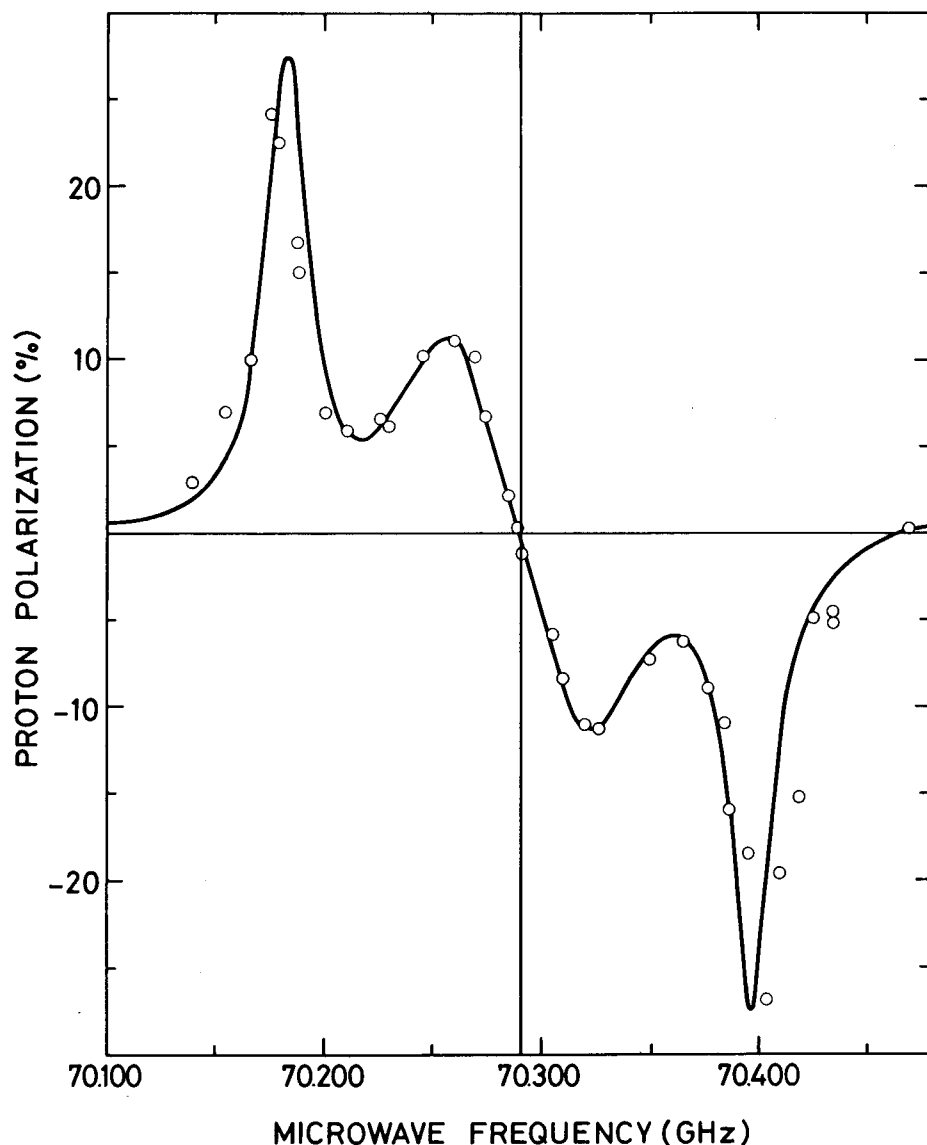




Mesure de la polarisation des protons en fonction de la fréquence des micro-ondes. Les deux grands pics à l'extérieur sont attribués à l'effet solide et les deux pics à l'intérieur sont dus à la polarisation dynamique par refroidissement du réservoir d'interactions spin-spin des électrons. La courbe théorique a été calculée en tenant compte des deux mécanismes. Les points correspondent aux valeurs expérimentales.

tuées par le groupe Aix-la-Chapelle-Bruxelles-CERN-Ecole Polytechnique-Milan-Orsay-University College de Londres, se révèle très précieuse et va sans aucun doute contribuer à mieux comprendre l'interaction faible et son rôle dans le comportement de la matière.

