



Edité par le Club Astronomique M 51 de Divonne-les-Bains

Un trou noir massif à l'origine des neutrinos cosmiques

D'où viennent les rayons cosmiques? Et comment leurs particules sont-elles accélérées jusqu'à des niveaux d'énergie impossibles à reproduire sur Terre? Difficile de le savoir, tant ils sont affectés par les champs magnétiques qu'ils traversent en voyageant dans l'espace. Mais les sources qui les produisent émettent aussi des neutrinos de haute énergie, des particules «fantômes» sans charge et presque sans masse. L'un d'eux, de très haute énergie (environ 300 TeV) et détecté au pôle sud par l'observatoire IceCube, a permis de pointer un trou noir très massif comme source. Suite à l'annonce de la détection de ce neutrino par IceCube, un projet international réunissant plus de 300 scientifiques venus de 49 institutions dont l'Université de Genève (UNIGE), les observations menées par des télescopes à rayons gamma, sur Terre et en orbite, ont révélé un trou noir dans une phase active, dans une direction compatible avec le neutrino. En analysant les données historiques collectées par IceCube, une équipe de l'UNIGE a pu apporter une confirmation supplémentaire. Cette découverte fait l'objet de deux articles publiés par la revue Science.

(suite, voir page 3)

VOIR...PLUS LOIN !

Une fois n'est pas coutume !

On eût pu dire aussi « il n'est jamais trop tard pour bien faire ». En effet, de mémoire de membre, votre association préférée organise une soirée spéciale à l'occasion de la « nuit des étoiles » mise sur pied par l'AFA (Association Française d'Astronomie). Pourquoi la première fois? Parce que votre président, durant toutes ces années, s'est trouvé désespérément seul à cette période de l'année pour organiser une manifestation grand public. Mais, dès cette année et avec la présence de Christophe, les choses ont changé. Les idées fourmillent dans la tête de cet homme et il a le don de vous tirer en avant grâce à un enthousiasme sans faille. Comment ne pas suivre...à défaut de précéder.

Ainsi, le samedi 4 août prochain, le club astronomique M51 de Divonne sera présent sur le site de son observatoire et se fera un plaisir d'accueillir le public que l'on espère nombreux...à condition, bien sûr, que la météo ne vienne pas jouer les trouble-fête.

Notre grand défi, ce jour-là, sera de faire découvrir l'astronomie au plus grand nombre afin d'étoffer le nombre de nos adhérents. Il n'est nul besoin d'être astrophysicien pour être membre du Club astronomique M51 de Divonne-les-Bains. A bientôt.

M.A.S.

ILLUSTRE... ET POURTANT INCONNU !

Yvonne CHOQUET-BRUHAT (1923)

Nous croiriez-vous si nous vous disions qu'il est normal d'associer le nom de Choquet-Bruhat avec celui d'Einstein. Nous croiriez-vous encore si nous affirmions qu'Yvonne Choquet-Bruhat a rencontré le grand Albert Einstein. Et bien, vous avez raison de nous croire! Les deux affirmations sont parfaitement vraies. Née à Lille de parents enseignants, la philosophie du côté de sa mère, et la physique du côté de son père. Elle étudie à l'Ecole Normale Supérieure à Sèvres. Reçue première à l'agrégation de mathématiques en 1946 elle continue sa formation et obtient son doctorat en sciences avec sa thèse portant sur le « *Théorème d'existence pour certains systèmes d'équations aux dérivées partielles non linéaires* ». Après sa rencontre avec Einstein à Princeton, celui-là lui demanda d'expliquer sa thèse portant sur la relativité. Yvonne Choquet-Bruhat est surtout connue pour avoir apporté la première preuve mathématique de l'existence de solutions aux équations d'Einstein. Ses travaux sont utilisés pour les détecteurs d'ondes gravitationnelles. Excusez du peu! Cette femme hors normes a occupé de nombreux postes de professeur en France et jouit d'une retraite bien méritée tout en conservant un esprit ouvert et espiègle que bien des têtes plus jeunes pourraient lui envier.

Hélios

L'UNIVERS DES CITATIONS

Le savant n'est pas l'homme qui fournit de vraies réponses ; c'est celui qui pose les vraies questions.

