

Ses propriétés

Le neutrino tauonique (ou tau) est un lepton neutre, de masse très petite et mal connue. Il est comme son nom l'indique associé au tau. Tout comme ses cousins, les neutrinos électronique et muonique, il interagit seulement à travers l'interaction faible, et est insensible aux interactions forte et électromagnétique.



NEUTRINO TAUONIQUE (OU TAU)

Sa découverte

Puisque deux types (ou saveurs) de neutrino avaient été associés expérimentalement à l'électron et au muon, la découverte du troisième lepton chargé (le tau) en 1974 suggéra immédiatement qu'un nouveau neutrino devait lui être associé. Pour l'observer expérimentalement, il fallait donc produire des tau en grande quantité. Mais le tau est 3463 fois plus massif que l'électron, et 16 fois plus que le muon, de sorte que sa production en abondance n'est pas une chose facile. De plus, en raison de sa masse, le tau se désintègre rapidement, ce qui le rend plus difficile à identifier expérimentalement.

En 2001 la mise en évidence directe du neutrino tau est réalisée grâce à l'expérience DONUT à Fermilab, près de Chicago (Direct Observation of NU Tau). On procède à la collision d'un faisceau de protons très énergiques (800 GeV) sur une cible fixe. La collision engendre (entre autres) des mésons contenant un quark charmé, qui se désintègrent en produisant des neutrinos tau. Afin de favoriser la production de neutrinos et de réduire la présence d'autres particules, un absorbeur et un aimant défecteur sont placés derrière la cible.

Le faisceau de neutrinos traverse ensuite une succession de couches de fer et d'émulsions, capables d'enregistrer les traces de l'interaction d'un neutrino tau avec un atome de fer. Après trois années d'effort, quatre événements sont clairement identifiés : la troisième saveur de neutrino existe bel et bien !

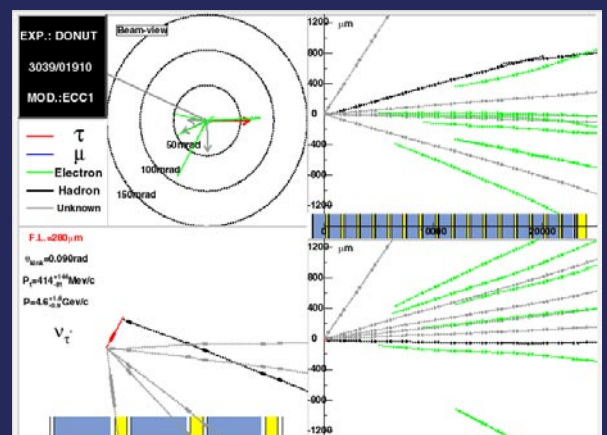


Le porte-parole de DONUT au centre de l'aimant défecteur

Comment l'observer ?

Comme les autres saveurs de neutrinos, le neutrino tau interagit très faiblement avec la matière. Ainsi, seule une partie infime des neutrinos tau produits dans le dispositif de l'expérience DONUT allait interagir avec les feuilles de fer placées derrière la cible. Ces feuilles étaient intercalées avec des plaques d'émulsions nucléaires, qui permettaient de visualiser le tau produit lorsqu'un neutrino tauonique interagissait avec un noyau de fer.

Lorsqu'un tau apparaissait, il laissait une trace caractéristique dans les émulsions, car elle comportait un virage brusque (kink) à une distance inférieure au millimètre après sa création. En ce point, le tau, beaucoup plus instable que son cousin le muon, venait de désintégrer en d'autres particules plus légères.



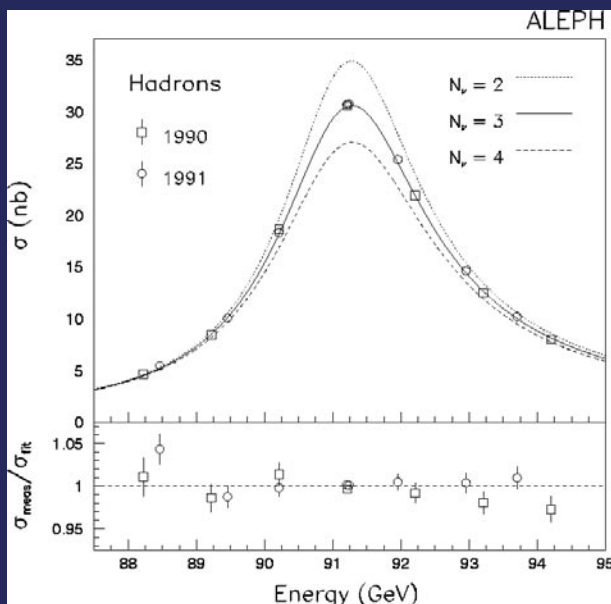
Un événement de l'expérience DONUT tel qu'il est vu dans les émulsions nucléaires et montrant l'existence du neutrino tau. Le kink correspondant au tau (trajectoire rouge) est particulièrement visible dans le cadre en bas à gauche.

Son rôle en physique subatomique

On pensait depuis longtemps que ce neutrino existait. En effet, en 1977, l'équipe de Lederman découvre grâce à l'accélérateur de Standford le quark b, qui entame ainsi une troisième famille de quarks. A peu près au même moment, Perl découvre le tau, qui débute une troisième famille de leptons. La symétrie du Modèle Standard des particules élémentaires exigeait donc la présence d'un neutrino tauonique.

Au CERN, les expériences menées autour du LEP confirme cette hypothèse. On étudie alors les caractéristiques du boson Z, responsable (avec les bosons W+ et W-) de l'interaction faible, que l'on produit en faisant des collisions entre électrons et positrons à très haute énergie. Parmi la moisson de données ainsi obtenues, on étudie la probabilité avec laquelle le Z se désintègre en une paire neutrino – antineutrino. Puisqu'on ne sait pas détecter ces derniers au LEP, on parle de la « largeur invisible du Z ». Plus il y a de saveurs de neutrinos différentes, plus le Z dispose de manières différentes de se désintégrer de façon « invisible » à LEP, et plus sa largeur est grande. Les résultats s'avèrent parfaitement compatibles avec trois saveurs de neutrinos légers (c'est-à-dire moins massifs que la moitié de la masse du boson Z).

Aujourd'hui, le neutrino tau, comme les deux autres neutrinos, est au cœur d'une recherche intensive qui concernent leurs passages d'un neutrino à l'autre par le biais d'oscillations. Ce processus témoigne d'une physique qui dépasse le cadre du Modèle Standard des particules élémentaires, et qui reste à découvrir...



Les expériences du LEP (ici ALEPH) ont montré l'existence de trois saveurs de neutrinos légers. La probabilité du Z de se désintégrer en paire neutrino-antineutrino dépend de l'énergie du Z (en abscisse) et du nombre de saveurs de neutrinos légers (trois courbes correspondant à deux, trois et quatre saveurs). Les résultats sont parfaitement compatibles avec trois neutrinos légers.



Pour en savoir plus

- <http://www-donut.fnal.gov/> : la collaboration DONUT qui a montré l'existence du neutrino tau (en anglais)
- <http://antares.in2p3.fr/index-fr.html> : la collaboration ANTARES qui étudie les neutrinos de haute énergie dans la rade de Toulon
- <http://elementaire.web.lal.in2p3.fr/documents/NeutrinoHorsSerie.pdf> : Un hors-série de la revue de vulgarisation Élémentaire consacré aux neutrinos.