Cibles polarisées

Dans le numéro de juin, pages 183-184, on a fait mention des résultats remarquables obtenus avec les cibles polarisées de protons et de deutons grâce à l'utilisation d'un mécanisme différent de polarisation dynamique basé sur le refroidissement de ce qui est appelé « le réservoir d'interactions spin-spin des électrons ».

Depuis lors, le mécanisme de cette polarisation a été exploré plus en détail et une explication en sera donnée par la suite.

Si l'on place des noyaux ayant un moment magnétique μ_z dans un

champ magnétique homogène, ils se répartissent sur des niveaux d'énergie correspondant aux diverses orientations de leurs moments angulaires ou spins.

Dans le cas simple de l'électron ou du proton, dont le comportement est analogue à celui d'un petit barreau aimanté, il existe deux niveaux d'énergie possibles correspondant à l'orientation du spin vers le haut ou vers le bas.

Les spins ont tendance à prendre l'orientation correspondant à l'état d'énergie le plus bas mais, par suite de l'agitation thermique qui suffit aux températures élevées à leur faire rompre les rangs, les différents niveaux d'énergie seront sensiblement également occupés.

Si maintenant on refroidit un échantillon, réduisant ainsi l'agitation thermique, on peut espérer atteindre un certain taux de polarisation qui sera d'autant plus élevé que le champ magnétique sera plus intense et que la température sera plus basse.

Avec les champs magnétiques de 25 kG et les températures inférieures à 1 K que l'on peut maintenant obtenir, les électrons libres d'un échantillon sont polarisés à près de 100 % mais il n'en est pas de même pour les protons dont le moment magnétique est d'environ 3 ordres de grandeur plus faible que celui de l'électron et encore moins pour le deuton dont le moment magnétique est 6 fois plus petit que celui du proton.

La méthode de polarisation dynamique par effet solide, utilisée depuis 1958, consiste à provoquer des renversements du puissant aimant que constitue l'électron en tenant compte du fait que cet aimant, mille fois plus puissant que celui du proton, a quelques chances d'entraîner avec lui le petit aimant d'un des protons libres qui l'entoure.

Pour induire ces transitions, appelées transitions « flip-flop », on irradie l'échantillon dont on veut polariser les protons à l'aide de micro-ondes dont la fréquence est choisie en fonction de l'état d'énergie dans lequel on veut amener les protons pour obtenir soit une polarisation positive, soit une polarisation négative.

Après une transition flip-flop, le proton reste pointé dans la même direction pendant un temps de plusieurs secondes alors que l'électron qui a été amené sur son état d'énergie le plus haut, retourne à son état d'équilibre en un temps de l'ordre de la milliseconde et se trouve de nouveau prêt à induire de nouvelles transitions. Par ce mécanisme, les protons libres d'un échantillon peuvent être amenés à des taux de polarisation élevés.

Cette explication simple, dans laquelle on ne tient compte que du couplage entre un électron et un proton est apparue insuffisante pour rendre compte du comportement d'ensemble du très grand nombre d'électrons et de protons libres d'un échantillon.

Pour remédier à cette insuffisance, il fallait donner une interprétation statistique quantique du mécanisme de polarisation. Étudiée en particulier par des groupes de l'Institut de radio-électronique de Moscou, de l'Uni-

Il y a 20 ans ce mois que le site a été mis à la disposition du CERN, comme nous le rappelons dans notre article principal. Les premiers arrivants furent installés dans des « baraquements provisoires ». Mais quelle peut être la durée du provisoire? Cette photo a été prise il y a quelques semaines, lors du démantèlement d'une de ces baraques après vingt années d'utilisation continue.

versité de Leyden aux Pays-Bas, et par le Groupe des cibles polarisées du CERN, elle a été confirmée par de nombreux résultats expérimentaux.

