

d'entraînement du télescope est refaite au Laboratoire, de même que le dispositif de positionnement des filtres. Nous comptons que l'ensemble sera opérationnel vers la fin de l'année, et que nous pourrions ainsi découvrir 3 à 10 supernovæ par mois (selon la météorologie).

Dans une seconde phase, il est envisagé de remplacer la caméra actuelle par une caméra couvrant 1/2 degré carré, apportant un gain en efficacité d'un facteur 4.

EROS Nous participons également au programme EROS II qui recherche des supernovæ à distance intermédiaire ($z \simeq 0, 1$).

La campagne du printemps 1997 (en grande partie consacrée à la mise au point) a permis de découvrir 3 supernovæ, et on attend 3 à 5 supernovæ par mois en fonctionnement normal.

Parmi les retombées d'un tel programme figure l'étude du taux d'explosion des supernovæ, qui est encore très mal connu et fait l'objet de la thèse de *J.-C. Hamilton*.

L'ensemble de nos travaux se poursuit en collaboration avec des physiciens du Bureau des Longitudes, du CERN, du CEA (DAPNIA), du DESPA (Observatoire Paris-Meudon), du LAL (Orsay), et de l'Observatoire Midi-Pyrénées.

Les physiciens qui ont participé dans l'année aux travaux du groupe de cosmologie observationnelle du Laboratoire sont : *A. Bouquet, C. Ghesquière, Y. Giraud-Héraud, J.-C. Hamilton, J. Kaplan, Y. Le Du, A.-L. Melchior, et S. Réveillé*

4 Expériences sur les neutrinos



4.1 Recherche d'oscillations sur 1 km (centrale de Chooz)

Après avoir participé à plusieurs expériences auprès du réacteur nucléaire du Bugey, à des distances allant de 15 à 100 m du réacteur, le Laboratoire a participé à la formation d'une collaboration pour rechercher les oscillations sur une plus grande distance – 1 km – du point de départ des neutrinos, malgré les difficultés que suscite l'affaiblissement corrélatif de leur flux.

Cela est nécessaire pour leur laisser éventuellement le temps d'osciller, c'est-à-dire de passer d'une espèce à l'autre. Un tel phénomène, s'il existe, permettrait de connaître la masse des neutrinos. La zone couverte par l'expérience soulève un intérêt particulier, car les résultats de plusieurs expériences souterraines étudiant les neutrinos créés dans l'atmosphère indiquent qu'il pourrait y avoir une oscillation dans cette zone.

La collaboration de Chooz réunit 3 universités américaines (Philadelphie, New-Mexico et Irvine), 2 universités italiennes (Pise et Trieste), l'Institut Kourchatov à Moscou et 2 laboratoires français (le LAPP à Annecy et le Collège de France).

Des données ont été prises à l'automne 1996, avant le démarrage des réacteurs nucléaires ($2 \times 4\,200 \text{ MW}_{\text{th}}$), ce qui a permis de mesurer le bruit de fond, qui s'est montré conforme aux prévisions, et plutôt inférieur à celles-ci.

Le premier réacteur est à 80 % de sa puissance nominale depuis mars 97, et le deuxième atteindra ce plateau au début de l'été.

Un premier résultat devrait être publié à la fin de l'année.

L'expérience Le détecteur comporte une cible de 6 t de scintillateur liquide dopé au Gd, plongée dans 120 t de scintillateur liquide non dopé, dont elle est séparée par une mince paroi transparente. La cible est regardée à distance par 192 photomultiplicateurs.

Les liquides scintillants, de grande transparence et délicats, sont acheminés jusqu'au détecteur, depuis des réservoirs situés à l'extérieur, par une galerie de 200 m de long, avec une différence de niveau de 15 m. La fragilité du détecteur impose un remplissage simultané des différents éléments, avec une précision de l'ordre du centimètre. Le liquide scintillant a dû être changé en mars 97, et cette opération s'est déroulée avec succès.

La contribution du Laboratoire La construction du laboratoire d'étude des neutrinos dans le tunnel a été financée par EdF, et suivie par ses bureaux d'études. Le Laboratoire a pris en charge la liaison avec ces bureaux d'études, et le suivi du chantier (*D. Marchand*). Cette construction s'est avérée plus longue, difficile et coûteuse que prévu, notamment pour des problèmes de dureté de la roche.

Le Laboratoire a également pris en charge la cuve principale du détecteur. Les peintures réfléchissantes internes ont été sélectionnées au Laboratoire (*P. Guillouet*).

Les systèmes de remplissage et de vidange du détecteur et leur maniement sont également sous la responsabilité d'une équipe du Laboratoire (*P. Salin, M. Obolensky, V. Vyrodov, P. Guillouet*).

