

# L'astronomie dans le monde



## L'anneau F de Saturne

Lorsque Voyager 1 avait observé Saturne en 1980 l'anneau extérieur de Saturne (désigné par la lettre F) était faiblard, mais parsemé de points brillants. Un quart de siècle plus tard, en 2004, ces granules avaient disparu mais l'anneau était deux fois plus brillant et trois fois plus large, comme si la matière s'était redistribuée tout au long.

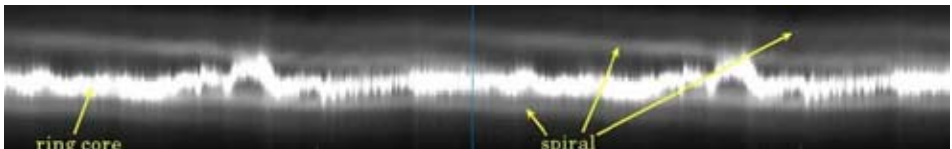
La structure de l'anneau est unique, et est en grande partie le fait de la présence de la petite lune Prométhée sur une orbite proche juste en deçà de l'anneau. L'excentricité de cette orbite amène tous les 17 ans Prométhée très près de l'anneau et lui permet de dérober à chaque fois un peu de matière.

Les variations de l'anneau F ne sont cependant pas aussi régulières et prévisibles. Ainsi il n'a pratiquement pas changé en cinq ans d'observation par Cassini, alors que Prométhée s'en approchait. En 1995 le télescope spatial Hubble avait vu des points brillants. Tout aussi curieusement, la sonde Voyager 2,



*La lune Prométhée, vue ici comme un mince croissant, parvient à siphonner un peu de matière de l'anneau F lorsqu'elle s'en approche tous les 17 ans. Le diamètre de Prométhée est de 150 km et lorsque cette image a été prise en 2004, elle se trouvait à 300 km de l'anneau. (Cassini/NASA)*

*L'anneau F a une structure étrange avec un cœur brillant et des filaments plus faibles qui semblent s'enrouler en spirale autour de lui. (NASA/JPL/Space Science Institute)*



neuf mois seulement après sa sœur, avait constaté un affaiblissement de l'anneau. Il y a donc des variations rapides qui se superposent à des changements dirigés par Prométhée.

En 2006 un point très brillant apparut qui mit plus de deux ans à s'atténuer. On découvrit vite le coupable, la petite lune S/2004S6 qui explosa comme une fusée d'artifice au milieu de l'anneau.

Les scientifiques tentent d'expliquer le comportement de l'anneau par plusieurs causes. Lorsque Prométhée s'en approche, les particules accélèrent, ce qui détruit les grumeaux. L'anneau devient alors plus brillant puisque la matière est mieux répartie. L'éloignement progressif de Prométhée permet aux grumeaux de se reconstituer comme de grosses boules de neige. Certaines de celles-ci peuvent s'écarter un peu de l'anneau sous l'influence de la gravité de Prométhée et elles explosent en retombant sur l'anneau.

## **Planètes rocheuses et zone habitable**

*Basé sur un communiqué ESO*

On savait déjà que les planètes sont omniprésentes dans notre galaxie, mais ce résultat avait été obtenu par une méthode qui ne permettait pas de détecter les super-Terres. L'instrument « chasseur de planètes » HARPS monté sur le télescope de 3,60 mètres de l'observatoire de La Silla de l'ESO a permis de montrer que les planètes un peu plus grosses que la Terre sont très communes dans la zone habitable autour d'étoiles rouges de faible luminosité.

HARPS mesure la vitesse radiale d'une étoile avec une précision extraordinaire. Une planète en orbite autour d'une étoile entraîne des mouvements réguliers et périodiques de celle-ci qui s'approche et s'éloigne d'un observateur situé sur Terre. À cause de l'effet Doppler, ce changement de vitesse radiale induit un décalage du spectre de l'étoile vers des longueurs d'onde plus grandes (redshift) lors de l'éloignement et un décalage vers les courtes longueurs d'onde (blueshift) lors de l'approche.

L'équipe internationale qui a conduit cette recherche sous la houlette du liégeois Xavier Bonfils estime qu'il y a des dizaines de milliards de planètes de ce type, rien que dans la Voie Lactée et probablement une certaine dans le voisinage immédiat du Soleil. Il s'agit là de la première mesure directe de la fréquence des super-Terres autour des naines rouges.

