

L'univers des particules élémentaires : de l'infiniment petit à l'infiniment grand

Nous savons depuis peu que la structure des constituants intimes de la matière est directement liée à celle de l'univers et à son histoire. L'exposition résumera l'état des connaissances sur ces deux infinis et leurs relations, et montrera comment ils sont étudiés expérimentalement par l'exemple de projets développés au Centre de Physique des Particules de Marseille. Elle est structurée autour de deux thèmes : l'infiniment petit et l'infiniment grand.

Sommaire du dossier

Questions sur nos origines...	page 2
L'infiniment petit :	page 4
<i>Pour comprendre le fonctionnement des détecteurs et accélérateurs de particules, gigantesques microscopes de plusieurs kilomètres...</i>	
Voyager dans l'infiniment petit, comment s'y prend-on ?	
Le grand collisionneur de hadrons LHC	
Le détecteur Atlas	
L'infiniment grand	page 9
<i>Pour découvrir le télescope à neutrinos, Antares, qui sera immergé par 2400 mètres de fond au large de La Seyne-sur-Mer...</i>	
Pourquoi les neutrinos ?	
Comment les détecter : le télescope Antares	
Un observatoire pluridisciplinaire	
Évolution du projet	
Perspectives	
Le Cosmophone	page 14
<i>Pour se familiariser avec ces particules cosmiques qui nous traversent à tout instant...</i>	
Les rayons cosmiques	
Leur détection	
Le Centre de Physique des Particules de Marseille	page 17

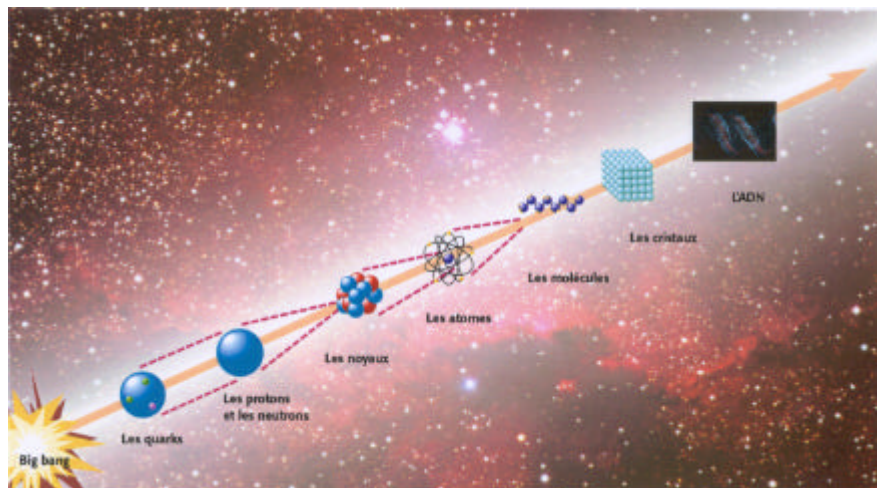
Questions sur nos origines...

Pourquoi étudier les particules ?

Parce que nous en sommes faits ...

... ainsi que tout le reste de l'Univers ! Nous savons aujourd'hui que **quatre sortes de briques**, ni plus ni moins, permettent de rendre compte de la matière ordinaire. Ce sont les particules élémentaires appelées **quark u, quark d, électron et neutrino de l'électron**.

Des forces collent les particules les unes aux autres. La **gravitation**, la force qui nous est la plus familière, est la plus faible de toutes. La particule qui est censée la porter, le graviton, reste à découvrir. A l'autre bout de l'échelle, la **force forte**, portée par les gluons, colle les quarks entre eux pour former les protons et les neutrons du noyau. La **force électromagnétique** maintient les électrons en orbite autour du noyau et colle les atomes les uns aux autres pour donner les molécules chimiques et biochimiques. La **force faible** produit certains types de radioactivité naturelle et contribue ainsi à faire briller les étoiles.



Les principales étapes de la formation de la matière, © IN2P3

Pour compléter la photo de famille ...

Il existe **deux autres familles de particules de matière**, semblables en tout point à celle du quark u, du quark d, de l'électron et de son neutrino, mais dotées de masses plus élevées. Ces particules se trouvent **dans des endroits insolites** comme **le cœur très chaud des galaxies**, mais elles sont aussi **produites dans des accélérateurs**.

L'antimatière, qui est en quelque sorte la réflexion dans un miroir de la matière ordinaire, complète la collection des particules de la nature. Il semble que l'antimatière **n'existe plus dans l'Univers actuel**, mais on pense que lors du Big-Bang, à la naissance de l'Univers, matière et antimatière existaient en quantités égales.