(Claude Lévi-Strauss - 1908 - 2009)

Pour voir qu'il fait noir, on n'a pas besoin d'être une lumière. (Philippe Geluck - 1954)

La science a-t-elle promis le bonheur? Je ne le crois pas. Elle a promis la vérité, et la question est de savoir si l'on fera jamais du bonheur avec la vérité. (Emile Zola - 1840 - 1902)

J'ai remarqué que même les fatalistes regardent la route avant de traverser (Stephen Hawking - 1942 - 2018)

Que faire ? Que voir ? Que dire ?

Cette rubrique est ouverte à quiconque veut s'exprimer dans le Tourbillon. Deux contraintes toutefois : parler d'astronomie de près ou de loin et rester dans les limites de la courtoisie...

Etoiles et étoile

L'équipe française de football vient donc de remporter le trophée de la Coupe du monde pour la deuxième fois et permet donc aux joueurs sélectionnés en équipe nationale d'arborer un maillot surmonté de deux étoiles brodées, signe de deux victoires au Championnat du Monde ! Bravo donc à elle.

Les Helvètes, quant à eux, ont chuté bien avant la finale, et ne feront par conséquent pas broder d'étoile sur leurs maillots. Ils se consolent en se souvenant qu'en 1995, un astrophysicien suisse - Michel Mayor - a découvert une étoile avec une caractéristique ignorée jusque-là : elle possède une planète qui tourne autour d'elle ! Une belle performance aussi !...



Détecter facilement des planètes aux longues révolutions

Pour découvrir et s'assurer de la présence d'une planète autour d'une autre étoile que le Soleil, les astronomes attendent que celle-ci ait accompli trois révolutions. Cette technique, très efficace, a toutefois ses inconvénients puisqu'elle ne permet de confirmer que la présence de planètes aux périodes de révolution relativement courtes (de quelques jours à quelques mois). Pour pallier cet obstacle, une équipe d'astronomes dirigée par l'Université de Genève (UNIGE) vient de mettre au point une méthode qui permet de s'assurer de la présence d'une planète en quelques mois, même si celle-ci met 10 ans pour faire le tour de son étoile. Une technique à découvrir dans la revue *Astronomy & Astrophysics*.

La découverte d'exoplanètes se fait dans plus de 99% des cas par des méthodes indirectes, soit celle des vitesses radiales, soit celle des transits. La méthode des transits, qui consiste à repérer une baisse de luminosité de l'étoile hôte lors du passage de la planète devant elle, souffre cependant d'une limitation. Puisqu'il faut attendre au moins trois passages devant l'étoile pour confirmer l'existence d'une planète, elle ne permet pour le moment que de repérer des planètes à assez courtes période de révolution, typiquement de quelques jours à quelques mois. Il faudrait effectivement attendre plus de 30 ans pour détecter à coup sûr une planète comme Jupiter (qui prend 11 ans pour faire le tour du Soleil).

Pour surmonter cet obstacle, une équipe d'astronomes dirigée par Helen Giles, chercheuse au Département d'astronomie de la Faculté des sciences de l'UNIGE et membre du PRN PlanetS, a mis au point une méthode originale. En analysant les données du satellite Kepler, elle s'est ren-

due compte que certaines étoiles montraient une baisse de luminosité temporaire significative, signature d'un possible transit, ou en d'autres termes d'un passage d'une planète devant l'étoile en question. «Il a quand même fallu analyser à l'œil des centaines de courbes de lumière pour en choisir une où le transit se distinguait sans équivoque», explique l'astronome.

Helen Giles s'est alors intéressée à l'étoile EPIC248847494, une sous-géante située à 1500 années-lumière de la Terre. L'astronome genevoise a dans un premier temps consulté les données du satellite Gaïa pour connaître le diamètre et la distance de l'étoile. Sachant que sa baisse de luminosité indique un transit de 53 heures, elle détecte une planète située à 4.5 fois la distance Terre-Soleil et mettant, par conséquent, à peu près 10 ans pour en faire le tour. La question qui lui restait encore à résoudre était de savoir s'il s'agissait bien d'une planète et non d'une étoile. C'est le télescope Euler de l'UNIGE au Chili qui allait lui donner la réponse. En effet, en mesurant la vitesse radiale de l'étoile, qui permet de déduire la masse de la planète, elle a pu montrer que la masse de l'objet est inférieure à 13 fois celle de Jupiter, soit largement inférieure à la masse minimum d'une étoile qui est de 80 fois supérieure à celle de Jupiter.

