

La hiérarchie de masse des neutrinos

Marcos Dracos

IPHC, Université de Strasbourg, CNRS/IN2P3, F-67037 Strasbourg, France

Après la mesure du dernier angle de mélange θ_{13} par les expériences auprès de réacteurs Daya Bay[1], RENO[2] et Double Chooz[3], les derniers paramètres d'oscillation pour les neutrinos de Dirac sont le paramètre δ_{CP} de violation CP, la hiérarchie des masses ainsi que leur échelle absolue. La violation CP dans le secteur leptonique n'a jamais été mise en évidence à ce jour et son observation pourrait apporter des éléments de réponse permettant de comprendre l'asymétrie matière/antimatière dans l'Univers. La hiérarchie de masses pourrait également avoir un impact significatif au niveau cosmologique. Jusqu'à présent, l'ensemble de résultats provenant des expériences de neutrinos peut s'expliquer avec trois neutrinos massifs qui sont reliés aux états propres de saveur par la matrice de mélange PMNS (Pontecorvo–Maki–Nakagawa–Sakata) analogue à la matrice CKM (Cabibbo-Kobayashi-Maskawa) pour les quarks. Elle peut se décomposer en produit de trois matrices de rotation:

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13} \cdot e^{i\delta_{CP}} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13} \cdot e^{-i\delta_{CP}} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

Avec $c_{ij}=\cos(\theta_{ij})$, $s_{ij}=\sin(\theta_{ij})$, θ_{ij} les angles de mélange et δ_{CP} la phase CP. Cette expansion permet d'avoir une interprétation géométrique entre les états propres de masses et les états propres de saveur (Figure 1).

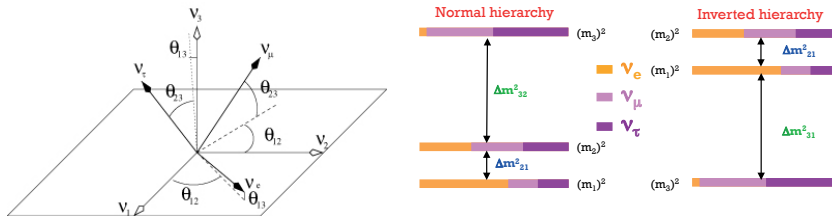


Figure 1: Interprétation géométrique des angles de mélange (Gauche). Hiérarchie de masse Normale/Inversée (Droite)

La communauté internationale a établi un vaste programme de recherches ayant pour objectifs prioritaires de déterminer la phase δ_{CP} et la hiérarchie de masse. De nouvelles infrastructures munies des faisceaux très intenses de neutrinos et de détecteur à l'échelle de la mégatonne sont nécessaires pour atteindre la sensibilité requise permettant de déterminer ces paramètres au travers d'effets de matière lors du voyage de la source au détecteur. Une approche complémentaire peut également répondre à cette question en observant précisément le spectre en énergie des neutrinos issues de centrales nucléaires à une distance moyenne de l'ordre de 60 km [4, 5].

La détermination de la hiérarchie de masse apparaît comme l'un des principaux challenges dans le physique de neutrino et sa découverte pourrait également aider les expériences de Double Décroissance Bêta étudiant la nature du neutrino (particule de Dirac ou de Majorana). Cette présentation fera le point sur l'ensemble d'expériences mises en œuvre dans la détermination de la hiérarchie de masse par les accélérateurs, les réacteurs et les neutrinos atmosphériques.

- [1] C. Zhang [for the Daya Bay Collaboration], arXiv:1501.04991 [hep-ex].
- [2] S. B. Kim, arXiv:1412.2199 [hep-ex].
- [3] J. I. Crespo-Anadon [Double Chooz Collaboration], arXiv:1412.3698 [hep-ex].
- [4] M. Batygov, S. Dye, J. Learned, S. Matsuno, S. Pakvasa and G. Varner, arXiv:0810.2580 [hep-ph].
- [5] A. B. Balantekin, H. Band, R. Betts, J. J. Cherwinka, J. A. Detwiler, S. Dye, K. M. Heeger and R. Johnson et al., arXiv:1307.7419 [hep-ex].