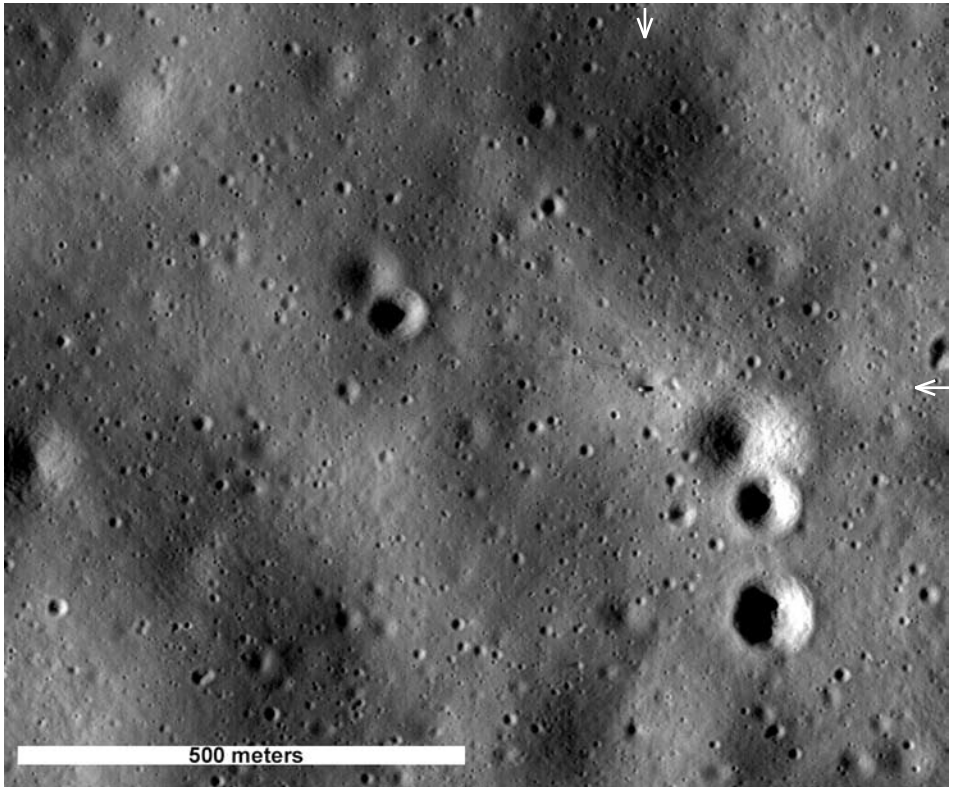


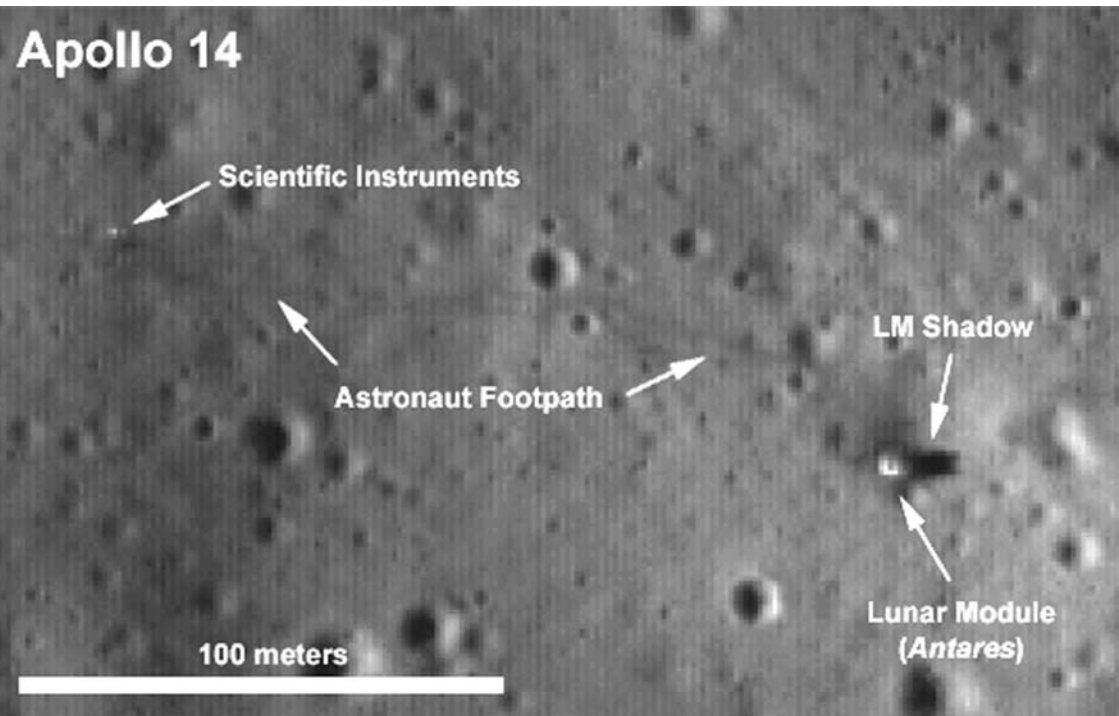
*Buzz Aldrin devant le module lunaire.
Mission Apollo 11 (NASA/Neil Armstrong)*