Ces étoiles sont appelées des naines M. C'est la plus froide des sept classes dans la classification simple OBAFGKM des étoiles par ordre décroissant de température selon l'apparence de leur spectre. Ces étoiles vivent très longtemps et représentent 80% de toutes les étoiles de la Voie Lactée.

Environ 40% de toutes les naines rouges ont une super-Terre en orbite dans leur zone habitable, là où l'eau liquide peut exister à la surface de la planète. Le fait que les naines rouges soient si communes – on en compte environ 160 milliards dans la Voie Lactée – conduit à l'étonnant résultat qu'il y a des dizaines de milliards de planètes de ce type rien que dans notre galaxie.

Durant six ans HARPS a sondé un échantillon de 102 naines rouges choisies avec soin dans le ciel austral. Au total neuf super-Terres (planètes dont la masse est comprise entre une et dix fois celle de la Terre) ont été trouvées, dont deux se trouvaient dans la zone habitable des étoiles Gliese 581 et Gliese 667 C. Les astronomes ont pu estimer la masse de ces planètes et leur distance par rapport à l'étoile autour de laquelle elles sont en orbite.

En combinant toutes les données, incluant les observations d'étoiles qui n'ont pas de planètes, on comprend à quel point il est commun de trouver différentes sortes de planètes autour des naines rouges. La fréquence des super-Terres dans la zone habitable s'établit entre 28% et 95%. Les planètes plus massives, semblables à Jupiter et à Saturne dans notre système solaire, se sont révélées être rares autour des naines rouges. Moins de 12% des naines rouges sont supposées avoir des planètes géantes (avec une masse comprise entre 100 et 1000 fois celle de la Terre).

Comme il y a beaucoup de naines rouges proches du Soleil, cette nouvelle estimation signifie qu'il y a probablement environ une centaine de super-Terres dans la zone habitable d'étoiles situées à moins de 30 années-lumière du Soleil.

La zone habitable autour des naines rouges, là où le niveau de température permet l'existence d'eau liquide à la surface, est bien plus proche de l'étoile que ne l'est la Terre du Soleil, mais les naines rouges sont connues pour être sujettes aux éruptions stellaires qui peuvent plonger la planète dans un flot de rayons X ou de radiation ultraviolette, rendant la vie moins probable dans cette zone.

Une des planètes découvertes dans le sondage des naines rouges d'HARPS est Gliese 667Cc. C'est la seconde planète de ce système d'étoiles triple et elle semble se trouver en plein dans la zone habitable. Bien que cette planète soit plus de quatre fois plus massive que la Terre, il s'agit de la plus proche sœur de la Terre trouvée à ce jour. Elle dispose très certainement des bonnes conditions

pour que de l'eau liquide existe à sa surface. C'est la seconde planète de type super-Terres découverte dans la zone habitable d'une naine rouge au cours de ce sondage d'HARPS, après Gliese 581d, dont la détection a été annoncée en 2007 et confirmée en 2009.

### ***Lentilles gravitationnelles***

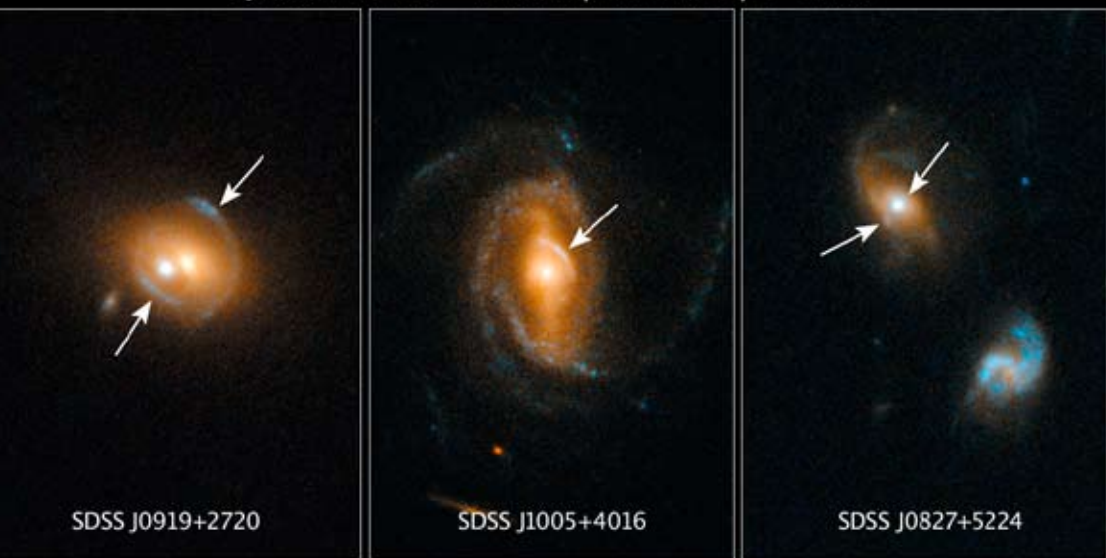
De nouveaux cas de lentilles gravitationnelles produites par des quasars ont été découverts grâce au survey spectral SDSS et au télescope spatial Hubble. Les quasars figurent parmi les objets les plus lumineux de l'univers, surpassant en brillance la somme de toutes les étoiles des galaxies qui les contiennent. Ils doivent cette puissance au trou noir supermassif qui réside au cœur des galaxies.