Cette description de la matière et des particules de force constitue ce que l'on appelle le « **Modèle standard** » des particules élémentaires. Bien que celui-ci résiste depuis 20 ans à l'épreuve des expériences, nous savons qu'il est incomplet et **laisse trop de questions sans réponses** :

- **Pourquoi ces seules trois familles de particules de matière ?**
- **Pourquoi les particules ont-elles une masse ?**
- **Comment l'antimatière a-t-elle disparue au cours de l'évolution de l'Univers ?**
- **De quoi est constituée la matière noire présente dans le cosmos ?**
- **N'existe-t-il pas d'autres particules non encore observées mais prédites par les théories les plus avancées ?**

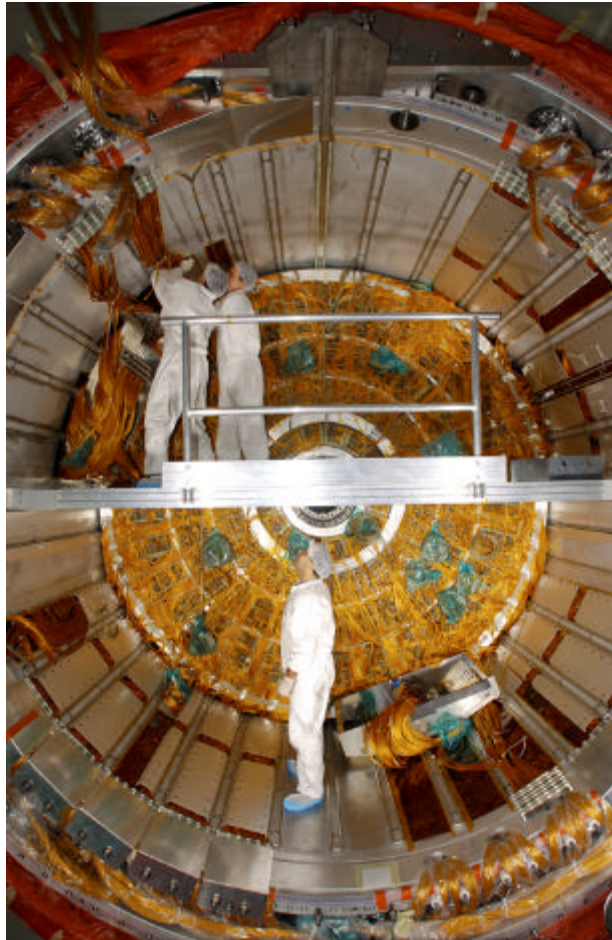
Il y a un siècle, les scientifiques venaient de découvrir toutes sortes de rayons mystérieux : rayons X, rayons alpha et bêta. D'où venaient-ils ? Étaient-ils tous faits de la même chose et, si oui, de quoi ?

Ces questions ont depuis été résolues, améliorant grandement notre compréhension de l'Univers. Chemin faisant, les réponses apportées ont changé notre vie quotidienne, en nous offrant le transistor, la télévision, l'imagerie médicale et l'informatique.

En ce début de XXI^{ème} siècle, nous sommes confrontés à d'autres questions, auxquelles nous tentons de trouver des réponses. Qui peut dire où nous conduiront ces réponses ?

L'infiniment petit :

Pour comprendre le fonctionnement des détecteurs et accélérateurs de particules, gigantesques microscopes de plusieurs kilomètres...



Intégration d'un élément du calorimètre d'Atlas, © Cern

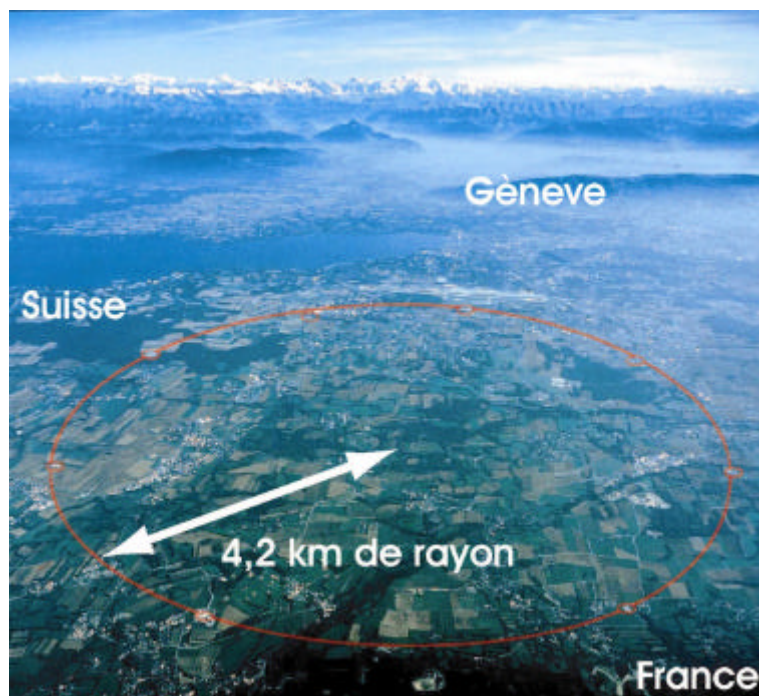
Voyager dans l'infiniment petit, comment s'y prend-on ?

Un million d'atomes tiennent dans l'épaisseur d'un cheveu, mais les atomes sont encore gigantesques par rapport aux particules que nous voulons étudier. En effet, **les atomes sont vides à 99,99 %** : les particules auxquelles nous nous intéressons ne remplissent que le 0,01 % restant. Pour voir des objets aussi petits, il faut **des «microscopes» extrêmement puissants** : ce sont **les accélérateurs** et **les détecteurs** de particules.

