

Compte rendu du CSTS de l'Irfu/SPP du 14 novembre 2014

Président : Ch. Yèche (SPP).

Secrétaire : F. Couderc (SPP).

Présents : F. Ardellier (chef du SIS), S. Anvar (Sédi), A.-I. Etievre (chef du SPP), F. Bauer (SPP), Ph. Chomaz (chef de l'Irfu), F. Déliot (SPP), J. Dumarchez (LPNHE, rapporteur pour DoubleBeta), A. Giuliani (CSNSM, rapporteur pour CeSOX), J.F. Glicenstein (SPP), E. Mazzucato (SPP, rapporteur pour CeSOX), Nathalie Palanque-Delabrouille (SPP, rapporteur pour Edelweiss), M. Talvard (adjoint au chef du SAp), G. Vasseur (adjoint au chef du SPP).

Le conseil scientifique et technique du SPP s'est réuni ce jour pour la revue de trois projets, le premier portant sur l'expérience Edelweiss, le second sur une proposition de recherche de la désintégration double bêta sans neutrino et le dernier sur l'expérience CeSOX.

Expérience Edelweiss

L'expérience Edelweiss cherche à détecter le recul nucléaire généré par l'interaction d'un WIMP sur une cible de Germanium placée dans un bolomètre sensible non seulement à la chaleur mais également au signal d'ionisation. Ces détecteurs sont placés dans le cryostat du laboratoire souterrain de Modane (LSM). L'expérience Edelweiss entre aujourd'hui dans sa troisième phase. Néanmoins, en raison du retard accumulé par rapport à la concurrence des expériences au Xénon di-phasique (Xenon100, LUX), les membres du groupe ont revu leurs objectifs pour cette prise de données. Ainsi, le groupe espère atteindre des sensibilités équivalentes aux sensibilités actuelles des détecteurs Xénon pour une recherche de WIMPs standard. Cela sera obtenu en utilisant les données prises jusqu'à l'été 2015 (exposition de 3T.jour). Ensuite l'expérience devrait effectuer un nouveau run avec une mise à jour de quelques bolomètres pour s'orienter vers la recherche de WIMPs de basse masse (entre 5 et 15 GeV) pour laquelle les expériences au Xénon ne sont pas sensibles. Cette stratégie nécessite d'ouvrir le cryostat d'Edelweiss à l'été 2015, décision qui n'a pas encore été prise par la collaboration.

Le CSTS félicite le groupe pour le démarrage d'Edelweiss-III et pour sa stratégie bien définie. Il note en particulier la forte implication du groupe dans les recherches de basses masses et d'axions, obtenant déjà aujourd'hui des résultats au niveau des meilleures sensibilités mondiales. Étant donné la concurrence des expériences au Xenon pour les recherches de WIMPS standards, le CSTS soutient la stratégie du groupe qui nécessite l'ouverture du cryostat au cours de l'année 2015. En effet, pour les recherches de basses masses, il serait souhaitable d'équiper au moins quatre bolomètres de transistors HEMT en cours de développement à l'Irfu. D'autres R&D, en particulier pour la voie chaleur, sont également en cours et pourraient permettre de réduire le seuil et ainsi d'améliorer les recherches à basses masses, ces améliorations seront néanmoins difficiles à démontrer d'ici l'été 2015 (effet Luke-Neganov...). L'ouverture du cryostat permettrait également de raccorder 12 bolomètres supplémentaires à la chaîne d'acquisition, soit une augmentation de l'exposition de 50 %.

Enfin, le CSTS encourage la stratégie du groupe Edelweiss, consistant à exploiter les données d'Edelweiss III de façon optimale, puis à réduire ses activités à une veille technologique sur le sujet en attendant les résultats des autres expériences de recherche directe de matière noire.