ce qui explique la longueur des ombres. Le socle mesure environ 3 m de haut et son ombre atteint une quinzaine de mètres. Les pieds du module créent un espace libre d'un mètre par lequel le Soleil s'infiltré. Ces caractéristiques permettent de reconnaître aisément les sites d'atterrissage.

L'orbite du LRO sera abaissée au cours de sa mission de sorte que des images de meilleure qualité seront bientôt obtenues. On espère arriver à une résolution deux ou trois fois supérieure. Des images seront également prises avec un Soleil moins rasant. Les ombres portées seront plus courtes, mais l'éclairage plus intense devrait permettre de meilleures photos. On peut d'ailleurs déjà constater ce résultat sur l'image du site 14. C'est la seule où l'on voit aisément les traces des déplacements

*Le site d'Apollo 14 avec les traces
laissées par les astronautes.*





Les différentes traces visibles sur l'image précédente sont expliquées ici (NASA)

des astronautes et l'ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiments Package), alors que la meilleure résolution théorique serait celle de l'image du site 16.

Impact

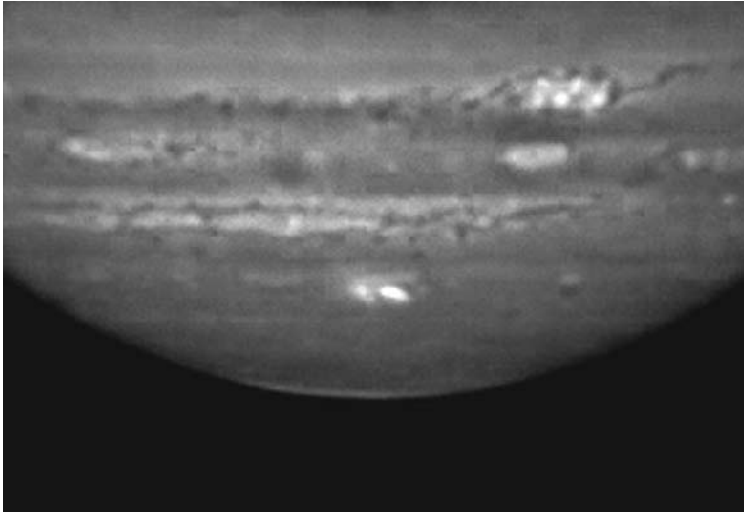
Quinze ans après la comète Shoemaker-Levy 9, un autre corps, probablement cométaire, a frappé la planète Jupiter et laissé des traces très visibles près du pôle sud. Contrairement à Shoemaker-Levy 9 qui avait été suivie longtemps avant d'entrer dans l'atmosphère de Jupiter, le nouvel événement a pris les astronomes par surprise. C'est un amateur australien, Anthony Wesley, qui a constaté l'apparition subite d'une marque sombre sur la planète.

Des images furent rapidement prises en infrarouge pour distinguer l'émission thermique de l'impact. De fait, les images obtenues

avec les grands télescopes d'Hawaii, le NASA's Infrared Telescope Facility et Gemini North montrent une forte surbrillance. La structure en arc rappelant la vague de proue d'un navire est très semblable à ce qui avait été constaté auprès des impacts de S-L 9 en 1994.

