

SOUS LA NEIGE, LA CHASSE AU NEUTRINO EST OUVERTE

Publié le 11 juillet 2017



Gwenhaël de Wasseige, de l'[Institut Interuniversitaire des Hautes Energies](#) (IIHE / ULB-VUB), s'est rendu cet été (austral) au Pôle Sud. Le but de son voyage? Installer un système capable de mesurer le manteau neigeux et d'en apprendre plus sur les neutrinos, des particules fantomatiques qui recèlent de précieuses informations sur l'Univers. Une mission qui prenait place dans le cadre du projet international IceCube, auquel participe la Belgique.

« Aller au Pôle Sud était un rêve, explique [Gwenhaël de Wasseige](#). Pour pouvoir y accéder, j'ai proposé de développer un système pour mesurer l'épaisseur de la couche de neige au-dessus des détecteurs de surface d'IceCube. »

IceCube est piloté par le scientifique belge Francis Halzen, désormais à l'[Université du Wisconsin à Madison](#). Un projet international de grande ampleur auquel 12 pays y participent. Parmi ceux-ci : la Belgique, troisième contributeur derrière les Etats-Unis et l'Allemagne. « Nous y sommes donc bien représentés » ajoute Gwenhaël de Wasseige. Le but d'IceCube ? Détecter des neutrinos, des particules peu massives, aux interactions rares avec la matière.

Suivre la lumière bleue

« Chaque seconde, des milliards de neutrinos traversent notre corps, et même la Terre avant de poursuivre leur route dans l'espace intersidéral, peu gênés par la présence d'étoiles ou de nuage de gaz. Malgré leur nombre, les détecter n'est pas si simple. « La glace située à 2 kilomètres en dessous de la surface du Pôle Sud est très pure et nous permet de détecter des interactions de neutrinos. De la même manière qu'il y a un 'bang' lorsqu'un avion franchit le mur du son, si un neutrino entre en interaction avec la glace, elle émet une lumière bleue. »

Cette lumière bleue est produite par un électron ou un muon provenant de l'interaction du neutrino avec la glace. Pourquoi installer IceCube au Pôle Sud? Parce qu'il offre un avantage de taille : la pureté de sa glace permet à la lumière de se propager sur de grandes distances. Pour l'instant, IceCube couvre un volume d'un kilomètre cube, mais son successeur pourrait s'étendre sur près de 10 kilomètres cubes !»

80 détecteurs pour un seul homme

IceCube détecte les neutrinos, mais étudie également les rayons cosmiques, grâce à IceTop, le détecteur en surface. Pour mesurer précisément ces rayons cosmiques, il faut « connaître la couche de neige qu'il y a au-dessus du détecteur. Même s'il ne neige presque pas au Pôle Sud, le vent déplace la neige et modifie la couche recouvrant le détecteur».

Trois fois par an, un membre de l'équipe scientifique part mesurer manuellement cette épaisseur de neige au-dessus des 80 détecteurs d'IceTop. « L'idée, qui m'a octroyé le sésame pour le Pôle Sud, est d'utiliser des senseurs de neige identiques à ceux des stations de ski », précise la scientifique de l'IIHE.

La jeune chercheuse a donc installé ses capteurs de neige et a pris diverses mesures. « La couche de neige doit idéalement être mesurée chaque jour, car son épaisseur nous permet de corriger les données que nous recevons pour avoir des résultats valables. J'ai comparé les mesures du senseur avec la technique manuelle traditionnelle et les résultats sont équivalents. Ma méthode offre même une mesure plus précise. De surcroît, nous pensons désormais à automatiser ce processus assez fastidieux. »

Des conditions de travail difficiles

La vie n'est pas toujours simple au Pôle Sud. « En janvier, il fait -25 degrés et il ne fait jamais nuit. Avec l'équipement disponible, le froid n'est pas un si grand problème en été. On a peu d'internet car les satellites passent rarement au-dessus et on a droit à seulement deux douches de deux minutes par semaine ». Néanmoins, l'endroit est confortable. « Et surtout, je pouvais y faire de la physique ».

La station n'est accessible qu'en été, soit l'hiver chez nous, en raison des conditions climatiques plus clémentes. « Depuis fin février, la station est fermée, il ne reste que 46 personnes sur place, dont deux membres d'IceCube. Aucun avion ne peut s'y poser avant octobre à cause des conditions climatiques ».

Une discipline complémentaire

Les neutrinos mesurés par IceCube sont au cœur de la thèse de doctorat de Gwenhaël de Wasseige. « Si on observe l'Univers, on s'imagine tout de suite qu'on observe la lumière qui provient

des étoiles ou des galaxies. Mais un photon peut être arrêté, par un nuage de gaz par exemple, et nous ne verrons rien depuis la Terre. Il existe donc d'autres types de mesure pour observer et comprendre un événement ou un objet de l'Univers, comme les radiotélescopes ou les ondes gravitationnelles, ainsi que les neutrinos. »

La combinaison de types d'observations différentes représente un enjeu clé. « Il s'agit de l'avenir de l'astrophysique : plusieurs disciplines cherchent un bout de la solution afin d'avoir une image complète des questions que les astrophysiciens se posent ». Les premiers instants du Big Bang ou l'environnement direct d'un trou noir en sont quelques-uns.

Des réponses à certaines grandes questions

« L'Univers regorge d'événements extrêmement énergétiques, le type d'événements qui produit justement des neutrinos. IceCube cherche donc à identifier et localiser ces événements à partir des données récoltées. Parfois, nous cherchons aussi des neutrinos là où on n'en attend pas : dans le cas de trous noirs par exemple. Le [Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory](#) ou Ligo a annoncé il y a un an la première détection directe d'ondes gravitationnelles. Lorsque l'espace-temps est déformé par une fusion de trous noirs, il peut se produire une telle onde.

S'il n'y a à priori pas de matière autour du trou noir, détecter un neutrino provenant de cette direction en même temps que des ondes gravitationnelles permettrait de définir s'il est en train d'accréter de la matière».

La thèse de Gwenhaël de Wasseige s'intéresse « à des neutrinos peu énergétiques qui proviennent des éruptions solaires, plus énergétiques que les neutrinos produits par des supernovas, mais beaucoup moins que ceux pour lequel IceCube a initialement été construit.

Dans les années 1980, on a eu la première observation potentielle d'une corrélation entre une éruption solaire et la détection de neutrino grâce à un observatoire aux Etats-Unis. Les Japonais, qui avaient également un détecteur de neutrinos à cette époque, n'ont jamais pu confirmer les résultats américains. « Avec ma thèse, j'espère pouvoir démontrer de manière définitive cette corrélation », indique la doctorante.