«Cette technique pourrait donc être utilisée pour chasser des planètes Terre habitables», s'enthousiasme Helen Giles. «On a déjà trouvé des Terres, mais autour d'étoiles naines rouges dont on ne connaît pas exactement le rayonnement et ses conséquences sur la vie». Avec sa méthode, il ne sera plus nécessaire d'attendre des années pour savoir si le transit détecté est bien dû à la présence d'une planète. «On pourrait même voir si la planète possède une ou plusieurs lunes, à l'image de notre Jupiter», conclut la chercheuse.

Communiqué Uni-Genève - 17.07.2018

vous informe

☺ L'exposition "Le sentier du temps" éditée par notre association sera présentée en septembre prochain dans un Etablissement pour personnes âgées à Ornex/Ferney-Voltaire. Il est prévu un vernissage. Rappelons que le sentier du temps illustre les grandes étapes de l'Univers depuis son origine il y a environ 14 milliards d'années ramenées à une durée de 1 an.

☺ Le Forum des associations de Divonne-les-Bains aura lieu le dimanche 2 septembre de 9h. À 14h. Le club astronomique M51 y tiendra un stand afin de se faire (encore mieux) connaître. La manifestation a lieu au Gymnase. Merci à nos membres de noter cette date dans leurs agendas.

☺ Cette année - une fois n'est pas coutume - le club astronomique M51 met sur pied sa première "nuit des étoiles". Le programme peut être vu sur le site internet du club. Tout cela aura lieu le samedi 4 août prochain sur le site de l'observatoire, Chemin de Longuève. Parlez-en abondamment autour de vous. Bienvenue au plus large public !

☺ Nous avons prévu de faire une soirée observation le vendredi 13 juillet car la période semblait favorable - exception faite peut-être de la chaleur et de la turbulence qui en résulte - pour passer un bon moment. Hélas, le ciel a commencé à se couvrir vers 19h30, se redécouvrir partiellement un peu plus tard - aurait-on un peu de chance quand même ? - pour finalement se couvrir suffisamment pour empêcher toute possibilité d'observation digne du nom. Ce n'est que partie remise !

☺ Votre président rappelle que nous cherchons quelque aide pour mettre en place la soirée du 4 août. Il s'agira, ce jour là, d'amener les instruments depuis notre local et divers travaux pour que tout soit en place dès 19h. pour accueillir le public. En espérant toutefois que la météo ne vienne pas une fois encore se moquer de nous

M.A.S

Le 22 septembre 2017, l'observatoire de neutrinos IceCube, un gigantesque détecteur d'un kilomètre cube enfoui sous les glaces du pôle sud à la station Amundsen-Scott, détectait la collision d'un neutrino de haute énergie avec un noyau atomique. «Un seul sur les millions qui ont dû atteindre la surface de l'Antarctique ce jour-là, tant ces particules sans charge, presque sans masse, indifférentes aux champs magnétiques et presque sans interactions avec la matière, sont difficiles à observer», explique Teresa Montaruli, professeure au Département de physique nucléaire et corpusculaire de la Faculté des sciences de l'UNIGE et membre de l'expérience IceCube. L'événement est aussitôt partagé avec la communauté des astronomes et leurs batteries de télescopes, sur Terre et en orbite, dans l'espoir de résoudre une des plus anciennes énigmes de l'Univers: d'où viennent les rayons cosmiques - détectés pour la première fois par les physiciens austro-américain Victor Hess et suisse Albert Gockel il y a plus d'un siècle - et les particules de haute énergie qui nous arrivent continuellement de l'espace? Et par quoi sont-ils engendrés?

Une forte éruption de rayons gamma

En croisant les données d'IceCube avec celles des observatoires de rayons gamma, les télescopes spatiaux Fermi et AGILE et le Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov Telescope (MAGIC) dans les îles Canaries, auxquels participe également l'ETHZ, les chercheurs ont pu identifier la source du neutrino détecté le 22 septembre. C'est un objet de type «blazar», un trou noir très massif et en rotation rapide situé au centre d'une galaxie spirale avec son jet de particules en direction de la Terre. Il se trouve à environ 4 milliards d'années-lumière de la Terre et est connu par les astronomes sous le nom de TXS 0506+056. Concrètement, le télescope spatial Fermi et AGILE ont identifié une forte éruption de rayons gamma à la date et dans la direction de la source indiquée par le neutrino. Un suivi ultérieur par MAGIC a détecté des rayons gamma d'énergies encore plus élevées. Des scientifiques du Département d'astronomie de la Faculté des sciences de l'UNIGE, qui participent à l'expérience INTÉGRAL, ont également mené des observations également reprises dans Science.

