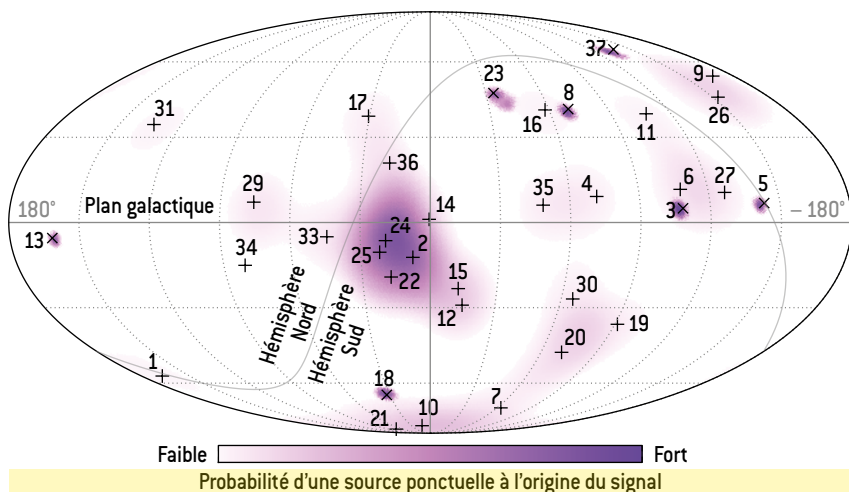




LA CARTE DES NEUTRINOS de haute énergie établie par *IceCube* répertorie la provenance des particules (qui sont numérotées). On note une accumulation de neutrinos proche du centre galactique. L'intensité de la couleur violette reflète la probabilité qu'une source ponctuelle soit à l'origine du signal. Certains neutrinos, très éloignés du plan galactique, sont originaires d'au-delà de la Voie lactée.

détecteur observe aussi des neutrinos produits localement par les rayons cosmiques, à raison de un toutes les six minutes. Ces neutrinos sont produits par l'interaction de rayons cosmiques avec des noyaux d'hydrogène ou d'oxygène de l'atmosphère terrestre. Mais parce qu'ils sont créés dans notre voisinage, ces neutrinos ne nous apprennent rien sur la nature des rayons cosmiques ou d'autres phénomènes astrophysiques. Nous devons donc filtrer ces importuns pour détecter les neutrinos cosmiques. L'expérience nous a appris à reconnaître les motifs lumineux produits par les neutrinos atmosphériques, et nous savons donc les ignorer.

Ainsi, nous pouvons être certains que les neutrinos dotés d'une énergie de l'ordre du PeV vus par *IceCube* proviennent des profondeurs du cosmos. Ils pourraient provenir des mêmes sources que les rayons cosmiques, comme nous l'avons vu, mais d'autres explications, plus exotiques, sont possibles. Comme le fait que les neutrinos soient liés à la matière noire, cette composante invisible et de nature inconnue qui constituerait plus de 80 % de toute la matière du cosmos. L'idée serait plausible si la matière noire était constituée de particules très lourdes ayant une durée de vie moyenne supérieure à l'âge actuel de l'Univers. Dans un tel scénario, les particules de matière noire pourraient de temps à autre se désintégrer et produire les neutrinos énergétiques que nous observons. Il est donc crucial de traquer la source des neutrinos pour tester les diverses hypothèses.

BIBLIOGRAPHIE

S. Adrián-Martínez *et al.*, First combined search for neutrino point-sources in the Southern hemisphere with the *Antares* and *IceCube* neutrino telescopes, soumis à *ApJ*, en ligne, arXiv:1511.02149, 2015.

M. G. Aartsen *et al.*, Observation of high-energy astrophysical neutrinos in three years of *IceCube* data, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 113, n° 10, article n° 101101, 2014.

G. Gelmini *et al.*, Des neutrinos pour mieux voir, *Pour la Science*, n° 394, août 2010.

Avant la découverte des neutrinos dans la gamme du PeV, la recherche de neutrinos cosmiques par *IceCube* s'était presque exclusivement cantonnée à l'une des trois saveurs de neutrinos : les neutrinos muoniques (les deux autres étant les neutrinos électroniques et tauiques). Les physiciens s'attendent à ce que les neutrinos cosmiques soient à peu près également répartis entre les trois saveurs au moment où ils arrivent sur Terre, mais certains sont plus faciles à repérer à cause du signal qu'ils produisent dans notre détecteur.

Nous avons initialement optimisé *IceCube* pour traquer les neutrinos muoniques ; en percutant des atomes, ces particules produisent des traînées lumineuses de 1 kilomètre de long, qui traversent une grande partie du détecteur. Cette technique nous permet en quelque sorte de rendre notre zone de « collecte » des neutrinos plus grande que le volume réel du détecteur, en l'étendant à des neutrinos qui interagissent un peu en dehors du dispositif. Mais elle ouvre aussi la porte à une plus grande contamination de particules autres que les neutrinos cosmiques, et nous devons prendre des mesures supplémentaires pour filtrer ce fond.

Des neutrinos jamais détectés

Nous nous sommes aussi intéressés à une tout autre classe de neutrinos d'énergie extrêmement élevée, les neutrinos dits de Greisen-Zatsepin-Kuzmin (GZK), qui se forment lors de l'interaction de rayons cosmiques avec des photons du fond diffus cosmologique, un vestige du Big Bang. De tels neutrinos auraient des énergies dans la plage des exaélectronvolts ($1 \text{ EeV} = 10^{18} \text{ eV}$). Cette seconde étude se recentrait sur une région plus limitée d'*IceCube*, à savoir la partie centrale du détecteur (environ la moitié du volume total), ce qui laissait moins de place à la contamination. Le grand avantage de confiner la recherche de cette manière est que le détecteur peut mesurer l'énergie complète déposée par chaque neutrino dans la glace avec une exactitude de 10 à 15 %, ce qui est nettement mieux que les mesures que nous pouvons faire sur les neutrinos interagissant à l'extérieur du détecteur. Nous pouvons aussi identifier les neutrinos des trois saveurs plutôt que restreindre la recherche à la variété muonique.

Depuis la découverte d'Ernie et de Bert, nous avons appliqué les deux méthodes