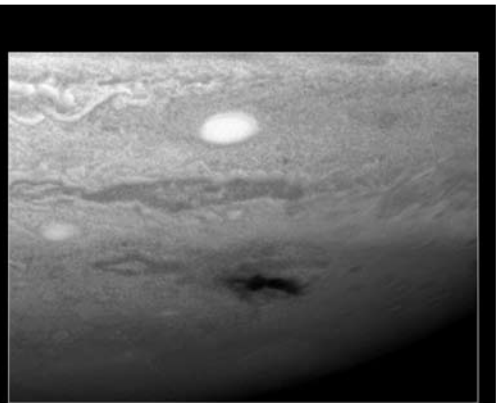
Dans le domaine visible, la supériorité du télescope spatial Hubble s'est manifestée. Après l'entretien effectué en mai par des astronautes, le télescope suivait un programme de test et de calibration. Les séquences ont été interrompues brièvement pour permettre l'étude de Jupiter. En lumière visible la tache de l'impact apparaît sombre par suite des perturbations dans les couches nuageuses.

La comparaison des données obtenues dans un grand domaine de longueurs d'onde permettra de mieux comprendre ce qui s'est effectivement passé dans la haute atmosphère de Jupiter.



L'impact d'une comète a produit cette nouvelle tache de Jupiter vue ici dans les longueurs d'onde infrarouges de 8,7 et 9,7 microns avec le télescope Gemini North d'Hawaii.

*Jupiter observé le 23 juillet avec la camera Wide Field 3 du télescope spatial Hubble.
(NASA, ESA, H. Hammel/Space Science Institute, Boulder, Colo., et le Jupiter Impact Team)*



Vénus

Jupiter n'est pas la seule planète à se voir flanquée d'une nouvelle tache. Vénus y a droit aussi, et c'est également un astronome amateur qui s'en est rendu compte le premier. L'origine du point brillant dans les nuages denses est incertaine.

D'autre part, la sonde Venus Express a cartographié la surface de notre planète sœur en infrarouge thermique et a observé des différences de température indiquant des différences de composition entre les plaines et les hauts plateaux. Les scientifiques interprètent cela par l'ancienne activité volcanique, voire tectonique, qui a donné une composition granitique aux hauts plateaux. Sur Terre on parlerait de continents. Il est donc possible que Vénus ait possédé autrefois elle aussi des continents et des océans. L'eau a cependant été rapidement chassée de la planète par le vent solaire. L'activité volcanique semble aujourd'hui éteinte ou, en tout cas, fortement atténuée.

Encelade

Parmi les molécules rencontrées par la sonde Cassini lors de sa traversée des fumeroles d'Encelade, les scientifiques ont identifié l'ammoniac. Une particularité de cette molécule est son action antigel qui permet à l'eau de rester liquide jusqu'à des températures de l'ordre de -100 C. Les températures relevées dans les fractures superficielles d'Encelade sont légèrement supérieures à cette valeur. Cette découverte renforce donc l'idée selon laquelle de l'eau liquide existerait sous la surface du satellite de Saturne.

Comètes et astéroïdes

La ceinture principale d'astéroïdes située entre les orbites de Mars et de Jupiter montre une surprenante diversité d'objets dont la composition va des roches ignées au cocktail glaces-roches. Le modèle standard utilisé pour expliquer cette grande variété suppose que la majorité des astéroïdes se sont formés à leur place actuelle dans un disque primordial qui avait subi de profondes transformations chimiques. Une nouvelle hypothèse, basée sur le récent modèle « de Nice » des migra-

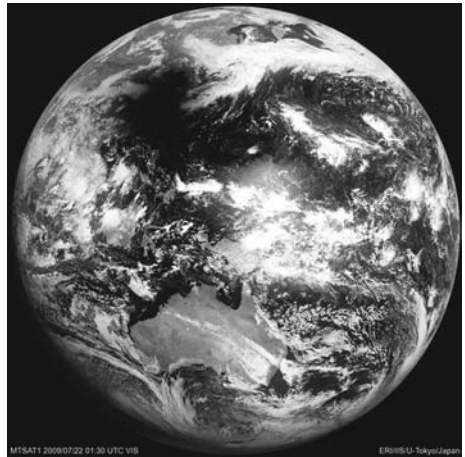
tions planétaires, soutient au contraire que la diversité des astéroïdes n'est pas le reflet de celle du disque protoplanétaire mais résulte d'une invasion de comètes en provenance de la périphérie du système solaire – cette même invasion qui a provoqué le bombardement dévastateur des planètes voici près de quatre milliards d'années.

La contamination des astéroïdes par des objets trans-neptuniens expliquerait aisément les similarités observées entre les micro-météorites tombant sur Terre et les poussières cométaires récoltées par la sonde Stardust.

