

REPORTAGE

DAVID LABOUSSE  
LA-SEYNE-SUR-MER (VAR) — envoyé spécial

**N'**oubliez pas votre maillot de bain ! », lance Antoine Kouchner, enseignant-chercheur en physique au laboratoire AstroParticule et cosmologie à l'université Paris-Diderot. Le lendemain, à plus de 800 kilomètres de Paris, devant le soleil et ses reflets dans l'eau, un regret pointe de ne pas avoir suivi ce conseil.

À la fenêtre de l'antenne varoise, à La Seyne-sur-Mer (Var), les yeux se plissent devant une baie paisible à l'eau transparente et scintillante. À gauche, des navires de guerre mouillés dans la rade de Toulon. À droite, la petite colline de Saint-Mandrier-sur-Mer obstrue la perspective vers la presqu'île de Giens. En face, seule l'étroite route de la corniche Georges-Pompidou sépare le laboratoire de la Méditerranée. Au bord du bitume, des pêcheurs surveillent distraitement leurs lignes.

Tout comme ces physiciens, au frais et à l'abri dans leur salle de contrôle climatisée. Ils guettent en effet le passage de particules élémentaires grâce à douze lignes « de pêche » installées au large, à plus de 40 kilomètres, vers le sud, fixées à 2 500 mètres de fond, et longues de 450 mètres. Accrochés à ces câbles, 900 gros « yeux » globuleux de 40 centimètres de diamètre enregistrent la moindre lumière déchirant le noir profond des abysses. L'étrange dispositif, baptisé Antares, est en fait un télescope d'un genre très particulier.

Il n'en existe que trois au monde, installés dans des endroits également atypiques : par les Russes, au fond du lac Baïkal (Baïkal), et par les États-Unis, au pôle Sud (IceCube). Antares, le télescope des 25 laboratoires européens, a été terminé en mai 2008, comme en témoignent l'étiquette d'une bouteille de champagne conservée sur une étagère de la salle. Le but de ces télescopes est de capter des particules extraterrestres parmi les plus insaisissables qui soient, les neutrinos. Ceux-ci sont très légers, sans charge électrique et n'interagissent que très peu avec la matière. Si bien que ceux produits par le Soleil nous traversent tout droit depuis leur source, sans encombre, à raison de 65 milliards par seconde et par centimètre carré. Leur intérêt est multiple pour de nombreux physiciens et, dans le cas d'Antares, l'espoir est de capter les plus énergétiques d'entre eux issus de notre galaxie, voire au-delà. Ces messages pourraient provenir d'explosions d'étoiles, de noyaux actifs de galaxies, du voisinage de trous noirs massifs tapis au cœur des galaxies... « Nous ouvrons une nouvelle fenêtre astronomique grâce à ces instruments », décrit Antoine Kouchner, l'actuel responsable de l'instrument. Car la plupart des autres télescopes s'intéressent aux ondes électromagnétiques (visibles, rayons X, infrarouges...), mais pas à ces particules.

Il faut dire qu'elles sont particulièrement retorses à se faire prendre. Antares, Baïkal ou IceCube utilisent en fait la croûte terrestre comme cochonnet géant. En tapant un atome de la matière terrestre (événement rare mais qui arrive !), la « boule de pétanque » neutrino se transforme notamment en une autre particule, le muon, qui file lui aussi tout droit et à grande vitesse. Si vite, c'est-à-dire plus que la lumière dans l'eau, que tel une onde de choc faisant « bang » dans le ciel au passage d'un avion supersonique, le muon crée un halo bleuté aux fonds des abysses, aussitôt enregistré par les gros yeux fixés le long des câbles.

