

## Pêcheur d'étoiles en Méditerranée

Christian Larcher, Le Perreux

*Cet article est rédigé après une visite effectuée au CPPM (Centre de physique des particules de Marseille) et au terminal du télescope ANTARES (Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss Environmental Research) qui se trouve à la Seyne sur Mer : Var (Provence-Alpes-Côte d'Azur).*

Le télescope ANTARES est destiné à détecter l'origine des neutrinos de très hautes énergies, qui proviennent de l'espace intergalactique.

Ces particules s'échappent des régions denses de l'Univers et se propagent en ligne droite. Elles sont susceptibles de fournir des informations précieuses sur les cataclysmes cosmiques : les restes de supernova, les micro quasars, les galaxies actives, les sursauts gamma. Les neutrinos constituent des messagers idéaux pour mieux comprendre la structure de l'Univers.

Leur analyse permettrait de déterminer ce qu'est la "matière noire". Celle-ci pourrait être constituée par des WIMP (Weakly interacting massive particles), sorte de reliques du Big Bang ; des chercheurs font l'hypothèse que ces particules se seraient accumulées au cœur d'étoiles comme le Soleil et produiraient des neutrinos par auto-annihilation.

La Terre est bombardée en permanence par un flux très important de neutrinos.

**Les neutrinos** (petits neutres en italien) sont des particules parfois qualifiées de particules fantômes. Elles sont insensibles à l'interaction forte. Elles sont électriquement neutres donc insensibles aux champs électromagnétiques. Leur masse extrêmement faible les rend insensibles à l'interaction gravitationnelle.

La seule interaction à laquelle sont soumis les neutrinos est l'interaction faible. Elles ne subissent donc quasiment pas d'absorption et n'interagissent qu'avec une section efficace "fantastiquement faible" (Hans Bethe). Il est nécessaire d'instrumenter un très grand volume et d'utiliser la Terre comme cible pour que quelques uns d'entre eux soient détectés. La Terre laisse passer les neutrinos mais arrête les autres particules.

Parmi ces neutrinos de hautes énergies qui traversent la Terre, quelques uns interagissent avec des noyaux d'atomes à proximité des détecteurs pour donner différentes particules dont des **muons électroniques**

qui se déplacent dans la même direction que le neutrino d'origine.

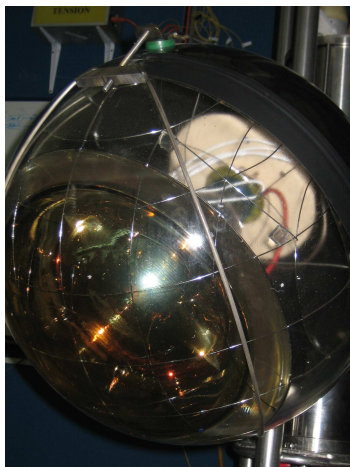
Ces muons sont des particules chargées dont la masse est environ 200 fois celle de l'électron. Ces particules peuvent parcourir jusqu'à une dizaine de kilomètres dans la croûte terrestre. En émergeant dans l'eau, ils laissent derrière eux un sillage très faiblement lumineux, une belle fluorescence bleue due à l'effet Tcherenkov. C'est ce sillage ascendant laissé par un muon que détectent les beaux "yeux" d'Antarès. À partir de ce rayonnement on peut retrouver les directions initiales des neutrinos tandis que la quantité de lumière reçue donne une estimation de leur énergie.



**Le dispositif**, localisé à 42° 50' N et 6° 10' E, est situé à 10 miles nautiques au Sud de l'île de Porquerolles en méditerranée, à une profondeur de 2 500 mètres. Il s'étend sur une superficie de 200 x 200 m<sup>2</sup>. L'appareil est un réseau tridimensionnel constitué par 12 lignes de 450 mètres de long.

Chaque ligne contient 25 étages et à chaque étage 3 capteurs disposés à 120 degrés. Sur une ligne il y a donc 25 x 3 = 75 capteurs. Au total ANTARES dispose de 900 yeux ou "fish-eye" constitués par des modules optiques protégés par une sphère de verre capable de résister à une pression de 250

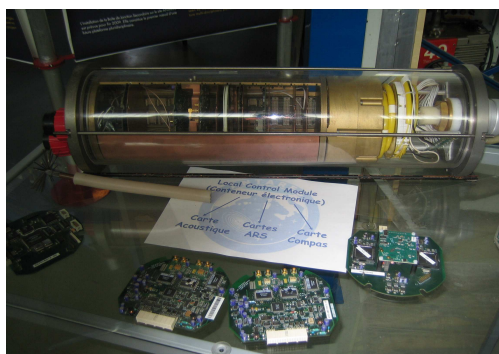
bars. Ces modules optiques sont des photomultiplicateurs. Ils peuvent enregistrer les traces lumineuses infimes provoquées, dans cette eau très "pure", par l'arrivée de particules électrisées.



Les 2 500 mètres de hauteur d'eau au dessus du dispositif permettent d'obtenir une obscurité complète mais ils servent surtout de blindage naturel contre le bruit de fond provenant d'autres particules, par exemple des muons atmosphériques.



ANTARES est très pudique, ses 900 yeux regardent vers le fond de la mer pour observer seulement les "muons montants" ceux qui correspondent à des neutrinos qui ont traversé la Terre. C'est donc un télescope qui regarde **le fond de la mer** pour étudier



le ciel de l'hémisphère SUD. Cette région du ciel est particulièrement intéressante car elle inclut le centre de notre Galaxie, là où se produisent les phénomènes les plus énergétiques.

L'ensemble des lignes d'ANTARES ondule sous l'action des courants marins. Or il faut pouvoir déterminer très précisément la position exacte de chaque capteur. Pour cela on utilise des balises acoustiques.

Les signaux sont traités et numérisés directement à chaque étage puis acheminés au moyen de fibres optiques jusqu'à une station terrestre située à 40 kilomètres de là dans un bâtiment de l'institut Michel Pacha (1), à la Seyne sur Mer. Ce bâtiment possède une façade originale de style mauresque. Il abritait auparavant l'Institut de physiologie marine. ANTARES développe également des synergies avec les sciences de la mer pour étudier les phénomènes de bioluminescence, la radioactivité du potassium 40, les secousses sismiques...

La logistique à grande profondeur est confiée à IFREMER.



- (1) *Michel Pacha dont le véritable nom est Marius Michel, Comte de Pierredon, (1819-1907) fut nommé en 1855, directeur des phares et balises de l'Empire ottoman par le sultan Abdul Mejid. Il construisit une centaine de phares et reçut le titre honorifique de Pacha. En 1889 il fournit le terrain et le matériel nécessaire pour construire un Institut de biologie marine à condition que l'édifice porte son nom. C'est dans ce bâtiment que se trouve actuellement la station terrestre ANTARES.*

#### Sitographie :

<http://antares.in2p3.fr/index-fr.html>  
[http://irfu.cea.fr/Phocea/Vie\\_des\\_labos/Ast/ast\\_technique.php?id\\_ast=368](http://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_technique.php?id_ast=368)  
<http://www.science.gouv.fr/fr/actualites/bdd/res/2256/le-telescope-antares-ouvre-les-yeux-vers-le-ciel/>  
[http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/physique-1/d/antares-naissance-dun-telescope-a-neutrinos-au-fond-de-la-mediterranee\\_8593/](http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/physique-1/d/antares-naissance-dun-telescope-a-neutrinos-au-fond-de-la-mediterranee_8593/)