Éclipse

Le spectacle de l'éclipse solaire du 22 juillet a souvent été gâché par les nuages. La ligne de totalité s'étendait de l'ouest de l'Inde, à la Micronésie, traversant le Bangladesh, le Népal, le Bhoutan, la Birmanie, la Chine et l'extrême sud du Japon. Le maximum avait lieu sur l'Océan Pacifique. L'avion et le bateau étaient les sites d'observation privilégiés.

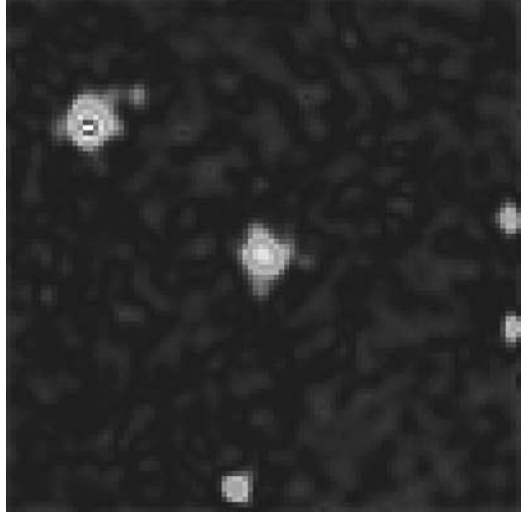
Par contre, les satellites n'ont eu aucune difficulté pour observer l'ombre de la Lune se déplaçant sur la Terre.



L'éclipse en Chine
(© WebGMS-MTSAT/GMS (HIMAWARI) Website)

Galaxies gamma

Dans les années 90, le télescope spatial Compton avait montré l'existence de deux types de galaxies émettant des rayons gamma : les galaxies radio et les blazars. Son successeur, le télescope spatial Fermi, a maintenant démontré que d'autres galaxies actives produisent également des rayons gamma avec l'observation de deux galaxies de Seyfert, la lointaine PMN J0948+0022 et NGC 1275. Ces résultats témoignent de l'accélération de particules jusqu'à des vitesses proches de celle de la lumière et de la formation de jets. Les variations observées – NGC 1275 n'émettait pas de rayons gamma il y a dix ans – indiquent une source compacte au centre des galaxies.



Les rayons gamma de la galaxie de Seyfert 1 à raies étroites PMN J0948+0022 (centre) montrent que le trou noir central produit un jet de particules rapides. L'objet est à 5 milliards et demi d'années-lumière dans le Sextant. L'énergie des photons gamma provenant des régions brillantes dépasse 200 millions d'électrons volt. Rappelons que l'énergie des photons de la lumière visible est de l'ordre de 2 ou 3 électrons volt. (NASA/DOE/Fermi LAT)

Positrons

Les positrons responsables de l'émission gamma galactique ne sont pas dus à des interactions impliquant la matière noire mais sont le résultat de la désintégration d'éléments projetés dans l'espace lors de l'explosion d'étoiles massives. La matière noire avait été invoquée parce que l'on croyait que les positrons ne pouvaient parcourir que de faibles distances. En fait, leurs interactions avec le champ magnétique galactique sont relativement faibles et ne les empêchent pas de traverser la Galaxie. La distribution spatiale du rayonnement gamma correspond alors mieux avec une origine stellaire.

Climat et cycles solaires

La corrélation entre les cycles solaires et certains événements climatiques est reconnue depuis longtemps. Il restait à en trouver l'explication.

Des modèles numériques détaillés du climat montrent que, lorsque le Soleil atteint son activité maximale, il réchauffe anormalement les zones sans nuages de l'Océan Pacifique. Cela augmente l'évaporation, intensifie les pluies tropicales, les vents alizés, et refroidit la partie orientale du Pacifique tropical. Cet en-

chaînement d'événements est semblable à La Niña, mais le refroidissement d'environ un degré est moitié moindre et se marque plus à l'est. Dans les années suivantes, cette pseudo-Niña se transforme en pseudo-Niño. Les courants superficiels remplacent l'eau froide du Pacifique oriental par de l'eau dont la température est supérieure à la moyenne. Comme les vrais Niña et Niño, ces phénomènes peuvent affecter le climat global. Ainsi la Niña « solaire » semble à l'origine d'un temps sec et chaud dans le Nord-Ouest américain.

