



Diffusion neutrino-électron: moment magnétique du neutrino et spectre des neutrinos solaires

M. Avenier, G. Bagieu, C. Barnoux, R. Bon Nguyen, R. Brissot, B. Guerre-Chaley, J.M. Laborie, D.H. Koang, D. Lebrun, A. Stutz, B. Vignon

We have built a low background detector based on a gas time projection chamber surrounded by an active anti-Compton shielding. The detector is installed near a nuclear reactor at Bugey for the experimental study of $\bar{\nu}_e, e^-$ scattering.

Expérience MUNU à Bugey

Au sein de la collaboration MUNU¹ nous entreprenons une expérience d'étude de la diffusion $\bar{\nu}_e, e^-$ à basse énergie. Pour cela nous bénéficions de l'intense source de neutrinos de basse énergie qu'est le coeur du réacteur nucléaire du Bugey [1]. L'étude précise de cette réaction devrait permettre de mieux comprendre les caractéristiques de l'interaction faible ainsi que les propriétés du neutrino. En effet dans le cadre du modèle standard [2] la diffusion $\bar{\nu}_e, e^-$ peut se faire par courant faible ou par courant chargé et l'étude de la section efficace différentielle de diffusion doit permettre d'observer l'interférence entre les deux et de déterminer l'angle de Weinberg $\sin^2\theta_W$. Dans le cas où le neutrino possède un moment magnétique non nul il peut interagir avec l'électron par échange d'un photon. Ce processus s'ajoute de façon incohérente à ceux de l'interaction faible.

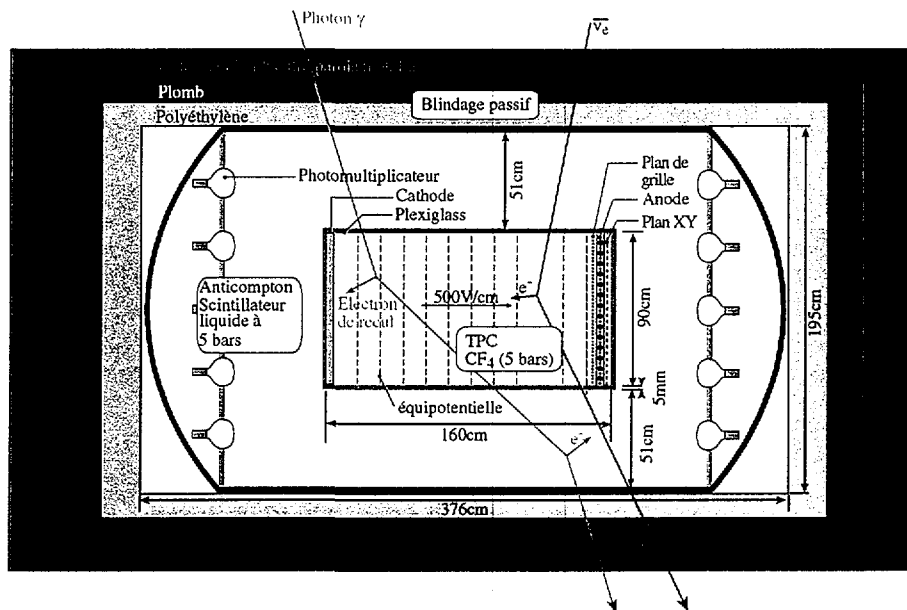


FIG. 1.6 – Principe du détecteur MUNU

L'expérience consiste à mesurer l'énergie et l'angle de diffusion de l'électron à partir de la trace qu'il laisse dans le gaz et de retrouver grâce à la condition cinématique l'énergie du neutrino incident. La comparaison du spectre diffusé avec le spectre incident permet d'étudier la section efficace et de mettre en évidence un éventuel moment magnétique du neutrino jusqu'à des valeurs de quelques $10^{-11}\mu_B$, valeur sensible pour les modèles astrophysiques.

1. Bochum, Grenoble, Neuchâtel, Padova, Zürich

La sensibilité de l'expérience étant plus grande lorsque l'énergie des neutrinos détectés est faible, le bruit de fond est un problème majeur pour cette expérience à faible taux de comptage : une dizaine d'événements par jour sont attendus.

Pour cela nous avons développé un détecteur de très bas bruit de fond [3] dont le principe est présenté sur la figure 1.6. Le coeur du détecteur est constitué d'une chambre à projection temporelle (TPC) en acrylique de 1 m^3 remplie de gaz CF_4 pressurisé à 5 bars, elle joue à la fois le rôle de cible et de détecteur. Afin de rejeter la presque totalité du bruit de fond la TPC est immergée dans un détecteur anti-Compton [4] à base de scintillateur liquide, lui même placé à l'intérieur d'un blindage passif constitué de polyéthylène boré et de plomb. La figure 1.7 représente l'enceinte de la TPC à l'intérieur de l'anti-Compton. De grandes précautions ont été prises quant au choix de tous les matériaux ainsi que lors de toutes les manipulations sur le site du Bugey. L'ensemble de détection est actuellement entièrement installé dans le local expérimental situé à 18 m du coeur du réacteur grâce notamment à une forte implication des mécaniciens de l'ISN. Les premières traces de muons cosmiques ont déjà pu être observées et nous sommes actuellement en période de tests et de réglage de l'expérience. Les premiers neutrinos devraient être détectés dans les mois à venir.

