



Recherche de sources de neutrinos cosmiques de haute énergie avec le télescope à neutrinos ANTARES



Contact : Antoine Kouchner
kouchner@apc.univ-paris7.fr, 01 57 27 61 56

Sujet proposé par le groupe ANTARES du Laboratoire Astroparticules et Cosmologie (APC)

ANTARES (**A**stronomy with a **N**eutrino **T**elescope and **A**bbyss environmental **R**ESearch, <http://antares.in2p3.fr>) est une collaboration européenne de 24 instituts regroupés autour d'un détecteur de neutrinos cosmiques de haute énergie situé à 2500 mètres de profondeur en Méditerranée au large de Toulon. Ce détecteur constitue la première étape vers la construction d'un télescope sous-marin à neutrinos de grande envergure (1 km^3 ou plus). ANTARES se propose d'explorer l'Univers à l'aide du neutrino, un messager complémentaire au photon et aux autres rayons cosmiques, pour identifier les sources du rayonnement cosmique de haute énergie et comprendre la nature des accélérateurs cosmiques. Le neutrino voyage dans l'espace sans interagir avec la matière et les champs magnétiques ambiants, ce qui en fait un excellent outil d'observation de l'Univers lointain, dans une région du spectre en énergie inaccessible au moyen des photons.

Les neutrinos cosmiques de haute énergie (jusqu'à 10^9 GeV) sont susceptibles d'interagir à la traversée de la Terre. Les muons produits dans les derniers km sous le sol océanique par les neutrinos montants émettent de la lumière Tcherenkov lors de leur passage dans le milieu marin. Cette lumière est détectée par un réseau tridimensionnel de photomultiplicateurs, ce qui permet de remonter aux caractéristiques du flux incident. Les muons descendants provenant des gerbes atmosphériques, atténués par les 2,5 km d'eau, sont une source de bruit de fond mais servent aussi d'étalonnage.

Le déploiement du détecteur ANTARES s'est achevé en mai 2008; il est composé d'un réseau de 12 lignes comportant chacune 75 photomultiplicateurs. L'expérience est donc entrée en phase de prise de données et les prochaines années seront déterminantes pour le développement des méthodes d'analyse, l'extraction des premiers résultats scientifiques et leurs implications sur la conception des projets ultérieurs à plus grande échelle, toutes activités auxquelles un étudiant en thèse pourra apporter des contributions significatives.

L'objectif principal de la thèse consistera à développer des méthodes d'analyse spécifiques pour la recherche de sources ponctuelles. L'observation de neutrinos astrophysiques en corrélation avec des sources astrophysiques constitue en effet l'un des buts majeurs de l'expérience. ANTARES permettra d'observer avec une sensibilité inégalée une grande partie de notre Univers, y compris le Centre Galactique et la galaxie active Centaurus A qui ont récemment révélé une activité à haute énergie. Ce travail passera par l'amélioration des méthodes de sélection et de reconstruction des événements correspondant à des neutrinos montants, dans le but d'augmenter la sensibilité du détecteur. Ces activités s'effectueront au sein du groupe ANTARES de l'APC et en collaboration avec les autres équipes européennes qui contribuent au groupe de travail « Astronomie » coordonné à l'APC. Une collaboration avec les membres de l'APC travaillant sur les interféromètres VIRGO et LIGO est également envisagée dans le but d'étudier la possibilité de détections concomitantes de neutrinos cosmiques et d'ondes gravitationnelles, ce qui permettrait de mieux contraindre les sources astrophysiques et constituerait un nouveau pas vers une véritable astronomie « multi-messagers ».

La thèse comportera également un volet technique consacré au développement d'un banc de test pour les photomultiplicateurs. Il servira à des mesures de précision de l'acceptance angulaire des modules optiques, permettant de mieux caractériser la sensibilité du détecteur. Les outils développés à cette fin pourront également être exploités pour la caractérisation et la sélection de photomultiplicateurs pour l'instrumentation du détecteur de 1 km^3 qui constitue le futur d'ANTARES.

À travers son travail de thèse, le doctorant se familiarisera avec les problématiques d'astronomie « multi-messagers » qui sont au centre des recherches actuelles en physique des astroparticules. Il fera en outre l'acquisition d'une solide expérience en informatique (programmation orientée objet et exploitation des bases de données en usage dans notre domaine), ainsi que des méthodes statistiques nécessaires dans le cadre de son analyse. La partie technique du projet lui permettra également de se familiariser avec des outils de détection (photomultiplicateurs) d'un usage courant dans les expériences contemporaines de physique des astroparticules, et d'acquérir les notions de base (méthodes de mesure, électronique,...) indispensables pour une formation en physique expérimentale.