Trous noirs intermédiaires

Le télescope spatial XMM-Newton a permis la découverte d'un trou noir d'environ 500 masses solaires (HLX-1), prouvant ainsi l'existence de trous noirs « intermédiaires » dont la masse est comprise entre celle des trous noirs stellaires (quelques masses solaires), et celle des trous noirs massifs situés au centre des galaxies (des millions de masses solaires). Ces trous noirs intermédiaires alimentent probablement les trous noirs supermassifs. La découverte de quelques trous noirs intermédiaires avait déjà été présentée, mais ce candidat-ci est le plus convaincant à ce jour.

C'est en analysant le flux X de l'astre que les astronomes s'aperçurent qu'il ne pouvait s'agir que d'un trou noir. L'intensité observée était trop faible pour que l'objet soit situé dans notre Galaxie. L'absence d'émissions radio et visible indique que HLX-1 n'est pas simplement une galaxie d'arrière-plan.

HLX-1 est très lumineux en rayons X. Il émet avec 260 millions de fois la puissance du Soleil. Une telle émission ne peut que provenir de la galaxie ESO 243-49. Sa position excen-

trée exclut qu'il soit le trou noir supermassif mais sa puissance énorme est trop forte pour un trou noir stellaire.

La comparaison de plusieurs observations obtenues par XMM montre des variations rapides prouvant qu'il s'agit bien d'un objet de taille limitée, isolé, et non pas d'un amas de sources. Il ne peut donc s'agir que d'un trou noir.

Supernovæ lointaines

Deux supernovæ ont été découvertes à 11 et 11,4 milliards d'années-lumière. Ce sont les plus lointaines (anciennes) observées à ce jour. Le record précédent était de 9 milliards d'a-l.

Pour arriver à ces résultats les astronomes ont créé des images très profondes en additionnant des observations faites avec le télescope Canada-France-Hawaii de 3,60 m à Hawaii. Les astres candidats ont ensuite été spectrographiés avec un télescope Keck, à Hawaii également.

L'un des champs utilisés pour chercher les supernovæ très lointaines (Jeff Cooke, CFHT)



La luminosité des supernovæ Ia

Les astronomes ont mis au point une méthode d'analyse permettant d'étalonner la luminosité intrinsèque des supernovæ dites de type Ia, avec une précision inégalée. Ce résultat marque un pas de plus vers la compréhension de la mystérieuse énergie noire.

Lorsqu'elles explosent, les supernovæ de type Ia sont plus lumineuses qu'une galaxie au maximum de leur éclat et permettent de sonder l'univers très lointain, donc ancien. Elles sont visibles à de très grandes distances et leur homogénéité leur confère un rôle clé pour mesurer les distances aux échelles cosmologiques. Elles ont ainsi été à l'origine de la découverte de l'énergie noire, une composante majoritaire du contenu énergétique de l'univers.

Après l'application de corrections liées à la couleur et à l'évolution temporelle de la supernova, la précision sur la distance atteint 8 à 10%. Cependant, ces corrections requièrent jusqu'à deux mois d'observations précises et répétées et ne semblent pas s'appliquer avec la même efficacité à toutes les supernovæ.

Afin de procéder à une étude exhaustive de ces supernovæ, les astronomes ont étudié un échantillon de 200 supernovæ de type Ia, avec un total d'environ 2 500 spectres à raison de 5 à 10 nuits par objet.

L'analyse des spectres observés à une date proche du pic de lumière met en évidence une corrélation très forte entre un simple rapport de flux dans deux domaines distincts du spectre et la luminosité intrinsèque de l'objet.

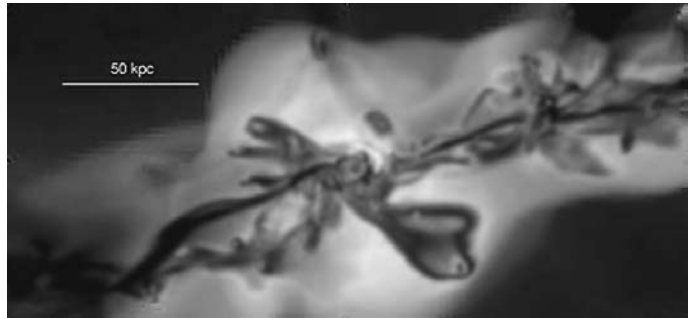
La correction qui en résulte permet de mesurer la distance de l'objet avec une précision sans précédent de 6%. Cette technique semble s'appliquer à un large éventail de supernovæ, même à celles qui sont significativement obscurcies par les poussières de leur galaxie hôte.

