

# De NEMO-3 à SuperNEMO



Le neutrino, particule élémentaire neutre, est peut-être une particule de Majorana – c'est-à-dire identique à son antiparticule. La plupart des extensions du Modèle Standard (notamment les théories de grande unification) incluent cette propriété qui pourrait expliquer, via la leptogénèse, l'asymétrie matière-antimatière dans l'Univers. La recherche de la double désintégration bêta sans émission de neutrino ( $0\nu\beta\beta$  : émission d'exactly deux électrons d'énergie totale fixée) signerait la nature "Majorana" du neutrino. Par conservation de l'énergie, seuls certains isotopes (comme le  $^{82}\text{Se}$  et le  $^{100}\text{Mo}$ ) peuvent produire une telle réaction. Ce processus n'a pas encore été observé expérimentalement : s'il existe il est très rare, avec une demi-vie supérieure à  $10^{24}$  ou  $10^{25}$  ans.

La détection d'un signal  $0\nu\beta\beta$  est un défi : l'énergie des électrons doit être mesurée très précisément et les bruits de fond maintenus à un niveau extrêmement faible, notamment la radioactivité des sources double bêta et du détecteur. Ainsi, l'expérience NEMO-3 est située sous 1 800 m de roche dans le Laboratoire Souterrain de Modane pour s'affranchir des muons issus des rayons cosmiques. Entourée d'un blindage qui la protège des rayons gamma et des neutrons, elle est placée dans une atmosphère appauvrie en radon.

L'expérience NEMO-3, après 5 ans de prise de données avec 7 kg de  $^{100}\text{Mo}$  et 1 kg de  $^{82}\text{Se}$ , n'a pas observé d'excès significatif d'événements  $0\nu\beta\beta$  par rapport au bruit de fond attendu (cf. figure 1). Des limites ont donc été posées sur les paramètres de la théorie : masse effective du neutrino, couplage aux courants droits, supersymétrie.

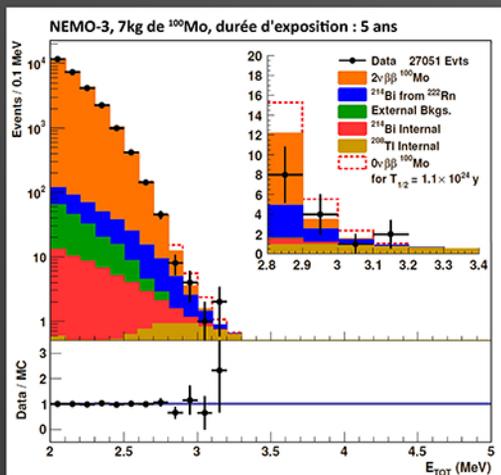


Figure 1 : spectre à partir de 2 MeV de la somme des énergies des électrons mesurés par NEMO-3 avec la source  $^{100}\text{Mo}$ . Les points représentent le nombre d'événements mesurés dans chaque intervalle d'énergie et les barres verticales les incertitudes associées. Les histogrammes pleins correspondent aux contributions du bruit de fond dont la somme décrit parfaitement les données. Pour comparaison, l'histogramme en pointillés montre un hypothétique signal  $0\nu\beta\beta$  de demi-vie égale à  $1,1 \times 10^{24}$  ans. Sur la droite, on peut voir un agrandissement de l'extrémité du spectre en énergie ( $2,8 \text{ MeV} \leq E_{\text{TOT}} \leq 3,4 \text{ MeV}$ ) montrant la zone où devrait se trouver le signal de la désintégration  $0\nu\beta\beta$ .

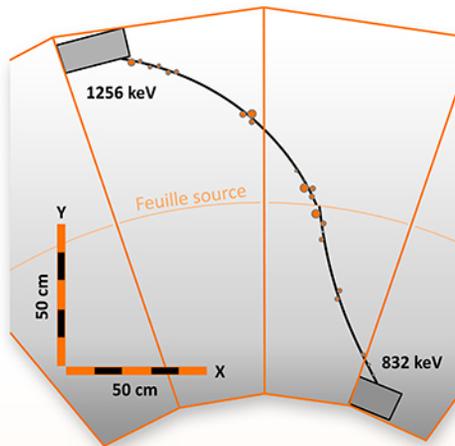


Figure 2 : un événement double bêta. La désintégration d'un noyau de la feuille source produit deux électrons. Les trajectoires de ces particules, courbées par un champ magnétique, sont reconstruites dans le détecteur de traces tandis que leurs énergies sont mesurées par le calorimètre. Les deux neutrinos éventuellement produits échappent à toute détection car ils n'interagissent pas avec la matière du détecteur.

Le successeur de NEMO-3 sera SuperNEMO, un détecteur basé sur la même technique dite "tracko-calor" (reconstruction des trajectoires des électrons dans une chambre à fils combinée à la mesure de leurs énergies et temps de vol dans un calorimètre) mais plus performant. SuperNEMO surveillera également une quantité de matière plus importante puisque ses 20 modules contiendront au total 100 kg d'isotopes double bêta ( $^{82}\text{Se}$ ,  $^{150}\text{Nd}$  ou  $^{48}\text{Ca}$ ).

Le premier module de SuperNEMO sert de démonstrateur à l'expérience. Il contiendra 7 kg de  $^{82}\text{Se}$ . Mis en route début 2015, son objectif est d'atteindre un niveau de bruit de fond de 0,1 événement par an, afin d'obtenir une sensibilité sur la demi-vie d'un processus  $0\nu\beta\beta$  de  $6,5 \times 10^{24}$  années après deux ans et demi de prise de données. Les services techniques du LAL ont la responsabilité de la mécanique et de l'électronique de SuperNEMO.

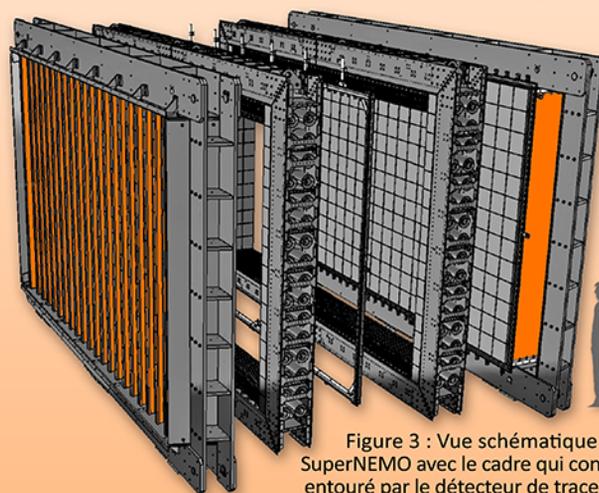


Figure 3 : Vue schématique du démonstrateur SuperNEMO avec le cadre qui contiendra les sources, entouré par le détecteur de traces et le calorimètre.

La mesure de la radioactivité des feuilles sources de SuperNEMO (extrêmement faible !) a nécessité le développement d'un détecteur dédié, BiPo-3. Celui-ci mesure les cascades radioactives naturelles Bismuth-Polonium. Ce détecteur, installé au laboratoire souterrain de Canfranc situé à la frontière entre la France et l'Espagne, a été réalisé par le LAL.