Pour trouver les rares cas de quasars agissant comme lentilles gravitationnelles, les astronomes en ont sélectionné 23 000 sur base

*Trois exemples de quasars produisant des images gravitationnelles de galaxies plus éloignées.*

*(NASA, ESA, Z. Levay, STScI)*

## **Quasar Lenses • Hubble Space Telescope • WFC3**



des spectres obtenus par le Sloan Digital Sky Survey (SDSS). Ils ont alors cherché dans ces spectres la signature de galaxies plus lointaines et donc de redshifts plus élevés. Une fois identifiés, les candidats ont été examinés avec le télescope spatial Hubble afin de trouver la trace distinctive d'images distordues en arcs ou anneaux, produites par l'effet de lentille.

L'intérêt de ces observations est de permettre d'estimer la masse des galaxies lentilles à partir de l'importance de la distorsion gravitationnelle. Une fois qu'un nombre appréciable de cas auront été analysés, il sera possible de comparer statistiquement les masses des galaxies avec et sans quasars.

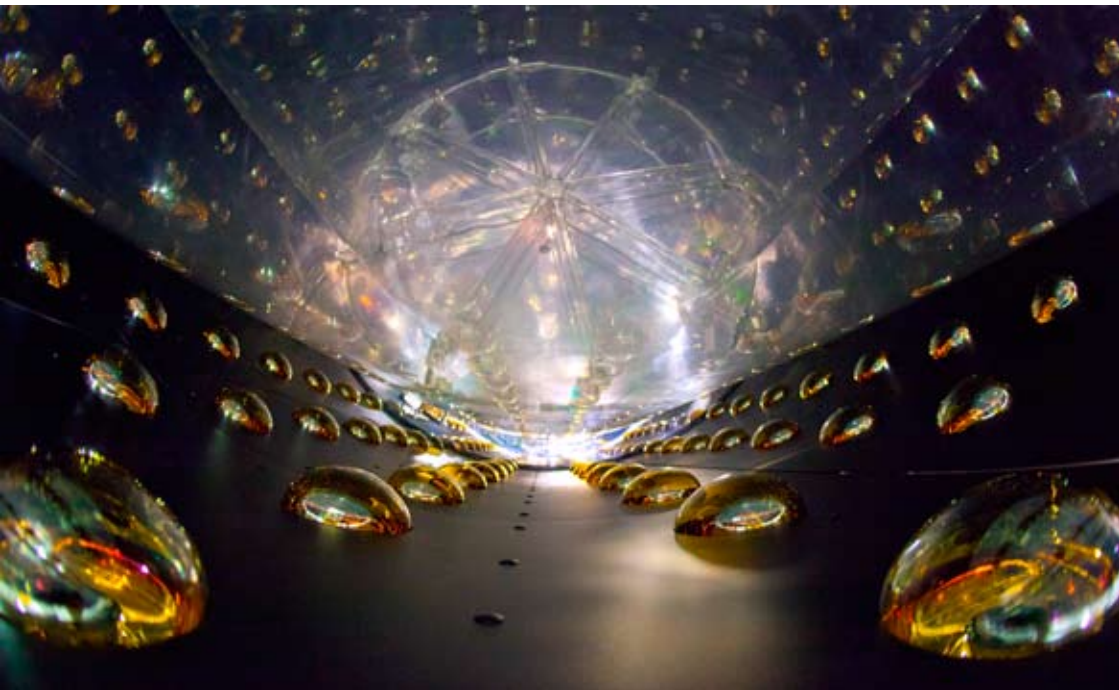
### ***Neutrinos volages***

Les expériences faites au Daya Bay Reactor Neutrino Experiment – en Chine, non loin de Hong Kong – ont permis de détecter et de mesurer pour la première fois la transformation du type de neutrino « électron » en