L'étude détaillée des 2 500 spectres ne fait que commencer. La correction empirique ouvre la voie à des analyses fines, actuellement en cours, permettant de distinguer la variabilité intrinsèque des supernovæ de la contribution des facteurs environnementaux tels que l'extinction de la galaxie hôte. Ce type d'étude est essentiel pour confirmer l'utilisation des supernovæ lointaines comme chandelles cosmologiques standards, l'environnement de l'univers lointain étant sensiblement différent de celui des galaxies plus proches.

Galaxies ratées

Les simulations numériques montrent que des galaxies comme la Voie Lactée doivent être entourées de milliers de nuages de matière noire. On ne compte cependant que quelques dizaines de petites galaxies satellites autour de notre Galaxie. La chaleur dégagée par les premières étoiles et les trous noirs empêcherait la plupart de ces nuages de former des galaxies.

Les modèles sophistiqués de l'évolution de notre Galaxie montrent de façon réaliste (video) la formation du système.



Un instant de la vie d'une galaxie selon les simulations numériques. Des courants de gaz froid (sombre) sillonnent un halo plus chaud.

(B. Moore, Oscar Agertz et Romain Teyssier/Université de Zurich)

Populations de pulsars gamma

Basé sur un communiqué de l'Observatoire de Paris

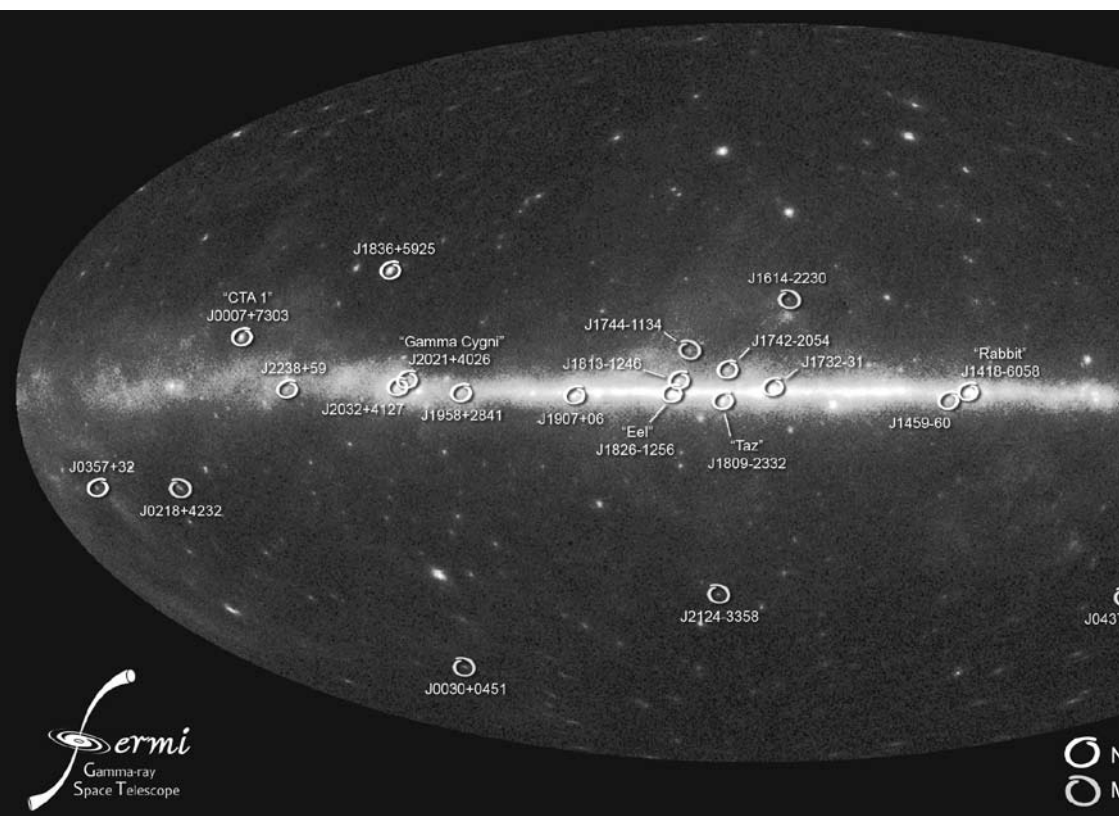
Les pulsars sont des étoiles à neutrons, résidus de l'explosion d'une grosse étoile d'une dizaine de fois la masse du Soleil... Grâce à leur rotation rapide (jusqu'à 800 tours par seconde), leur très fort champ magnétique (~ 1 013 gauss) accélère des particules chargées depuis la surface de l'étoile, ou depuis certaines cavités externes de sa magnétosphère, et produit deux faisceaux de rayonnement qui balaient l'espace comme des phares.