Le Laboratoire a développé un système pour échantillonner à 200 MHz les impulsions de photomultiplicateurs signant les interactions de neutrinos, en vue d'en mesurer à la fois l'amplitude, le temps et la forme.

(*P. Courty[†], G. Desplancques, H. de Kerret, D. Kryn, F. Roger, S. Soukhotine, J. Vergne*)

Une carte Fastbus a été développée pour cela au Laboratoire par *P. Courty*, qui, malgré une douloureuse maladie, l'a mise au point et mise en service, jusqu'à quelques semaines de son décès.

Elle a été fabriquée en collaboration avec la société CAEN à Pise. Une version destinée à être commercialisée est à l'étude (*F. Roger*).

Comme dans les expériences précédentes, la base de données (*J. Boucher*), l'acquisition (*D. Kryn*), la simulation (*H. de Kerret, B. Lefèvre*), et l'analyse des données (*M. Obolensky*) constituent un des axes importants de l'activité du groupe. Un étudiant (*D. Véron*) a soutenu en mars 1997 une thèse sur la reconstruction et la mesure du bruit de fond de l'expérience à l'aide des échantillonneurs à 200 MHz.

Vers des masses encore plus petites Cette expérience pourra servir de prototype pour une expérience plus lourde envisagée aux USA, à 13 km du réacteur de Perry, et à 500 m sous terre. Le Japon s'engage dans un projet plus ambitieux encore à Kamioka, à 160 km d'un réacteur.

La collaboration de Chooz est la réunion de collaborations actuellement existantes : Savannah River aux Etats-Unis, Rovno et Krasnoïarsk en Russie, Bugey en France. La poursuite de ce programme avec l'expérience de Perry mènera à l'exploration de masses du neutrino jusqu'à 0,01 eV. En-dessous, seuls les neutrinos issus du Soleil seraient peut-être susceptibles de fournir des indications, d'où l'intérêt témoigné par le groupe au projet HELLAZ pour l'avenir (Cf. section 5, p. 10).

Le groupe de physiciens menant cette expérience au Laboratoire est constitué de : *H. de Kerret, D. Krynn, B. Lefèvre, M. Obolensky, D. Véron et V. Vyrodoz*, ainsi que de nombreux visiteurs russes pour de courtes durées, en partie rémunérés sur le PICS 209 du CNRS, et dont l'activité présente un intérêt vital pour l'expérience.



FR9810214

5 Le projet HELLAZ sur les neutrinos solaires

Depuis 30 ans plusieurs expériences ont mis en évidence un déficit du flux des neutrinos solaires observés par rapport au flux calculé. Elles n'ont fourni cependant que des informations partielles.

L'expérience « HELLAZ » vise à fournir le spectre des ν_{\odot} ainsi que leur corrélation angulaire avec le soleil. Les électrons de recul de la collision $\nu_{\odot} - e$ sont détectés dans une chambre à projection temporelle (TPC) servant de cible. Le choix de l'hélium comme gaz abaisse le seuil en énergie pour les électrons à 100 keV, soit 200 keV pour l'énergie des neutrinos. HELLAZ sera donc sensible aux ν_{pp} , dont le flux ne dépend pratiquement pas du modèle de soleil, ainsi qu'aux neutrinos du ${}^7\text{Be}$.

Pour une bonne résolution en énergie des neutrinos, et notamment une bonne séparation entre neutrinos pp et neutrinos du ${}^7\text{Be}$, on fera une mesure précise de l'angle d'émission de l'électron de recul.

Dans ce but, la TPC fonctionnera en mode « digital », par mesure individuelle dans l'espace de chaque électron formant la trace de l'électron de recul et détermination précise des axes principaux de l'ellipsoïde d'inertie du nuage qu'ils forment au début de cette trace.

L'erreur de mesure de la direction de l'électron de recul est ainsi assez faible (~ 35 mrad) pour avoir une incertitude sur l'énergie des neutrinos inférieure à 10 %.

HELLAZ sera capable en outre d'identifier la saveur des neutrinos par la distribution angulaire de la collision $\nu - e$.

Physique avec HELLAZ HELLAZ mesurera avec précision le spectre des neutrinos pp , que l'on pense bien déterminé tant par la luminosité du soleil que par les mesures actuelles d'héliosismologie. Aussi, toute déformation de ce spectre doit être interprétée en termes physiques.

S. Petcov en a calculé la déformation dans le cas d'oscillation dans le vide. La figure jointe montre que la précision d'HELLAZ permet de mesurer cet effet.

Le projet a été présenté, et favorablement accueilli, en 1995, au Comité Scientifique du Grand Sasso sur les Expériences Futures et au Comité Scientifique du LSM à Paris ; puis au Conseil Scientifique de l'IN2P3 en février 1997