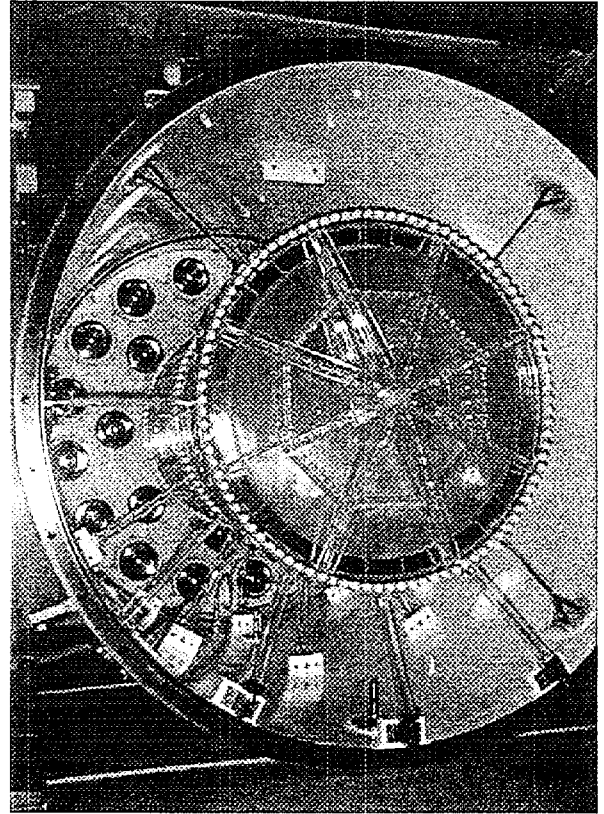


FIG. 1.7 - La TPC à l'intérieur de l'anti-Compton.

De MUNU vers un détecteur de neutrinos solaires

La physique des neutrinos est confrontée depuis plusieurs années au problème dit du "déficit des neutrinos solaires" [5], ce qui laisse entrevoir des modèles astrophysiques non standard ou de nouvelles propriétés pour les neutrinos. La mesure en temps réel des composantes pp , ${}^7\text{Be}$, pep des neutrinos solaires apporterait des informations essentielles. Dans ce but nous proposons un réseau de 4 détecteurs [6] de type MUNU basés chacun sur une TPC de 50 m^3 au CF_4 immergée dans du scintillateur liquide agissant en anti-Compton. Le taux de comptage attendu avec un seuil sur l'énergie de recul de l'électron de 100 keV est de 700 événements par an. L'utilisation d'une TPC comme détecteur permet de bénéficier des avantages de la cinématique de la réaction de diffusion ν_e, e^- et ainsi d'obtenir pour la première fois l'énergie des neutrinos dans la partie basse du spectre et une mesure du bruit de fond en ligne par une coupure angulaire appropriée. Le blindage anti-Compton actif permet quant à lui une moindre exigence vis à vis de la pureté des matériaux constituant le détecteur.

Afin d'optimiser les différents paramètres du projet nous effectuons des simulations sur les bases de l'expérience MUNU en utilisant les mesures de résolution en énergie et de résolution angulaire ainsi que les mesures d'activité des différents matériaux. Le détecteur MUNU constitue ainsi un prototype unique pour valider le projet. La connaissance et la compréhension du bruit de fond seront en particulier un test crucial.

D'autres études par simulation sont également en cours, concernant en particulier l'étude et la reconstruction des traces afin d'optimiser la résolution angulaire et d'en déterminer les facteurs limitant. De la recherche et développement sont encore nécessaires pour la lecture d'une chambre de très grande dimension, nous regardons dans cette voie la possibilité d'une lecture optique. Des contacts sont également pris avec la collaboration HELLAZ.

- [1] R. Bon Nguyen, thèse de l'université Joseph Fourier 1997.
- [2] B. Kayser et al. *Phys. Rev.*, D 20 (1979) 87.
- [3] C. Amsler et al. *Nucl. Phys.*, A396 (1997) 115.
- [4] J.M. Laborie, thèse de l'université Joseph Fourier 1998.
- [5] J. Bahcall, hep-ph/9711358.
- [6] Groupe Neutrino, rapport ISN n° 97.106

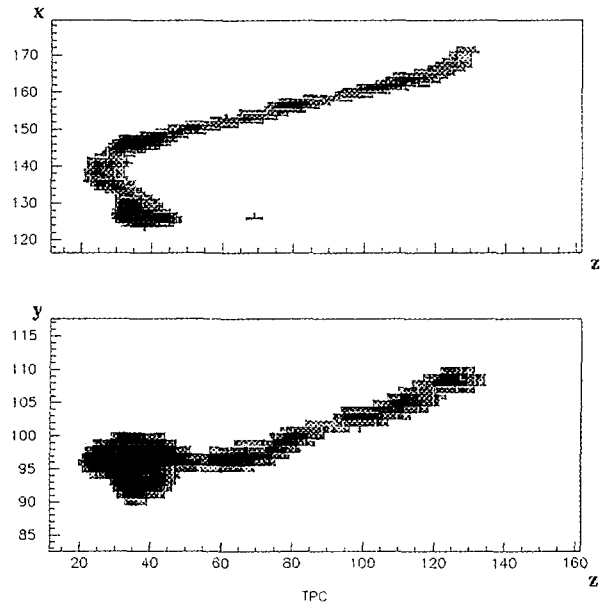


FIG. 1.8 – Projections d'une trace simulée d'électron.