un autre type. Cette mesure représente un pas important dans la résolution de quelques-uns des grands mystères de l'univers, en particulier l'asymétrie entre matière et antimatière.

Les six détecteurs de l'expérience détectent les anti-neutrinos produits par le réacteur de Guangdong. Trois sont situés à 400 m du réacteur et les trois autres à 1700 m, ce qui permet de mettre en évidence les changements des particules. Les détecteurs éloignés détectent moins d'anti-neutrinos électrons car ceux-ci se transforment en anti-neutrinos « muon » ou « tau » qui ne sont pas observables.

*Vue intérieure d'un détecteur du Daya Bay Neutrino Experiment. Hall. Des rangées de tubes photomultiplicateurs détectent les interactions qui se manifestent par de petits éclairs lumineux. (Roy Kaltschmidt, Lawrence Berkeley National Laboratory)*





### **Compter les bulles**

L'inspection visuelle d'images du télescope spatial Spitzer a permis d'identifier 5 000 bulles dans la Voie Lactée témoignant de la présence de zones de formation stellaire. 35 000 volontaires ont participé à cette étude dans le cadre du « Milky Way Project ».

Les participants au projet ont à leur disposition une petite section de la gigantesque image infrarouge de la Voie Lactée créée par Spitzer. Ils cherchent et dessinent les bulles au moyen d'outils informatiques sophistiqués.

Toutes les images sont alors superposées afin de révéler les structures les mieux identifiées. Il faut qu'au moins cinq personnes imaginent une bulle pour que celle-ci soit considérée comme significative. Le catalogue final assigne une

*L'image de gauche est la section extraite de la base de données de Spitzer. Au centre les images des bulles telles qu'estimées par les participants ont été superposées. À droite, le résultat final tient compte de la fréquence des identifications pour ne retenir que les résultats les plus probables. (NASA/JPL-Caltech/Oxford University)*

brillance à la bulle en fonction de la proportion d'utilisateurs l'ayant identifiée. Après avoir épuisé un champ et extrait toutes les bulles et arcs, chaque participant peut s'attaquer à une autre des 12 263 sections.

## **BOSS**

La distance de centaines de milliers de galaxies lointaines – à mi-chemin du Big Bang – a été mesurée avec précision dans le cadre du projet BOSS. Ces données permettent de contraindre les paramètres cosmologiques et sont en accord avec un univers euclidien – plat – contenant un quart de matière noire, quelques pour cent de matière normale et le reste d'énergie noire. Le projet BOSS continuera jusqu'en 2014 et devra concerner quatre fois plus de galaxies.

Contrairement aux méthodes antérieures qui se basaient sur l'éclat des supernovæ pour déterminer la distance des galaxies lointaines, le projet BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey) utilise les dimensions apparentes des structures à grande échelle de l'univers traduisant la distribution des amas de galaxies en une toile complexe. La répartition de la matière « normale » (les baryons) est le résultat des ondes acoustiques qui traversaient l'univers quand il était encore si chaud que matière et lumière étaient intimement liées. 400 000 ans après le Big Bang, la matière s'est condensée en atomes et la lumière s'est libérée. La structure de l'univers à ce moment est inscrite comme des fluctuations de température dans ce rayonnement fossile – le fond cosmique à 3 K. L'observation de ce fond cosmique fournit l'échelle des oscillations baryoniques que l'on retrouve dans les étapes ultérieures de l'univers.

## **Kepler**

Soulagement chez les chercheurs de planètes, la mission Kepler est prolongée jusqu'en 2016. Les étoiles se révélant plus bruyantes que prévu, il n'était pas possible de réaliser le programme dans les délais impartis, 3 ans et demi.