En accélérant des particules à des énergies très élevées et en les projetant les unes contre les autres, les physiciens peuvent débrouiller les forces qui agissent entre elles ou produire de nouvelles particules instables qu'il est possible d'étudier, pour soulever un coin du voile qui couvre les secrets de la nature.

Il existe deux types d'accélérateurs : linéaires et circulaires. Les **postes de télévisions** que chacun peut posséder chez soi constituent d'ailleurs **les plus simples des accélérateurs** linéaires de particules : à l'intérieur du tube cathodique, des électrons sont accélérés, déviés et vont frapper l'écran afin de former une image. De façon similaire, les accélérateurs utilisent des champs électriques puissants pour transmettre de l'énergie à des faisceaux de particules. Des champs magnétiques servent également à guider les particules pour former un faisceau.

Le grand collisionneur de hadrons LHC est un accélérateur de particules, qui sondera la matière plus profondément que jamais. Il sera installé au Cern, à Genève. Sa mise en service est prévue pour 2007 et il produira des collisions entre des faisceaux de protons à une énergie de 14 TeV¹.

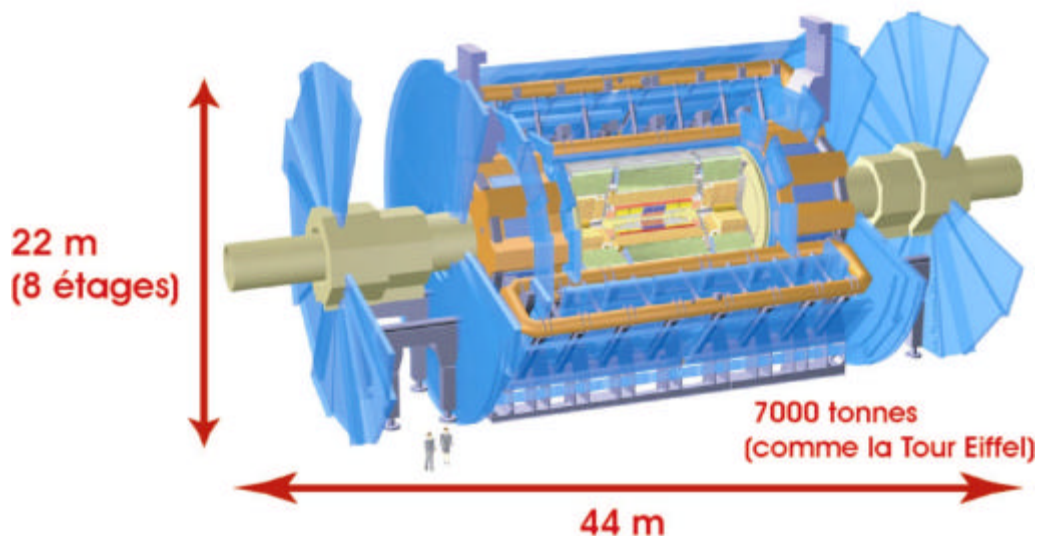


Le LHC, © Cern

¹ Le TeV est une unité d'énergie utilisée en physique des particules. 1 TeV, c'est à peu près l'énergie cinétique d'un moustique en vol. Ce qui rend le LHC si extraordinaire c'est qu'il concentre cette énergie dans un volume environ mille milliards de fois inférieur à celui d'un moustique (source : Cern).

En enregistrant ce qui se passe : c'est la fonction des **détecteurs, placés autour des points de collision**. Les détecteurs utilisés dans les collisionneurs ressemblent à des oignons, mais cylindriques, aussi gros que des immeubles et remplis de systèmes électroniques sophistiqués. Les collisions se produisent exactement au centre du détecteur et les diverses couches du détecteur mesurent les différentes propriétés des particules produites lors de la collision.

Atlas - "A Toroidal LHC Apparatus" - est **un détecteur en cours de construction** au Cern afin d'être implanté sur le grand collisionneur de hadrons. Ce sigle ne désigne pas seulement un détecteur. Il désigne également une expérience de physique menée par une collaboration mondiale de scientifiques : environ 2000 physiciens et ingénieurs issus de 151 laboratoires de 34 pays différents sont engagés dans cette aventure, ainsi que de nombreux techniciens et administratifs.

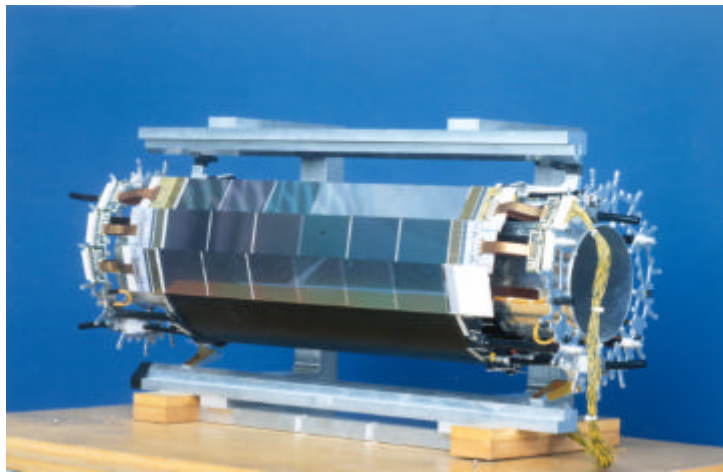


Atlas, © Cern

Le détecteur lui-même **est le plus grand et le plus complexe jamais construit à ce jour**. Tant par le nombre de voies d'électronique (des centaines de millions) et les contraintes liées aux radiations intenses qu'il devra supporter que par le volume des données à traiter, sa réalisation implique de développer de la haute technologie dans les domaines les plus variés : mécanique, électronique, informatique mais aussi cryogénie, techniques du vide, du génie civil, de la géodésie ...

