

La nature du neutrino

Fabrice Piquemal¹

¹ *Laboratoire souterrain de Modane 1125 route de Bardonneche 73500 Modane*

et

CENBG Le Haut Vigneau 33175 Gradignan

La physique du neutrino a fait de remarquables progrès ces dernières années avec la découverte des oscillations de neutrinos et les mesures de précision pour les paramètres d'oscillation. Cependant certaines propriétés du neutrino comme sa nature et sa masse absolue restent encore inconnues. La nature du neutrino est une question posée il y a plus de 70 ans suite à un article d'Ettore Majorana [1]. Le neutrino qui est une particule électriquement neutre et de spin $\frac{1}{2}$, peut être soit une particule de Dirac avec 4 états possibles: neutrino et antineutrino avec chacun 2 états de spin ($+1/2$, $-1/2$) ou une particule de Majorana pour laquelle neutrino et anti-neutrino sont le même état et pour lequel il n'y aurait que les 2 états de spin ($+1/2$, $-1/2$). La connaissance de la nature du neutrino (Dirac ou Majorana) est essentielle pour la physique des particules et la cosmologie. En effet, le scénario de leptogénèse pour la création de la matière au tout début de l'univers implique que le neutrino soit une particule de Majorana.

Expérimentalement, le processus le plus sensible pour déterminer la nature du neutrino est la double désintégration bêta sans émission de neutrino ($\beta\beta 0\nu$). Cette radioactivité dont l'existence a été prédite par Furry en 1939 n'a toujours pas été mise en évidence. Elle consisterait en l'émission simultanée de 2 électrons dont la somme en énergie serait égale à l'énergie de la transition. Son observation impliquerait que le neutrino soit une particule de Majorana quelque soit le processus responsable de cette désintégration et pourrait aussi conduire à mesurer sa masse absolue, la période de cette radioactivité étant inversement proportionnelle au carré de la masse effective du neutrino, à un facteur d'espace de phase et à l'élément de matrice nucléaire [2].

Les périodes attendues pour la désintégration $\beta\beta 0\nu$ sont supérieures à 10^{25} ans et les limites actuelles sur la masse effective du neutrino sont de l'ordre de 0,2 à 0,7 eV [3,4,5,6,7]. Il y a environ 70 noyaux émetteurs double bêta dans la nature mais seulement une dizaine peuvent être étudiés expérimentalement en tenant compte de la possibilité de les enrichir et de leur énergie de transition. La grande difficulté expérimentale est la suppression du bruit de fond lié à la radioactivité naturelle. Des progrès très importants ont été réalisés dans ce domaine ces dernières années pour concevoir des détecteurs capables de mesurer des centaines de kilogrammes d'isotopes pour atteindre des sensibilités de l'ordre de 0,05 eV sur la masse effective du neutrino.

Il y a une dizaine de projets dans le monde recherchant la désintégration $\beta\beta 0\nu$ en utilisant différents isotopes et techniques. Ces expériences sont aujourd'hui complémentaires car l'isotope le plus favorable n'est pas connu, les différentes techniques de réduction de la radioactivité naturelle peuvent être communes et elles permettent aussi une meilleure connaissance des bruits de fond pour les prochaines générations d'expériences.

Les principales techniques de détection de la désintégration $\beta\beta 0\nu$ seront présentées ainsi que les résultats les plus récents. Les perspectives pour atteindre des sensibilités de l'ordre de 10^{27} ans sur la période de double désintégration bêta sans émission de neutrino

correspondant à une masse du neutrino de l'ordre de 0,01 eV seront aussi évoquées

- [1] E. Majorana, Nuovo Cimento, **14** (1937) 171.
- [2] M. Doi et al., Phys. Lett.B**102** (1981) 323
- [3] M. Agositi et al. Phys.Rev.Lett. **111** (2013) 12, 122503
- [4] J.B. Albert et al., Nature **510** (2014) 229-234
- [5] R. Arnold et al. Phys.Rev. **D89** (2014) 11, 111101
- [6] A. Gando et al. Phys.Rev.Lett. **110** (2013) 6, 062502