



État d'avancement de NEMO 3. Détecteur dédié à l'étude de la décroissance $\beta\beta 0\nu$

D. Dassié, A. Guiral, G. Levy, D. Lewko, F. Mésplès-Carrère (CENBG)

Collaboration NEMO

La collaboration NEMO a commencé la construction du détecteur NEMO 3 avec pour objectif d'atteindre une limite de 0,1 eV sur la masse du neutrino de Majorana.

Le projet a été accepté par l'IN2P3 en 1994, la construction commencée en 1995 devrait s'achever en 1998. Le dispositif retenu est similaire à celui de NEMO 2 à un facteur d'échelle 10 près ; c'est ce facteur d'échelle, ainsi qu'une couverture calorimétrique proche de 4π et des temps de mesure de plusieurs années qui permettront d'atteindre la sensibilité souhaitée. Il est prévu de pouvoir étudier jusqu'à 10 kg d'échantillons enrichis en isotopes émetteurs. NEMO 3 permettra d'étudier les différents processus $\beta\beta 0\nu$, $\beta\beta 0\nu m$ et $\beta\beta 2\nu$ jusqu'à des périodes de 10^{25} , 10^{23} et 10^{22} années. Des périodes aussi élevées imposent une sélection sévère de tous les matériaux entrant dans la confection du détecteur pour éviter que le signal attendu ne soit pollué par un signal parasite induit par la propre radioactivité du détecteur, elles nécessitent aussi une parfaite connaissance du bruit de fond du laboratoire et ses effets sur le détecteur.

DESCRIPTION DU DÉTECTEUR

NEMO 3 est un détecteur cylindrique de 4 m de diamètre et de 3 m de haut (figure 1). La source émettrice de particules β est une fine peau d'épaisseur 50 μm disposée suivant une couronne cylindrique de 2,8 m de diamètre et de 2 m de haut, elle partage la chambre remplie d'hélium en 2 zones concentriques.

Dans chaque zone, 9 couches concentriques de cellules Geiger verticales permettent la reconstruction des traces des particules chargées dans l'hélium (6000 cellules).

La chambre gazeuse est entourée de détecteurs à scintillation (constituant les revêtements des cylindres intérieur et extérieur ainsi que des disques horizontaux supérieur et inférieur fermant la chambre). Les détecteurs (1940 scintillateurs) fournissent les informations énergie et temps de vol des électrons et des photons. Un solénoïde entoure le détecteur et produit un champ vertical de 3 mT, sa fonction est de séparer les trajectoires des particules e^+ , e^- créées par les photons.

A l'extérieur un blindage de plomb et fer atténue les rayonnements venant du laboratoire. Le détecteur sera installé au L.S.M. à l'abri des rayonnements cosmiques.

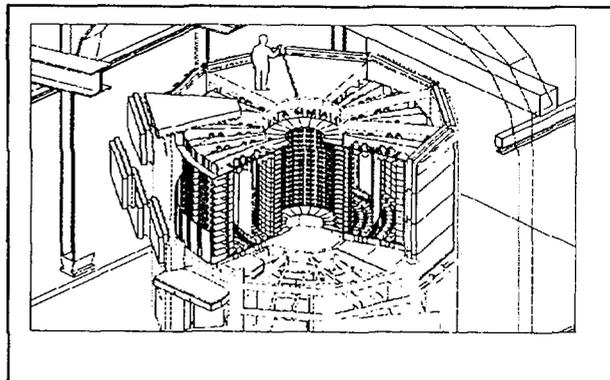


Figure 1 : NEMO 3 - 30 tonnes de matériaux basse radioactivité + 300 tonnes de blindage

CONTRIBUTION DU CENBG

Le groupe NEMO du CENBG a en charge, la construction des murs calorimétriques, les mesures de pureté radioactive des matériaux par spectroscopie γ [1], et les calculs par simulation de l'effet des neutrons sur le détecteur [2].

LES MURS CALORIMÉTRIQUES

NEMO 3 est constitué de 20 secteurs identiques. Chaque secteur comprend une partie verticale interne et une partie verticale externe, qui constitueront les murs (figure 2). La partie interne est formée de deux colonnes équipées de 17 modules chacune, la partie externe est constituée de trois colonnes équipées de 13 modules. Un module interne comprend un scintillateur (dimension environ 150 x 150 x 100 mm^3), un guide lumière et un photomultiplicateur 3", un module externe comprend un scintillateur de plus grande dimension (environ 200 x 200 x 100 mm^3), un guide de lumière et un photomultiplicateur 5". Ce sont en tout 1460 modules qui seront collés sur la charpente métallique.