Tous les aimants que constituent les électrons d'un échantillon ne peuvent être considérés comme indépendants les uns des autres et sont capables d'interagir entre eux. On a donc été amené à les considérer comme formant un groupe qui a été appelé réservoir d'interactions spin-spin des électrons. Ce réservoir peut être caractérisé par un seul paramètre: la température du spin T_s .

Les différentes autres sortes d'aimants présents dans l'échantillon forment alors autant d'autres réservoirs d'énergie qu'il y a d'espèces différentes (réservoir des protons, réservoir des deutons, etc.).

Le réservoir des électrons étant constitué d'aimants très puissants par rapport à ceux des autres groupes, il faut s'attendre à constater un fort couplage thermique entre le réservoir des électrons et chacun des autres réservoirs. Ce couplage thermique tendra donc à donner aux différents noyaux la même température de spin que celle du réservoir des électrons.

Ce couplage thermique fournit un nouveau mécanisme de polarisation dynamique: si on est capable de refroidir le réservoir d'interactions spin-spin des électrons, c'est-à-dire d'abaisser sa température de spin, on réduira du même coup la température de spin des autres réservoirs, ce qui aura pour effet direct d'augmenter le taux de polarisation des noyaux libres de l'échantillon.

Ce refroidissement se fait par irradiation de l'échantillon à l'aide de micro-ondes dont la fréquence est proche de la fréquence de résonance magnétique de l'électron.

Cette dernière méthode a pu être bien vérifiée par l'expérience, en particulier avec le 1,2 éthanédiol partiellement deutéré (voir volume 13, page 184) où les protons et les deutons prennent la même température de spin que les électrons, conduisant à des taux élevés de polarisation.

Toutefois, les deux mécanismes de

polarisation décrits plus haut sont étroitement liés et difficilement différenciables. Pourtant, avec un échantillon de m-xylène partiellement deutéré (2,2 —D6) et dopé avec du BDPA (6×10^{18} spins/cm³), les résultats prouvent l'existence de ces deux mécanismes.

Par la mesure de la polarisation des protons en fonction de la longueur d'onde des micro-ondes, on voit apparaître (voir illustration) quatre pics dont les deux plus grands sont dus au mécanisme de polarisation dynamique par effet solide, alors que les deux plus petits sont dus au refroidissement du réservoir d'interactions spin-spin des électrons.

Ce dernier mécanisme devient d'ailleurs prépondérant dans certaines substances, comme le butanol et le propanédiol par exemple.

De la même façon que l'on peut obtenir la polarisation dynamique en refroidissant le réservoir d'interactions spin-spin des électrons, on peut refroidir le réservoir d'interactions

entre les protons par irradiation avec un champ HF. Il apparaît qu'il existe un couplage thermique entre ce réservoir et le réservoir d'énergie quadrupolaire des deutons qui est dû à l'interaction avec le gradient de champ électrique dans la cible.

Le refroidissement de ce réservoir permet d'obtenir un alignement pur des deutons.

L'alignement, comme la polarisation, définit un certain degré d'orientation des spins des deutons qui peuvent prendre 3 orientations différentes dans un champ magnétique.

La valeur de cet alignement peut monter jusqu'à 60 % pour des deutons qui ont une orientation favorable dans le champ magnétique extérieur, ce qui correspond à une température de spin de 7 μ K. Malheureusement, l'alignement moyen de tous les deutons est seulement d'environ 10 %.

De meilleurs résultats pourraient être obtenus dans les monocristaux où l'on peut choisir l'orientation des molécules.