Des dizaines de millions de collisions par seconde sont attendues, soit **un débit d'information équivalent à vingt communications téléphoniques simultanées par chaque être humain sur la Terre**. Les ordinateurs traiteront les données correspondantes suffisamment rapidement pour sélectionner la collision, qui, parmi dix millions d'autres, serait susceptible de faire apparaître des phénomènes nouveaux.

Le détecteur Atlas comprend trois éléments principaux : le trajectographe interne (en jaune, au centre), le calorimètre (en vert et orange) et le spectromètre à muons (en bleu). Le trajectographe interne détermine les trajectoires des particules électriquement chargées. Ses capteurs les plus centraux sont des dispositifs à semi-conducteurs mesurant la position avec une précision de 0,01 mm. Le calorimètre mesure les énergies des particules chargées et neutres. Il comporte des plaques métalliques (l'absorbeur) et des éléments sensibles. Des interactions dans l'absorbeur transforment l'énergie incidente en une « gerbe » de particules que les éléments sensibles permettent de détecter. Les muons sont des particules ressemblant aux électrons, mais 200 fois plus lourdes. Ce sont les seules particules détectables capables de traverser tout l'absorbeur du calorimètre sans être arrêtées. Le spectromètre à muons, qui entoure le calorimètre, identifie les muons et mesure leurs impulsions.



Le détecteur de vertex de l'expérience Aleph, visible lors de l'exposition, © CPPM



Un module du calorimètre électromagnétique d'Atlas en salle propre au CPPM, © CPPM

Le Centre de Physique des Particules de Marseille (CPPM) est fortement engagé dans le développement de plusieurs composants du détecteur Atlas : les détecteurs de vertex silicium, la calorimétrie électromagnétique et le traitement des données en ligne.

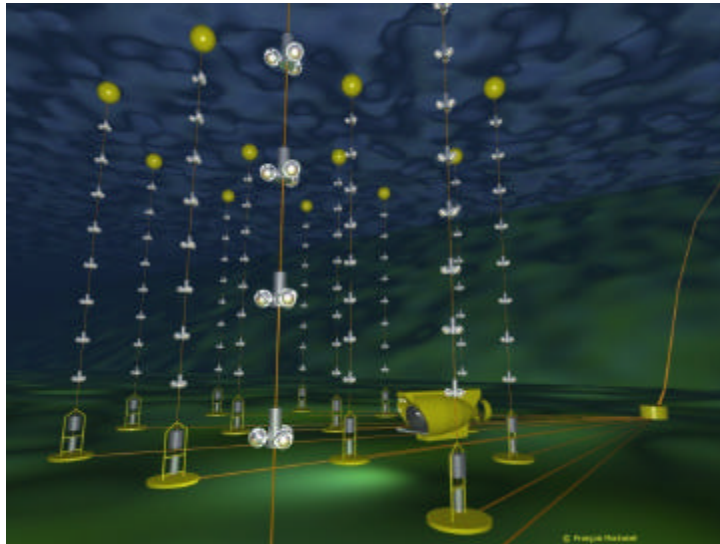
Le détecteur de vertex est principalement destiné à mesurer le parcours des particules instables mais de durées de vie assez longues. Avec le silicium, on obtient des précisions de localisation de l'ordre de quelques microns. L'usage du silicium sous forme de micro-bandes comme détecteur de vertex s'est généralisé durant ces dernières années. Le groupe de Marseille, initiateur de cette technique, travaille au développement d'un détecteur silicium à "pixels" qui offrira plus de sécurité que les micro-bandes face au problème de tenue aux radiations et limitera les problèmes d'ambiguïté dus au grand nombre de particules produites. Le laboratoire s'est en particulier impliqué dans l'électronique associée au détecteur. Les solutions développées au laboratoire ont été adoptées par la collaboration pour le détecteur final. Le groupe travaille actuellement au développement de robots pour le montage des modules sur la structure du détecteur.

D'autre part, la mesure des photons et des leptons - électrons, muons et neutrinos - jouera un rôle essentiel dans la chasse au Higgs ou dans l'observation d'une nouvelle physique non prévue par le Modèle standard. C'est pourquoi le CPPM s'est également intéressé au calorimètre électromagnétique, servant à mesurer l'énergie des électrons et des photons. Celui-ci est un détecteur à échantillonnage, avec pour milieu sensible de l'argon liquide et pour absorbeurs des plaques de plomb pliées en accordéon. Le laboratoire est maître d'œuvre de la réalisation des bouchons de ce calorimètre. Après la phase de conception, de calcul, de simulation et de tests, nous sommes entrés dans la phase de construction. Aujourd'hui, le premier bouchon est construit et inséré dans son cryostat. Le second bouchon sera terminé pour l'été 2004.