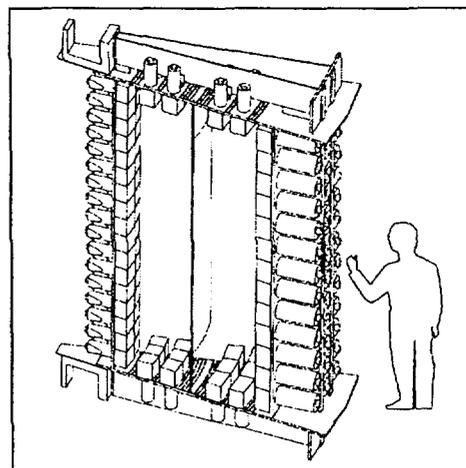


Figure 2 : un secteur 1/20 du détecteur

Optimisation des performances

Scintillateurs

Les procédures employées dans la construction ont été mises au point au CENBG lors d'études préliminaires. L'habillage retenu pour les scintillateurs l'a été après différents essais et mesures, il correspond à la meilleure collection de lumière. Les états de surface des scintillateurs et des guides ont été optimisés, l'objectif étant d'obtenir la meilleure résolution en énergie. Des essais de tenue mécanique des colles, de transparence optique ont également été nécessaires sans oublier la condition toujours impérative de non pollution radioactive des matériaux utilisés. Les scintillateurs sont fabriqués au JINR de Dubna, puis acheminés à Bordeaux où ils sont contrôlés pour leur rendement lumineux. Les performances des 520 premiers scintillateurs ont ainsi été mesurées à l'aide d'une source à électrons et d'un spectromètre plus particulièrement dédié à des mesures comparatives suivant le point d'impact des électrons sur la surface d'entrée. Ce spectromètre a été fabriqué à l'IRES de Strasbourg.

Photomultiplicateurs

Le CENBG a eu à contrôler les performances des photomultiplicateurs 5" fournis par trois constructeurs qui ont répondu à un appel d'offre précisant dans un cahier des charges les tolérances en matière de radioactivité, de résolution en énergie, de résolution en temps, de linéarité, de bruit électronique, de gain. Les mesures sur prototypes ont conduit à choisir la firme Hamamatsu.

Construction des murs calorimétriques

Le CENBG a construit spécialement pour ce travail une salle de montage équipée d'un traitement d'air régulé en température et en pression.

Les scintillateurs et les guides de lumière sont polis puis recouverts d'un milieu réfléchissant (téflon et mylar aluminisé). Les guides de lumière en PMMA préalablement collés dans un fourreau métallique viennent boucher les orifices percés dans la charpente de cuivre. Ils assurent la liaison entre les scintillateurs qui baignent dans l'hélium et les photomultiplicateurs qui sont à l'extérieur. Les guides sont collés sur la charpente métallique et doivent assurer l'étanchéité du détecteur. Les scintillateurs sont ensuite collés aux guides de lumière avec une colle optique, les modules sont contiguës et recouvrent tout le mur (figure 3). En fin de collage les résolutions en énergie de chaque détecteur sont mesurées sur des électrons de 1 MeV fournis par le spectromètre qui peut se déplacer devant les scintillateurs. Les résultats sont archivés (typiquement, les résolutions sont autour de 13 %) puis le secteur est expédié au LAL pour assemblage et tissage des fils Geiger. Actuellement quatre secteurs sont équipés de scintillateurs, les deux premiers sont assemblés et tissés, les tests des cellules Geiger sous hélium sont en cours.

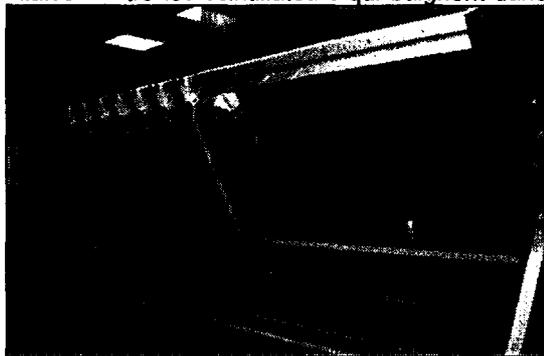


Figure 3 : mur vertical externe (1 secteur) porté durant la construction par un bâti horizontal, les scintillateurs sont en cours de collage sur deux colonnes, sur la troisième colonne, on peut distinguer les guides de lumière

Références :

- [1] Développement des détecteurs Ge bas bruit de fond au LSM
R. Gurriarán, F. Hubert, Ph. Hubert, R. Torrès (CENBG - rapport d'activité 95/96 p60)
- [2] Les neutrons dans NEMO 3 : tests et développements du code MICAP/GEANT
Fabrice Piquemal (CENBG - rapport d'activité 95/96 p58)