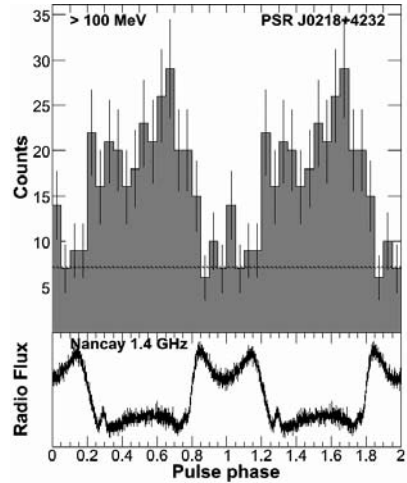
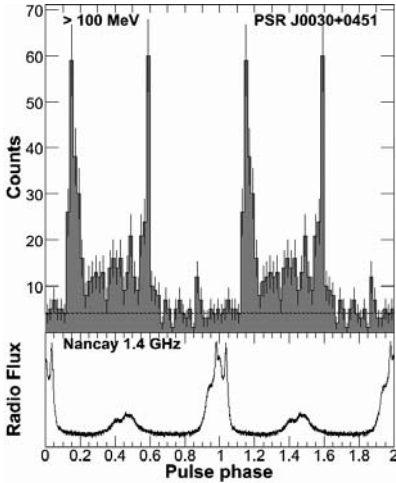
La géométrie de cette émission est complexe et son mécanisme encore mal connu. On dénombre aujourd'hui près de 1 800 pulsars radio. Il y a quelques mois encore on n'en connaissait que six émettant dans les hautes

énergies au voisinage du GeV, détectés par l'instrument EGRET du Compton Gamma Ray Observatory à la fin des années 90.

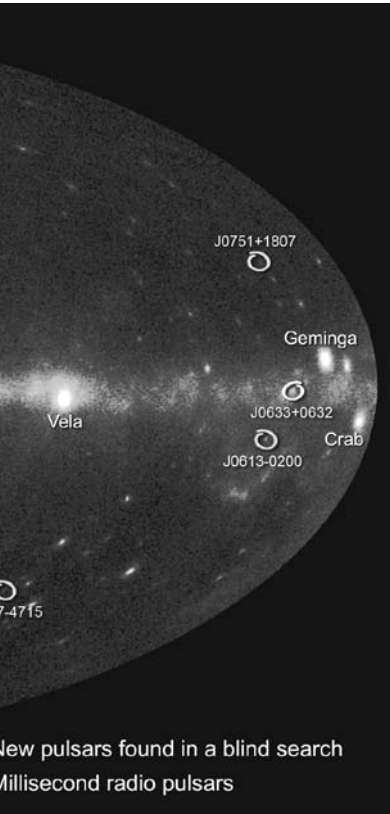
Le Large Area Telescope (LAT) à bord du satellite Fermi est en opération depuis août 2008, après un lancement réussi le 11 juin. Sa plus grande sensibilité a permis en seulement quelque mois de détecter plusieurs dizaines de pulsars, dont plus d'un tiers étaient encore inconnus. Ces nouvelles détections ont pour la plupart été le fruit d'une campagne de suivi multi-longueur d'onde, d'abord en radio, mais aussi en X pour certains candidats. Cette campagne d'observation a regroupé les efforts des

Distribution sur le ciel des pulsars détectés par Fermi en rayons gamma (NASA/DOE/Fermi LAT Collaboration)





Exemples de courbes de lumière pour deux des pulsars



New pulsars found in a blind search
Millisecond radio pulsars

équipes spécialistes des pulsars auprès des plus grands radiotélescopes mondiaux. La contre-partie X est quant à elle étudiée avec les satellites RXTE et XMM-Newton.