Sur l'un des écrans de contrôle, Paschal Coyle, du Centre de physique des particules de Marseille (CNRS/Aix-Marseille), ancien responsable d'Antares, pointe un tel événement, une trace qui a fait dessiller plusieurs des capteurs lumineux. « Ce n'est pas si intéressant car celui-là vient d'en haut » et pas d'"en bas", explique le spécialiste, un peu énigmatique. En fait, ce neutrino-là, un peu faiblard côté énergie, est entré en collision avec des atomes non pas de la croûte terrestre mais de l'atmosphère. Les physiciens en ont « pêché » environ 10 000 depuis 2008, mais ce n'est pas ceux qu'ils recherchent le plus.

La pêche a été meilleure au pôle Sud, où en 2014, les Américains ont annoncé avoir vu les premiers neutrinos de haute énergie, ces messages des événements cosmiques violents. Mais sans pouvoir déterminer exactement la source de ces particules, faute



Au large de La Seyne-sur-Mer (Var), « Yeux » d'Antares, parmi les 900 du télescope. LORETTA FABRE/CEA

# A la pêche aux insaisissables neutrinos

## 415 LABOS PIEDS DANS L'EAU

Grâce à ses lignes fixées à 2500 mètres de fond, le télescope Antares scrute la moindre lumière attestant le passage des neutrinos. Ces particules extraterrestres légères renseignent sur nos origines

d'avoir une précision suffisante. Celle-ci, les Européens l'ont. « Nous avons pu exclure que leurs neutrinos viennent du centre de notre galaxie », se félicite Antoine Kouchner.

Soudain, sur l'écran, un autre pic de lumière apparaît. « Ce n'est pas un neutrino, lâche sobrement Paschal Coyle, ce sont des animaux marins. » Les yeux d'Antares sont ainsi sensibles à d'autres feux d'artifice, ceux liés à la bioluminescence des bactéries en groupe, voire collées sur des méduses. « La première fois que l'on a vu ces flashes, on s'est dit "zut" !, l'endroit n'est pas assez sombre, la lumière du Soleil passe au fond », se souvient Paschal Coyle. L'anecdote est à l'origine d'une collaboration avec des biologistes pour comprendre ce « bruit de fond » qui embête les physiciens mais ravit leurs confrères des sciences du vivant.

Grâce à ces signaux, les biologistes vont suivre l'évolution et la position de la biomasse. Très vite, d'autres capteurs, sur une ligne dédiée, ont été ajoutés pour mesurer en continu les quantités d'oxygène, de CO<sub>2</sub>, la température, la salinité... Les 40 kilomètres de fibres optiques qui rapatrient les informations sur les neutrinos servent aussi à rapporter ces précieuses données. « Le métier change. Nous sommes passés d'une océanographie avec des seaux et des prélèvements à une science plus moderne, "instrumentée", qui fournit des informations sur des temps longs et en continu », souligne Dominique Lefèvre, directeur de recherche du CNRS à l'Institut méditerranéen d'océanologie. Devant tant de données, nous sommes comme des enfants, les yeux écarquillés. Les physiciens sont habitués à traiter ces masses d'informations, pas nous. La collaboration est donc fructueuse. »

« Il a parfois fallu du temps pour résoudre les questions de communication entre les communautés. Les biologistes utilisent des mots que nous ne connaissons pas, comme "pélagique" », sourit Paschal Coyle. Récemment, un article de *PLoS One*, récompensé du prix du magazine *La Recherche*, en 2014, a été cosigné par des chercheurs des deux disciplines. Il montrait la corrélation entre les efflorescences de bioluminescence vues par Antares au large de Toulon et des courants marins initiés plus à l'Ouest, dans le golfe du Lion, après deux ans et demi de surveillance. D'autres découvertes devraient suivre.