L'importance du flot des données à acquérir constituera un problème majeur pour les expériences au LHC. Un groupe du CPPM travaille sur l'évaluation des différentes architectures matérielles et logicielles adaptées au niveau III de sélection des événements. Il est en particulier maître d'œuvre des développements entrepris sur des fermes groupant des PC mono- ou multi-processeurs. Après la mise en œuvre d'architectures comptant jusqu'à 50 machines, il s'agit de franchir une nouvelle étape vers environ un millier de processeurs.

L'infiniment grand :

Pour découvrir le télescope à neutrinos, Antares, qui sera immergé par 2400 mètres de fond au large de La Seyne-sur-Mer...



Vue d'artiste du télescope Antares, © François Montanet

L'histoire et l'évolution de l'univers sont gouvernées par le comportement des particules élémentaires. Celles-ci sont aussi des messagers des confins du cosmos et des phénomènes violents qui s'y produisent. Un **domaine scientifique nouveau, appelé «astroparticule»**, est en plein développement pour explorer l'univers avec les particules élémentaires et remonter à ses premiers instants. Cette thématique scientifique nouvelle se développe à l'interface, d'une part, de la physique des particules et des noyaux et, d'autre part, de l'astrophysique et de la cosmologie. Elle utilise bien souvent des développements instrumentaux et des méthodes dont beaucoup sont issus de dispositifs utilisés auprès des accélérateurs. Avec les rayons gamma de hautes énergies, les neutrinos, et les ondes gravitationnelles, le domaine de l'astroparticule ouvre de nouvelles fenêtres sur l'Univers : c'est le début d'une astronomie multi-longueurs d'onde et multi-messagers. Le croisement des observations de ces différentes astronomies va permettre d'appréhender les phénomènes cosmiques de haute énergie et les événements violents qui en sont la source.

L'objectif du projet Antares est la construction du premier télescope sous-marin à neutrinos cosmiques de très haute énergie.

Pourquoi les neutrinos ?

Les neutrinos sont des particules élémentaires neutres, non chargées, et qui interagissent très rarement avec la matière. Ainsi, **chaque seconde, plus de 60 milliards d'entre eux**

traversent chaque centimètre carré de notre corps, sans même nous effleurer. De ce fait, ils peuvent traverser des espaces bien supérieurs aux dimensions de notre galaxie sans interagir.

Contrairement aux autres particules, les neutrinos ne perdent pas la mémoire des conditions initiales dans lesquelles ils ont été produits. Leur détection devrait donc permettre **d'accéder aux sources les plus lointaines et les plus violentes de l'Univers**, véritables accélérateurs cosmiques de très haute énergie, tels les pulsars, les restes de supernovae, les noyaux actifs de galaxies, les sursauts gamma, les trous noirs ou les quasars. Une nouvelle fenêtre astronomique sur l'Univers et son évolution depuis le Big-Bang s'ouvre alors à nous.

Antares pourrait aussi contribuer à **la recherche de matière noire dans l'Univers**, qui serait un signal très clair du Big-Bang. Cette fameuse masse manquante de notre Univers pourrait être constituée par des neutralinos, particules massives prédites dans le cadre des théories supersymétriques et non encore observées. Ces neutralinos, accumulés par gravitation au centre des corps célestes massifs, tels la Terre, le Soleil ou le centre de notre galaxie, s'annihileraient en effet en produisant des neutrinos détectables par Antares.

Les neutrinos de haute énergie permettent aussi d'aborder de nouveaux domaines d'expérimentation sur l'infiniment petit et les interactions fondamentales.

Comment les détecter : le télescope Antares

Les neutrinos sont difficilement détectables. Mais, quand ils interagissent avec la matière, ils produisent des muons. Il est possible de déceler ces muons grâce aux sillages lumineux engendrés par leur propagation dans l'eau. Ces traces de lumière sont détectées par un réseau de capteurs de lumière ou modules optiques, très sensibles, répartis dans **10 millions de mètres cubes d'eau**. Ceux-ci sont installés le long de lignes verticales, longues de 450 mètres et ancrées à **2400 mètres au fond de la mer** pour se protéger des muons produits dans l'atmosphère.