L'ère de l'astrophysique multi-messagers

La seule observation des rayons cosmiques n'aurait pas suffi à identifier cette source : constitués de particules chargées, les rayons cosmiques sont affectés par les champs magnétiques qu'ils traversent, déformant leur trajectoire et interdisant de remonter à leur origine. Mais les accélérateurs cosmiques qui les produisent engendrent aussi des rayons gamma et des neutrinos de haute énergie qui voyagent à travers l'espace sans subir la moindre influence et offrent aux scientifiques un pointeur presque direct vers leur source. «En combinant observation des neutrinos et des rayons gamma, nous entrons dans l'ère de l'astrophysique multi-messagers», s'enthousiasme Teresa Montaruli. Les observations menées ont aussi été corroborées par d'autres instruments, y compris des télescopes optiques et des radio-télescopes. Ces observations font de TXS 056+056 l'une des sources les plus lumineuses de l'univers

connu, un véritable «moteur cosmique» suffisamment puissant pour accélérer les rayons cosmiques et produire les neutrinos de haute énergie qui leur sont associés. Les rayons cosmiques sont les particules les plus énergétiques jamais observées, une énergie jusqu'à cent millions de fois supérieures à celles des particules du LHC au CERN, le plus puissant accélérateur de particules d'origine humaine. Comprendre comment elles sont créées intéresse donc non seulement l'astronomie, mais aussi la physique des particules et des plasmas.

Une confirmation par l'analyse statistique

Le groupe de Teresa Montaruli a mené une analyse statistique des données historiques collectées par IceCube et a découvert qu'une douzaine de neutrinos de haute énergie, détectés à la fin de 2014 et au début de 2015, coïncidaient avec le même blazar. Cette analyse s'appuie sur la thèse de doctorat défendue à Genève par Asen Christov et sur les travaux subséquents menés par Imen Al Samarai, postdoctorante au Département de physique nucléaire et corpusculaire de l'UNIGE et correspondant author de l'un des deux articles publiés par Science.

L'observation d'un excès de neutrinos en 2014-2015 par rapport au bruit de fond dû aux neutrinos atmosphériques est une confirmation indépendante qui renforce considérablement l'hypothèse selon laquelle TXS 0506+056 est le premier accélérateur connu des neutrinos et des rayons cosmiques de haute énergie. «Les preuves de l'observation de la première source connue de neutrinos à haute énergie et de rayons cosmiques sont convaincantes», affirme Francis Halzen, professeur de physique à l'Université du Wisconsin-Madison et responsable scientifique de l'observatoire IceCube Neutrino. «De telles percées ne sont possibles que si l'on s'engage à long terme dans la recherche fondamentale» souligne pour sa part France Córdova, directrice de la National Science Foundation (NSF) qui soutient l'observatoire IceCube et la IceCube Collaboration, une équipe internationale comptant plus de 300 scientifiques venus de 49 institutions dans 12 pays différents.

Le plus grand détecteur au monde

La détection des neutrinos de haute énergie nécessite un détecteur de particules imposant et IceCube est, en volume, le plus grand au monde. Encapsulant un kilomètre cube de glace vierge à une profondeur d'un mile sous la surface du pôle Sud, il est composé de plus de 5 000 capteurs de lumière disposés en grille. Lorsqu'un neutrino interagit avec le noyau d'un atome, il produit une particule chargée qui, à son tour, génère un cône caractéristique de lumière bleue capté par IceCube et cartographié à travers la grille du détecteur. Parce que la particule chargée et la lumière qu'elle génère préservent la direction du neutrino, elles donnent aux scientifiques un chemin à suivre jusqu'à sa source. IceCube surveille en permanence le ciel, y compris à travers la Terre jusqu'à l'hémisphère Nord, et détecte un neutrino toutes les quelques minutes. La plupart des neutrinos qu'il détecte sont cependant de faible énergie, créés par des phénomènes plus courants, comme les averses de particules subatomiques provenant de particules de rayons cosmiques qui heurtent des noyaux atomiques