Proposition de recherche de désintégration double beta sans émission de neutrino

Une nouvelle ligne de recherche à l'Irfu a été proposée par un des membres du groupe Edelweiss. Il s'agit d'utiliser des bolomètres à scintillation pour rechercher des désintégrations double bêta sans émission de neutrinos ($0\nu\beta\beta$). L'intérêt de cette recherche dans le contexte de la physique des neutrinos actuelle est majeur. En effet, non seulement la $0\nu\beta\beta$ permet d'accéder directement à la nature des neutrinos (Dirac ou Majorana), mais de plus, si les neutrinos sont de type Majorana, elle donne une échelle absolue de la masse des neutrinos dont seules les différences de masse sont contraintes aujourd'hui. La compétition est également à la hauteur de l'enjeu scientifique. Si les expériences actuelles ne sondent pas encore la région intéressante en masse effective double bêta, la prochaine génération devrait couvrir la zone de hiérarchie de masse inverse, néanmoins aucun projet n'a démontré cette capacité sans une période préalable de R&D évaluée à 2-3 ans. Essentiellement quatre technologies sont en compétition : diodes germanium (Gerda, Majorana...), technologie au Xénon soit dans une TPC (EXO200, NEXT) soit dissous dans un scintillateur (KamLAND-Zen), l'option trajectographie (Super Nemo) difficilement évolutive vers des expériences multi-tonnes, et enfin l'option bolomètre (CUORE). C'est vers cette dernière option que se dirige l'Irfu, l'idée étant de développer des bolomètres scintillants (le signal de scintillation permettant de discriminer le bruit de fond des α) qui pourraient à terme équiper l'expérience CUORE-IHE s'ils sont suffisamment performants.

Une première étape a été franchie avec le projet LUMINEU essentiellement financé par une ANR (porteur CSNSM). Le choix du cristal s'est porté vers le ZnMoO₄, d'une part pour ses propriétés de scintillation et d'autre part pour l'énergie de transition $0\nu\beta\beta$ de l'isotope ¹⁰⁰Mo (Q=3.034MeV) au-delà de la radioactivité naturelle. La collaboration a tout d'abord testé le processus de cristallisation et de purification du cristal ZnMoO₄ puis réalisé avec succès l'enrichissement en isotope ¹⁰⁰Mo, deux cristaux de 60g ont ainsi été produits.

A moyen terme, le projet LUCINEU devrait permettre la réalisation de 40 bolomètres et l'obtention d'une sensibilité potentielle sur 5 ans équivalente aux limites attendues pour les expériences actuelles, l'objectif étant d'être prêt lorsque l'expérience CUORE-IHE décidera de la technologie à adopter.

Le CSTS félicite le groupe $0\nu\beta\beta$ pour ces développements novateurs et prometteurs et l'encourage à poursuivre dans cette voie. Il note néanmoins que le groupe est en sous effectif. Il serait indispensable qu'un physicien permanent de plus rejoigne le groupe (développement Geant4, potentiel voie chaleur seule...), d'autant plus que cette activité serait complémentaire avec les développements techniques poursuivis pour Edelweiss et la recherche de WIMPs de basse masse. Le CSTS serait également favorable à mettre en place une collaboration avec le SPhN pour le calcul des éléments de matrice des réactions nucléaires impliquées.

La question de la mise à niveau du cryostat du LSM a également été soulevée. En particulier, le LSM reste un endroit idéal pour tester les bolomètres de LUCINEU (le Gran Sasso étant l'autre possibilité) mais ceci nécessite plusieurs développements sur le cryostat lui-même. Il serait donc souhaitable d'évaluer dans un premier temps les développements nécessaires pour le LSM afin d'ajuster au mieux la stratégie à adopter.