Lancé en mars 2009, Kepler devait observer au minimum trois transits pour les planètes similaires à la nôtre, ce qui justifiait la durée de la mis-

sion. Mais les étoiles ont montré une tendance inattendue à varier de sorte que les transits sont plus difficiles à distinguer. Les quatre ans de rabiot arrachés par les astronomes ne seront pas un luxe pour assurer le succès de la mission.

Il faut reconnaître que le coût de telles extensions est faible comparé au prix de la sonde et que ce serait dommage de ne pas en profiter.

Kepler ne fournit pas que des brouettées d'exoplanètes. Il permet de caractériser les variations intrinsèques de nombreuses étoiles et, par la technique d'astérosismologie, de fouiller la structure interne et d'en déduire des masses et des dimensions, autant de données essentielles pour l'astrophysique et qui sont difficilement accessibles par d'autres moyens.

## **Tourbillon martien**

Un tourbillon de poussières de 20 km de hauteur a été observé sur Mars par la caméra HiRISE du Mars Reconnaissance Orbiter. La chaleur du solstice d'été est propice au déclenchement de tels phénomènes.

*Malgré sa hauteur de 20 km, ce tourbillon – vu du dessus par HiRISE – n'est pas plus large que 70 m. (NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona Animation)*



Les « dust devils » existent sur Terre aussi bien que sur Mars. Ce sont des colonnes d'air en rotation qui deviennent visibles lorsqu'elles entraînent de la poussière avec elles. Contrairement aux tornades ces tourbillons tendent à se former par ciel clair. L'air en contact avec le sol surchauffé s'élève rapidement et en rencontrant des poches froides il peut se mettre à tourner. Les dust devils martiens atteignent des dimensions beaucoup plus imposantes que leurs homologues terrestres par suite de la légèreté de l'air. Ils pourraient constituer un danger pour des missions martiennes mais, jusqu'à présent, ce fut plutôt une aubaine puisque ce sont eux qui ont à l'occasion nettoyé les panneaux solaires des rovers Opportunity et Spirit, revitalisant ainsi leur source d'énergie.

### ***Pointillés martiens***

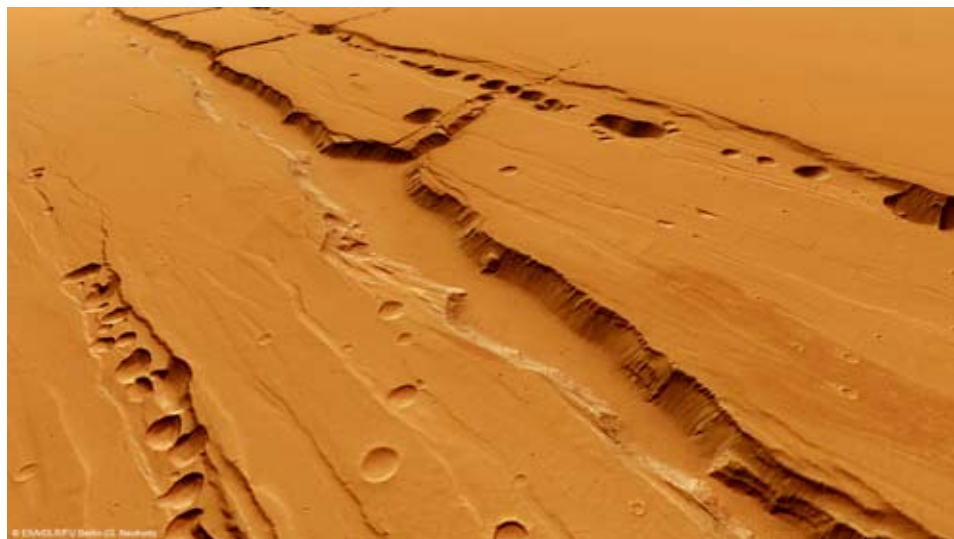
Les dernières images envoyées par la sonde Mars Express de l'ESA révèlent des séries d'alignements de cratères sur les pentes d'Alba Patera, l'un des grands volcans martiens de la région de Tharsis, plus exactement dans Tractus Catena. Les dépressions se sont formées le long de zones de fractures de la croûte martienne.