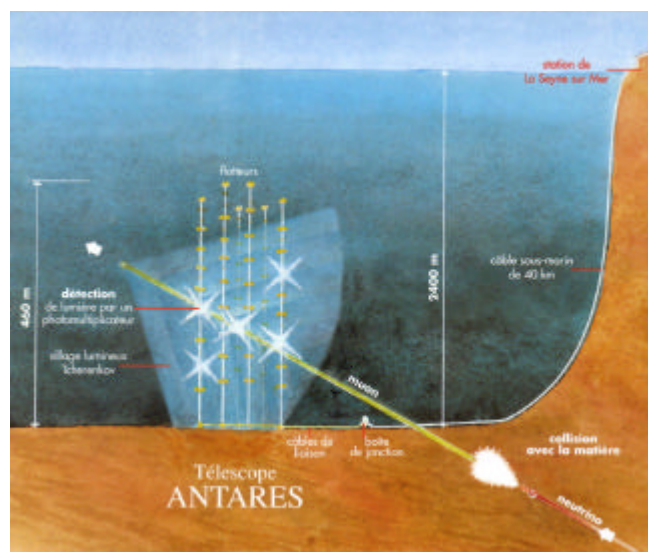
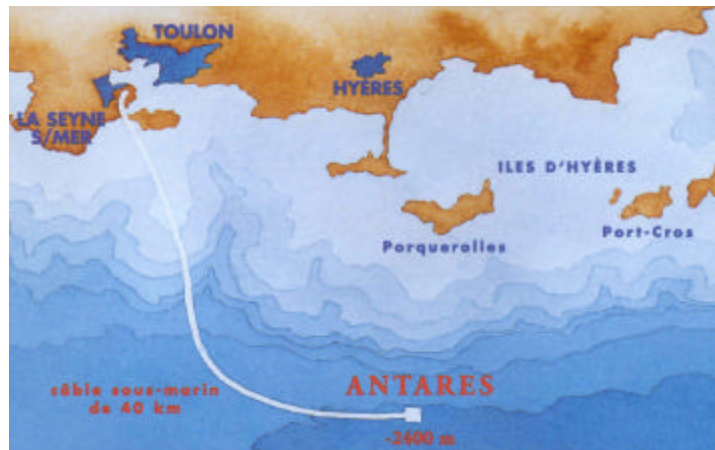


Schéma de détection du télescope Antares, © Colours of Provence

Le site d'Antares se situe au large des côtes provençales. Les données sont transmises à **la station à terre de La Seyne-sur-Mer** à l'aide d'un câble électro-optique sous-marin, long d'une quarantaine de kilomètres, *via* une "boîte de jonction" qui assure l'interface entre ce câble et les lignes : elle permet de distribuer l'énergie nécessaire au fonctionnement des lignes du détecteur et de collecter les données pour leur transmission à terre.



Site Antares © Colours of Provence

Les signaux reçus permettent de remonter avec une excellente précision aux caractéristiques des neutrinos, en particulier à leur direction d'approche. De plus, le télescope sélectionne les muons venant du fond de la mer, certifiant ainsi qu'ils proviennent bien de l'interaction de neutrinos se produisant dans la roche située sous le détecteur. En effet, seuls les fantomatiques neutrinos sont capables de traverser notre planète de part en part. Situé dans l'hémisphère nord, le télescope Antares pourra ainsi réaliser la cartographie du ciel de l'hémisphère sud en « regardant » à travers la terre.

Observatoire pluridisciplinaire

Le détecteur Antares est aussi **un observatoire sous-marin pluridisciplinaire** permanent, pouvant intéresser **les sismologues, les biologistes et les océanologues**. Installée aux côtés des 12 lignes de détection des neutrinos, la ligne d'instrumentation est en effet une ligne supplémentaire spécifique qui constitue une véritable plate-forme d'interface pouvant accueillir des instruments de mesure variés : courantomètres, sonde de température et de salinité, détecteurs de bioluminescence, sismographe, Elle fournira des mesures de propriétés océanographiques du site (température, salinité, amplitude et direction des courants...), de propriétés sismiques et permettra l'étude *in situ* de la bioluminescence marine par grand fond. Les premières données dans ces domaines pluridisciplinaires du projet pourraient être obtenues dès le début du fonctionnement du détecteur Antares.

Évolution du projet

Initié en 1996 par le CPPM (CNRS/IN2P3), en collaboration avec le Dapnia (CEA/DSM), l'Ifremer et des laboratoires du CNRS/INSUE, le projet est aujourd'hui mené par une collaboration internationale regroupant plus de 200 scientifiques issus d'une quinzaine de laboratoires européens.

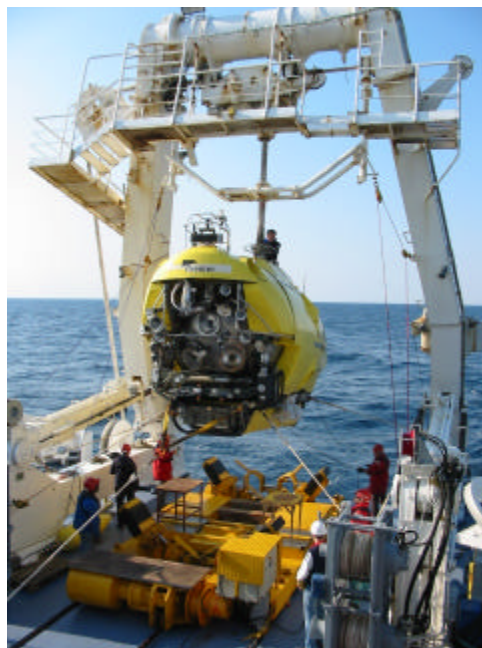
Une première phase de R&D, conclue en 1999 par le déploiement d'une ligne « démonstrateur », reliée à la côte par un câble électro-optique, a permis de valider les technologies nécessaires à la construction du télescope et de déterminer les caractéristiques des sites potentiels de déploiement.

Depuis l'année 2000, le projet est entré dans une deuxième phase, la construction du télescope et son immersion sur le site retenu au large des côtes varoises. Ce télescope sera constitué d'une douzaine de lignes et de 900 capteurs de lumière et couvrira une surface effective d'environ un dixième de kilomètres carrés.