Autre bénéfice d'Antares, la détection des cachalots et des dauphins grâce à ses micro-

phones. Les courants marins ont en effet tendance à remuer les lignes, donc les détecteurs. Leur position exacte étant capitale pour la précision des mesures de trajectoire des particules, un système de radar acoustique sert à localiser le dispositif de détection en permanence. Or, ces microphones peuvent également enregistrer des sons venant d'ailleurs, en particulier ceux qu'émettent les grands mammifères marins. Le plasticien Loris Gréaud en a même tiré un court-métrage en 2012, *The Snorks : a Concert for Creatures*, avec Charlotte Rampling et David Lynch. Du hip-hop a été joué sous l'eau et les microphones ont enregistré la réaction du biotope... resté indifférent. « Un bon souvenir ! », lance Paschal Coyle.

Tout comme cette autre collaboration, plus scientifique : l'observation du régalec, le plus grand poisson osseux du monde (il peut mesurer jusqu'à dix mètres de long). C'est lors du dépôt des lignes en 2005 qu'un spécimen a été repéré, immobile pendant vingt minutes près du câble. Un phénomène très rare. « On aurait dit qu'il pensait avoir trouvé un ou une congénère. Il aime la verticalité », s'amuse Paschal Coyle.

« Antares ne fait pas de mal à la mer. Il la protège même car s'il se passe quelque chose d'anormal en bas, nous le saurons vite », constate le physicien. Il est donc assez naturel que l'équipe ait trouvé refuge dans l'ex-Institut de biologie marine de l'université de Lyon. Le bâtiment, d'inspiration orientale avec moulures, mosaïques et fenêtres à colonnes, a été achevé en 1900 pour l'homme d'affaires local Michel Pacha, qui en fit don à l'université. Au rez-de-chaussée, une salle poussiéreuse abrite encore des vitrines contenant des coquillages, crustacés, coraux, livres...

Même s'ils ont été devancés par les Américains, les Européens ne baissent pas les bras. Ils construisent le successeur d'Antares, KM3NeT, projet en trois modules de 115 lignes chacun. Au Centre de physique des particules

de Marseille, au-dessus des calanques entre Marseille et Cassis, à 50 kilomètres de La Seyne-sur-Mer, les équipes s'affairent déjà sur le nouveau télescope, de conception radicalement différente et au moins vingt fois plus précis. Les lignes ressembleront à un collier de perles, chacune étant une sphère de 30 kilogrammes avec 31 « yeux » pour scruter toutes les directions. Chaque ligne comprendra 18 des ces perles, surmontées d'une bouée.

Au rez-de-chaussée du laboratoire, avec précaution, des hommes glissent une à une ces boules fragiles dans une structure métallique, elle aussi sphérique. Paschal Coyle est tendu. « Dix ans de développement sont en train d'aboutir », rappelle-t-il, en prenant garde de ne pas piétiner la mince fibre optique qui reliera ces boules à un boîtier, puis à la terre ferme. Le déploiement est prévu pour dans quelques mois. Les biologistes seront associés au projet Mediterranean Eurocenter for Underwater Sciences and Technologies (Meust).

« L'annonce d'IceCube rend ce sujet hyper excitant. Nous sommes impatients de la suite, déclare Antoine Kouchner. Nous avons aussi ajouté un autre objectif à l'expérience. » La Terre pourrait en effet influencer différemment les neutrinos selon leur famille d'appartenance (il y en a trois). Si deux cousins se comportaient différemment, alors, pour la première fois, les physiciens sauraient dire parmi ces particules lesquelles sont les plus grosses. Pour l'instant, seule la valeur absolue de la différence des masses au carré entre les familles est connue, ce qui ne permet pas de déterminer la hiérarchie entre ces cousinages. Ce détail a eu toute son importance au début de l'Univers. Il contribuerait à expliquer pourquoi tout ne s'est pas complètement annihilé au moment du Big Bang. Bref, pourquoi nous sommes finalement là pour nous poser cette question existentielle, et lancer dans la mer des lignes de pêche aux neutrinos. ■

**« ANTARES PROTÈGE LA MER CAR, S'IL SE PASSE QUELQUE CHOSE D'ANORMAL EN BAS, NOUS LE SAURONS TRÈS VITE »**

PASCHAL COYLE  
physicien