L'expérience CeSOX

La physique des neutrinos présente aujourd'hui un certain nombre d'anomalies qui devront être éclaircies dans les prochaines années. En particulier, dans le secteur de la disparition de neutrinos électroniques, on note deux anomalies intéressantes : l'anomalie dite réacteur mise en évidence par des physiciens de l'Irfu et l'anomalie des sources d'étalonnage de Gallex et

de SAGE. Ces analyses présentent toutes deux un déficit de neutrinos par rapport au nombre attendu. Parmi les explications possibles, l'existence d'un quatrième type de neutrino, dit stérile, est souvent proposée et pourrait expliquer les deux anomalies simultanément. Ce quatrième type de neutrino n'interagirait avec la matière standard que par son mélange avec les 3 saveurs de neutrinos actifs. Les deux anomalies pointent vers un $\Delta m^2 \approx 2.3\text{eV}^2$, c'est-à-dire une oscillation très rapide sur des distances de l'ordre du mètre. C'est cette hypothèse que l'expérience CeSOX se propose de tester.

De nombreuses propositions d'expériences visant à étudier le scénario à quatre familles de neutrinos sont aujourd'hui proposées. Certaines sont basées sur une source radioactive de haute intensité, d'autres utilisent un réacteur nucléaire pour la production d'anti-neutrinos avec un détecteur placé très proche du coeur. L'Irfu est d'ailleurs présent dans les deux approches avec les expériences CeSOX (source radioactive) et Stereo (réacteur), les deux ayant des sensibilités très comparables. Parmi les propositions basées sur une source radioactive, CeSOX semble la plus avancée. Le groupe est constitué de membres permanents impliqués également dans l'expérience Double Chooz et l'expérience Nucifer.

L'expérience CeSOX se propose de déployer une source de ^{144}Ce de très haute activité (100-150 kCi) auprès du détecteur de neutrino Borexino au Gran Sasso. L'objectif étant de détecter une oscillation à courte distance (distorsion spectrales et spatiales) la source doit être le plus proche possible du détecteur. Le ^{144}Ce émet des neutrinos de 3MeV pour lesquels Borexino présente de très bonnes performances. Deux ERC (l'une à l'Irfu, l'autre en Italie) contribuent au financement de l'expérience CeSOX. Un engagement complémentaire à hauteur de 500kEuros est demandé à l'Irfu.

Le défi majeur de CeSOX réside dans la fabrication et le transport de sa source de cérium. Une seule usine de retraitement dans le monde est capable de réaliser cette source (Mayak, Russie). Le CSTS souligne la nécessité de concrétiser au plus vite le contrat avec le centre de Mayak. En outre, le temps de demi-vie de la source étant de 285 jours, le transport de la source et l'expérience doivent être réalisés en un temps très court de 18 mois. Le CSTS a vu là le point clef de la réussite de CeSOX. En effet, obtenir toutes les autorisations pour le transport de la source et la validation par les autorités de sûreté nucléaire (tant en France qu'en Italie) dans des délais aussi brefs sera un vrai défi. L'expertise du CEA et d'Areva dans ce domaine constitue en cela un atout majeur.

En plus de la statistique (activité de la source), la sensibilité de CeSOX est également conditionnée par la mesure de l'activité de la source qui sera réalisée par un calorimètre à eau (précision nécessaire $\approx 1.5\%$). Ce calorimètre est conçu en partenariat avec le SIS et la DEN. Le SIS est également impliqué dans la conception du blindage en tungstène de la source. CeSOX est donc un projet transversal fédérant nombres des savoir-faire du CEA.

Pour conclure, le CSTS note l'importance de l'enjeu scientifique : clarifier l'anomalie réacteur, ainsi que l'avance de CeSOX sur ses compétiteurs dans la stratégie "source radioactive". Néanmoins, les risques sont grands et le CSTS souligne la nécessité d'une vigilance accrue à l'égard de la gestion de la source. Il remarque également le potentiel manque d'effectif pour mener de front les différents projets dans lesquels le groupe de permanents est impliqué : Double Chooz, Nucifer, CeSOX. L'ensemble de la bourse ERC étant utilisé pour la fabrication de la source, le CSTS encourage le groupe à la recherche de post-docs, soit par financements externes soit par collaboration interne (DEN...). Une piste alternative serait de trouver de nouveaux collaborateurs.

Secrétaire : Fabrice Couderc
Président : Christophe Yèche