La mise en place des installations sur le site a démarré en novembre 2001 avec le déploiement du câble électro-optique, long d'une quarantaine de kilomètres, reliant le détecteur à la station de contrôle à terre : l'Institut Michel Pacha à La Seyne-sur-Mer. L'opération majeure de connexion de la boîte de jonction à l'extrémité de ce câble a été réalisée avec succès début décembre 2002.

Deux lignes prototype de détection ont été également déployées, respectivement en décembre 2002 et février 2003, une ligne de détection de neutrinos équipées de 15 capteurs et une ligne d'instrumentation pluridisciplinaire. Ces deux lignes ont été raccordées à la boîte de jonction en mars 2003.

Toutes ces connexions ont été réalisées par le **“Nautilé”, le sous-marin grand fond d'Ifremer.**



Opération de déploiement en mer, © Antares

Les données recueillies depuis le dernier raccordement sont actuellement en cours d'étude. Les résultats de cette analyse permettront d'évaluer les dernières modifications nécessaires avant la production en masse des lignes du détecteur qui débutera en 2004. Les sous-ensembles des composants des lignes sont assemblés dans les différents laboratoires européens, partenaires de l'expérience. La construction et le déploiement des 12 lignes s'effectueront progressivement durant deux ans et le détecteur sera terminé courant 2006. **L'exploitation du système démarrera dès 2005.**

Dans un premier temps, la majorité des neutrinos observés, environ 2000 par an, seront des neutrinos produits par les interactions des rayons cosmiques avec l'atmosphère terrestre. L'étude de ces neutrinos atmosphériques permettra de mesurer la masse du neutrino, ce qui représentera un premier résultat scientifique important dans le domaine de la physique des particules. L'astronomie neutrinos et la recherche de matière noire nécessiteront plusieurs années de prises de données et d'analyses pour atteindre des résultats significatifs.

Le CPPM, proche de la station à terre joue un rôle clef dans l'organisation de l'expérience et dans sa logistique. Il est responsable de tous les aspects d'infrastructure de l'expérience, de l'installation du câble électro-optique en mer à l'alimentation électrique du détecteur, avec, en particulier, la conception, l'assemblage, les tests et le déploiement de la boîte de jonction.

Perspectives

Le détecteur Antares actuellement en construction ne constitue qu'une première étape vers la construction d'un instrument plus important, d'une surface de 1 km^2 couvrant un volume d'environ 1 km^3 qui permettra une étude précise de l'Univers avec les neutrinos. Un tel détecteur devrait être capable de découvrir ainsi les principales sources de neutrinos de haute énergie. La conception et la réalisation d'un tel super-télescope en Méditerranée sont d'ores et déjà étudiées par un groupe de travail en Europe auquel les membres de la collaboration Antares participent activement.

Par ailleurs, la construction d'un autre télescope, IceCube, est en cours de réalisation dans la calotte glaciaire du Pôle Sud. De par sa position géographique, celui-ci étudiera le ciel de l'hémisphère nord et sera donc complémentaire au détecteur km^3 sous-marin.

Le cosmophone :

Pour se familiariser avec ces particules cosmiques qui nous traversent à tout instant...

Cette **installation ludique** nous permet de prendre conscience de ces deux infinis : en irradiant son corps en permanence, les particules élémentaires issues du cosmos placent l'homme à la croisée des deux infinis.

Elle nous sensibilise au **rayonnement cosmique qui bombarde la terre** et à la notion de particule élémentaire.

L'installation constitue également une **illustration en fonctionnement réel de tous les composants d'une expérience de physique des particules** ou d'astroparticule.



Le Cosmophone, © CPPM



Les rayons cosmiques

Les rayons cosmiques sont des particules élémentaires de haute énergie issues de phénomènes galactiques violents comme des explosions d'étoiles en fin de vie, les supernovae... **Ils bombardent en permanence l'atmosphère terrestre**, créant des avalanches de particules et anti-particules dont seules les plus pénétrantes, les muons atteignent en général le niveau de la mer. Le muon est une sorte d'électron lourd, absent de la matière ordinaire car de très courte durée de vie, et capable de traverser des dizaines de mètres de matière dense sans être absorbé. **Le corps humain y est insensible, bien que plusieurs muons d'origine cosmique le transpercent chaque seconde.**

Leur détection

Un ensemble de capteurs disposés autour de l'enceinte du cosmophone **détectent le muon** par son interaction dans un matériau spécial. Les informations sur son passage sont transmises quasi instantanément à un **système de synthèse sonore, qui restitue sa trajectoire dans l'espace** à l'instant et à l'endroit où il passe. La position du muon est indiquée par des sons d'impact à ses points d'entrée et de sortie dans le dispositif. L'impression de vitesse est donnée par un effet de glissement de la hauteur du son - effet « Doppler » - analogue à celui produit par la sirène d'une ambulance sur son passage. Les avalanches d'électrons et anti-électrons produites de temps en temps par l'interaction d'un muon au-dessus de la pièce sont évoquées par un effet de ruissellement sonore.