Photo prise début mai et montrant un aspect du démontage de l'aimant de BEBC, la chambre à bulles européenne de 3,70 m: blindage magnétique en fer (1); parties inférieure (2) et supérieure (3) de l'enceinte à vide de l'aimant; pompes à vide turbomoléculaires pour les hublots optiques (4); les deux bobines supraconductrices (5); une plate-forme de manutention (6); les deux cryostats (7); le couvercle du cryostat supérieur (8) accroché au palonnier du pont roulant dont la charge utile est de 170 tonnes. La chambre proprement dite n'est pas démontée; elle se trouve à l'intérieur du blindage (1).



CERN 27.5.74

Réunion sur la technologie associée à la physique des hautes énergies

Du 24 au 26 avril s'est tenue au CERN une Réunion sur la technologie associée à la physique des hautes énergies, qui a été le principal sujet de notre numéro d'avril. Plus de 220 participants, venus des quatre coins de l'Europe, ont assisté à une série de conférences visant à faire le point sur les principaux domaines technologiques liés à nos activités de recherche. Ils ont par ailleurs pu consacrer la moitié du temps de la Réunion à la visite des installations du CERN, où quelque 300 pièces étaient exposées.

Le samedi 27 avril, les portes du CERN s'ouvrirent pour les visiteurs de la communauté technologique et industrielle des régions voisines. C'est ainsi que les collègues techniques et les Chambres de commerce de Lyon,

Bourg, Annecy, Grenoble, etc., pour la France, et de Genève, Lausanne, etc., pour la Suisse, avaient été invités à visiter l'exposition.

Les réactions au sujet de la réunion furent généralement très favorables et la grande majorité des intéressés semblent avoir tiré profit de leur visite. De nombreuses personnes ont paru montrer un intérêt très soutenu en présence de ce flot d'informations sur les activités technologiques.

On s'attache actuellement à déterminer de façon plus précise quels ont été les pôles d'intérêt pour les représentants de l'industrie, en vue d'examiner ce que pourrait faire le CERN pour répondre à cet intérêt.

Indépendamment des visiteurs de l'extérieur, les membres du personnel du CERN ont eu l'occasion d'en apprendre davantage sur les travaux de leurs collègues et, même comme simples manifestations internes d'information technologique, la Réunion et l'exposition ont été des initiatives particulièrement heureuses.

Démontage de BEBC

Depuis le début du mois de mars, BEBC, la chambre à bulles européenne de 3,70 m, est sur la table d'opération où elle a été soumise à un désossement spectaculaire.

On sait que BEBC avait présenté, d'une manière irrégulière, des anomalies intermittentes qui se manifestaient lors de la charge et de la décharge de l'aimant. Pendant le réchauffage de cet aimant, en janvier dernier, ces incidents de parcours réapparaissaient et les mesures confirmaient bientôt la présence d'un court-circuit, non pas dans la bobine elle-même, mais entre des fils auxiliaires non-supraconducteurs. Aussi, on décida de procéder à une réparation plutôt que de courir le risque d'un fonctionnement rendu difficile par l'énergie emmagasinée (730 MJ à 3,5 T). Cette réparation sous-entendait le démontage systématique de l'aimant, à partir du pôle supérieur du blindage magnétique jusqu'à la bobine et à ses fils défectueux, en passant par la cuve à vide et les cryostats.

Ce que l'on peut dire (début mai), c'est que le diagnostic de février se confirme: si toute la partie supraconductrice de la bobine est hors de cause, par contre, entre des fils ordinaires qui longent verticalement un des tirants, on a relevé des traces de courts-circuits (isolations brûlées, fils de cuivre fondus, etc.). On procède en ce moment à la dissection des piles des doubles galettes afin de nettoyer ces galettes et d'inspecter minutieusement toute la bobine.

On espère trouver une explication des causes de l'incident et des hypothèses sont présentement à l'examen. Nous y reviendrons dans un très prochain numéro.

Enquête auprès des lecteurs

Une carte-réponse à une enquête auprès des lecteurs « extérieurs » est