***Sur la Lune, Hadley Rille, un long canal sinueux de quelque 125 km, marque l'effondrement complet d'un vaste tunnel d'écoulement.***

***Vue en perspective de la région de Tractus Catena. L'image a été produite à partir de données obtenues par la caméra HRSC (High-Resolution Stereo Camera) de la sonde de l'ESA Mars Express. Les trous vus à l'arrière-plan laissent entrevoir les strates rocheuses des parois de chaque dépression.***

***(ESA/DLR/FU Berlin ; G. Neukum)***



Ces trous peuvent avoir diverses causes. Ils sont parfois d'origine volcanique. Un tube de lave se vide lorsque l'activité cesse et son toit finit par s'effondrer en certains endroits. On peut en voir des exemples récents à Hawaï sur les flancs du Kilauea. Sur la Lune, près du site d'Apollo 15, la vallée Hadley Rille est un effondrement beaucoup plus ancien et de bien plus grande ampleur.

Il peut y avoir une origine tectonique lorsque des tensions forment des dépressions allongées (grabens) où peuvent apparaître des trous.

Une autre cause est l'eau souterraine qui sur Terre forme des structures karstiques (cènotes, trous bleus, etc.).

On comprend que l'on s'intéresse de près à la nature des trous observés sur Mars. S'ils signalent des cavernes et de l'eau souterraine, l'éventualité de micro-organismes ayant survécu à l'environnement hostile de la Planète Rouge apparaît clairement. Et on imagine aussi l'utilisation de ces grottes comme abris pour des astronautes.

### **Bombardement**

Une nouvelle étude suggère que la vague massive de bombardement météoritique (LHB, Late heavy Bombardment) qu'a connue le système solaire il y a quatre milliards d'années n'est pas un événement ponctuel (cf news du 29 février). Le LHV aurait été précédé d'une longue période d'impacts constituant en quelque sorte le prolongement de la phase d'accrétion du système solaire. Cela expliquerait l'abondance des éléments sidérophiles (associés au fer) sur la Terre, la Lune, Mars et les astéroïdes.

### **Trous noirs voraces**

Les proies préférées des trous noirs supermassifs que l'on trouve au cœur des galaxies seraient les étoiles doubles. L'une des composantes se fait dévorer tandis que l'autre s'enfuit à toute vitesse. Cette idée a germé à la suite de la découverte des étoiles hypervéloces, ces astres qui semblent provenir du cœur de la Galaxie et dont la vitesse est si élevée qu'ils peuvent échapper à son attraction.

Au vu de la grande abondance des étoiles doubles – la moitié *grosso modo* – et de leurs mouvements, les astronomes ont pu estimer le taux de capture par le trou noir central et il semble tout à fait suffisant pour en expliquer la croissance rapide. La masse du trou noir a pu doubler ou quadrupler en cinq ou dix milliards d'années. Cette théorie s'accorde avec le nombre d'événements catastrophiques observés dans les galaxies et que l'on attribue à la capture d'une étoile par leur trou noir central.

Les trous noirs ont d'autres moyens pour grossir. Ils peuvent fusionner à la suite de collisions entre galaxies ou ils peuvent absorber simplement le gaz ambiant via un disque d'accrétion, mais ces processus apparaissent trop lents. Des travaux récents montrent que les trous noirs s'alimentent le plus efficacement lorsqu'ils sont entourés de plusieurs disques de matière inclinés les uns par rapport aux autres, mais il s'agit d'une situation qui n'est peut-être pas très courante.

### **Matière noire**

Si la matière noire est faite de WIMPS (weakly interacting massive particles), il faut que ces particules ne s'annihilent pas souvent avec leurs anti-particules.

Des observations du satellite Fermi effectuées avec le LAT (Large Area Telescope) ont porté sur les rayons gamma d'énergie située entre 200 millions et 100 milliards d'électronvolts en provenance de dix des galaxies naines satellites de la Galaxie. Aucun photon gamma n'a été détecté qui soit attribuable à l'annihilation de l'une des quatre particules considérées comme candidate WIMP.

Les galaxies naines ont été choisies car elles contiennent proportionnellement beaucoup plus de matière noire que les autres. Elles ont en fait peu d'étoiles et peu de zones de formations stellaires et ne contiennent pas d'objets exotiques comme les pulsars ou les restes de supernovae qui seraient susceptibles d'émettre des rayons gamma. Les dix qui ont été choisies l'ont été sur base de leur éloignement du plan de la Voie Lactée et donc des interférences possibles de sources galactiques.