Schéma explicatif de l'origine des rayonnements cosmiques et de leur détection par le Cosmophone, © CPPM

Le dispositif présenté constitue le **prototype d'un espace mis en place à la Cité des Sciences et de l'industrie à La Villette-Paris** : « Le théâtre des muons et autres particules cosmiques ». Le cosmophone est une illustration des actions de diffusion des connaissances et de vulgarisation du CPPM auprès du grand public. Il est développé dans le cadre d'une collaboration interdisciplinaire entre le CPPM et le LMA, Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique de Marseille.



Le Cosmophone à la Cité des Sciences et de l'Industrie à La Villette-Paris, © CPPM

Le Centre de Physique des Particules de Marseille



Le CPPM implanté sur le Parc Scientifique et Technologique de Marseille-Luminy, © CPPM

Le Centre de Physique des Particules de Marseille est une Unité mixte de Recherche qui relève à la fois du CNRS, de l'IN2P3, Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules, et de l'Université de la Méditerranée.

Le personnel permanent du laboratoire compte aujourd'hui 35 chercheurs et enseignants-chercheurs et environ 70 ingénieurs, techniciens et administratifs, auxquels s'ajoutent une dizaine de doctorants et visiteurs étrangers et de nombreux stagiaires.

La vocation principale du laboratoire est la recherche fondamentale en Physique des Particules, physique des constituants élémentaires de la matière et leurs interactions, et en **Astroparticule**, observation des particules élémentaires dans l'Univers.

Le CPPM participe, au sein de collaborations internationales, aux expériences H1 auprès du collisionneur électron-proton HERA à Desy, Hambourg, et D0 auprès du collisionneur proton-antiproton Tevatron à Fermilab, près de Chicago. Il prépare également **les détecteurs des expériences Atlas et LHCb pour la physique auprès du LHC au Cern**. Ce grand collisionneur permettra, à partir de 2007, d'aborder l'ensemble de ces recherches dans un nouveau domaine d'énergie et avec des luminosités inégalées.

La détection de neutrinos cosmiques de haute énergie complète et élargit ces champs d'investigation et permet l'observation de l'univers par une sonde de nature différente de celles utilisées jusqu'à présent. **L'expérience en préparation Antares**, détecteur de neutrinos cosmiques sous la mer, contribuera à la compréhension du rayonnement cosmique de très haute énergie et à l'observation de phénomènes primordiaux, véritables accélérateurs de particules cosmiques. Antares permettra également la recherche de WIMPS, particules prévues dans les théories supersymétriques et susceptibles d'expliquer la matière cachée de l'Univers.

Les services techniques du laboratoire, électronique, informatique, mécanique, assurent la conception et la construction de différents détecteurs nécessaires aux expériences. La

réalisation de ces grands détecteurs des particules requiert le développement et l'application de technologies avancées en instrumentation, en micro-électronique et en informatique.

Le niveau des **compétences développées** au CPPM dans **plusieurs domaines technologiques** permet au laboratoire d'accéder à une communauté plus large. Les dernières réalisations en matière de **transfert technologique** comprennent un module de communication optique, l'application des détecteurs à pixels à l'imagerie par rayons-X ainsi qu'une réalisation muséographique liée aux rayons cosmiques. Le laboratoire est Centre de Compétences agréé par Jessica, programme visant à sensibiliser les PME, PMI aux techniques micro-électroniques. Le CPPM fait aussi partie du Cremsi, Centre Régional d'Étude en Microélectronique sur le Silicium qui a vocation de renforcer la filière microélectronique en région Provence Alpes Côte d'Azur.

Le CPPM contribue activement à la **diffusion des connaissances**, à l'enseignement supérieur et à la formation par la recherche, au niveau du second cycle de l'enseignement secondaire, des classes préparatoires aux grandes écoles et tous les cycles universitaires. Un tiers de nos chercheurs sont enseignants-chercheurs à l'Université de la Méditerranée. De nombreux chercheurs CNRS et ingénieurs participent également aux enseignements de l'UFR Sciences, de l'École Supérieure d'Ingénieurs de Luminy et des Universités de Provence et d'Aix-Marseille III. Le CPPM assure des enseignements au DEA Physique des Particules, Modélisation et Physique Mathématique. Il est aussi laboratoire d'accueil de six Écoles Doctorales.

Pour plus d'informations :

CPPM

163 avenue de Luminy – case 902

13288 Marseille cedex 13009

Magali Damoiseaux, chargée de communication, damoiseaux@c ppm.in2p3.fr

Tél. : 04.91.82.72.00

Fax : 04.91.82.72.99

Sites Internet :

Le CPPM	http://marwww.in2p3.fr
"Voyage au cœur de la matière"	http://voyage.in2p3.fr
Le Cern	http://public.web.cern.ch/Public/Welcome_fr.html
L'expérience Atlas	http://atlas.web.cern.ch/Atlas/
Vidéo :	http://atlasexperiment.org/movie/index.html
L'expérience ANTARES	http://antares.in2p3.fr
Le Cosmophone	http://cosmophone.in2p3.fr

Contacts scientifiques CPPM :

Emmanuel Sauvan, organisateur de la manifestation, sauvan@c ppm.in2p3.fr

John Carr, Antares, carr@c ppm.in2p3.fr

Sylvain Tisserant, LHC-Atlas, tisserant@c ppm.in2p3.fr

Claude Vallée, Cosmophone, vallee@c ppm.in2p3.fr