Le suivi radio et la production d'éphémérides sont indispensables à plus d'un titre. D'une part parce qu'ils permettent, en contrôlant les moindres variations de la rotation du pulsar, d'intégrer à la bonne phase rotationnelle les rares photons gamma qui nous parviennent (1 photon seulement capturé par le LAT pour 500 rotations du puissant pulsar gamma abrité par la nébuleuse du Crabe) et de mettre ainsi en valeur la pulsation gamma si elle existe. D'autre part, en comparant les phases absolues du signal en radio, en X et en gamma, et en analysant la forme du faisceau et la puissance reçue en fonction de la longueur d'onde, on peut mettre en évidence les mécanismes physiques à l'origine de l'émission. Plusieurs modèles ou scénarios ont coexisté en effet jusqu'à aujourd'hui pour expliquer cette émission phénoménale : les modèles dits de « calotte polaire » où les photons sont émis en cascades par des particules chargées arrachées de la surface, près des pôles de l'étoile, et les modèles dits de « cavité externe », où l'émission provient d'une altitude plus élevée aux abords du cylindre de lumière. Le rayon du cylindre de lumière est la distance au-delà de laquelle les lignes de champ magnétique sont

brisées par la rotation de l'étoile, la couche émettrice atteignant alors la vitesse de la lumière.

Ceux que l'on appelle les pulsars milliseconde forment une classe distincte d'objets, avec des périodes de rotation extrêmement courtes atteignant 1 à 2 ms par tour seulement pour les plus rapides, un champ magnétique faible (une centaine de gauss quand même !) et une perte d'énergie par freinage relativement limitée. Ils représentent moins de 10% de la population totale connue à ce jour, et on pense qu'il s'agit de pulsars vieux qui ont été ré-accélérés en dérobant de la matière, et donc du moment cinétique, à leur compagnon au sein d'un système binaire. Mis à part quelques rares cas, on pensait que pour les pulsars milliseconde, l'énergie disponible pour déclencher et alimenter une émission de haute énergie était en dessous d'un certain seuil prévu par les modèles, et donc qu'on ne les verrait pas en gamma. Or, avec 8 détections avérées, Fermi est en train de mettre en évidence toute une population de pulsars gamma parmi ces pulsars milliseconde. Tout comme les deux autres catégories détectées, les pulsars jeunes dits « normaux » à émission radio (plus de 20 objets), ou ceux qui ne sont connus qu'en gamma (16 objets), les pulsars milliseconde favorisent particulièrement les modèles où l'émission a lieu à haute altitude dans la magnétosphère externe du pulsar.

Comme annoncé, Fermi nous apporte donc la statistique suffisante en terme de population, pour comprendre et contraindre enfin les processus d'émission dans ces objets étranges que sont les étoiles à neutrons. Plus surprenant peut-être, il semble que les pulsars soient associés aux (ou même à l'origine des) phénomènes les plus violents dans notre Galaxie, et qu'ils puissent jouer un rôle essentiel dans l'équilibre énergétique et l'évolution à long terme de la Voie Lactée.

Ci-contre :

La nébuleuse de la Lyre M57 ou « nébuleuse de l'anneau » (« ring nebula ») perd son aspect si familier lorsqu'elle est photographiée de façon à révéler les faibles extensions normalement invisibles sur les photos traditionnelles. L'image, obtenue par Jean-Luc Mairlot, montre les deux premières de ces enveloppes externes et laisse deviner la troisième. Elle a été réalisée le 22/05/09 depuis La Fosse avec la ST10XME sur le CG11 à F/D 6,3.

7 poses de 10 minutes en Ha et 7 poses d'une minute en RGB. Toutes ces poses, en binning 2x2, ont été traitées par soustraction du dark suivie de la division par les flats. L'assemblage des couches a été réalisé sous Photoshop ainsi que le réglage des courbes et niveau. La finition a été réalisée sous PSP.

M20, la nébuleuse Trifide photographiée par Pierre Ponsard le 23 juin à La Fosse. Il s'agit de 31 poses de 2 minutes à 800 ISO. Canon 350D défiltre.

La nébuleuse brillante de gaz ionisé (nébuleuse à « émission ») est associée à un amas d'étoiles jeunes ou en formation. Les traînées obscures qui séparent les trois lobes de la nébuleuse sont d'épais nuages de poussières qui se profilent devant le gaz ionisé. Au-dessus de la nébuleuse principale on devine une lueur diffuse due aux poussières éclairées par les étoiles (nébuleuse à « réflexion »).