



ÉDITORIAL

La décision du congrès américain d'arrêter la réalisation du SSC (Superconducting Super Collider, voir Scintillation 2 n°9) est une mauvaise nouvelle.

- C'est une mauvaise nouvelle pour le DAPNIA qui avait partiellement fondé sa stratégie scientifique et technique sur la participation d'un groupe de physiciens à l'une des expériences prévues auprès de ce collisionneur et sur la construction de quadripôles pour la machine. En plus de l'intérêt physique, qui était la motivation principale pour la participation à l'expérience SDC auprès du SSC, cette participation permettait de maintenir un contact établi depuis longtemps avec les équipes américaines de pointe.

- C'est une mauvaise nouvelle pour la physique des particules qui perd ainsi pour longtemps la possibilité d'accéder à des énergies de 40 TeV. Rappelons que le LHC sera une machine de 14 TeV.

- C'est une mauvaise nouvelle pour la recherche fondamentale, car les objectifs de physique que le SSC devait atteindre et qui sont dans l'ensemble largement reconnus par la communauté scientifique, n'ont pas réussi à convaincre le congrès malgré l'ampleur de l'effort considérable déjà réalisé.

QUE FAIRE ?

La décision par le même congrès de réaliser une usine à B à Stanford pour l'étude de la dissymétrie matière anti-matière, et l'existence au DAPNIA d'un fort groupe motivé par cette physique, déjà actif et très lié à SLAC, nous permet d'envisager à une échéance rapprochée (1998 ?) le démarrage d'une expérience approuvée en juillet 1993 par le conseil scientifique du SPP sur la "violation de CP dans le système des mésons B" avec une forte participation du DAPNIA.

Rappelons que notre programme de physique des particules est riche à l'horizon de l'an 2000 : HERA (ep), LEP 200 (e^+e^-), DØ à FERMILAB ($p\bar{p}$ à 2 TeV) et la préparation d'ATLAS au LHC ($p\bar{p}$ à 14 TeV) pour ne parler que des expériences les plus "lourdes". Ce programme, avec maintenant l'usine à B, est équilibré. Notre mission est de l'assurer au mieux.

Enfin, il nous faut tirer les leçons de l'échec du SSC. Une vision "planétaire" de notre discipline est maintenant nécessaire. Nous y sommes bien préparés au DAPNIA. Des initiatives, en ce sens, auxquelles nous sommes parties prenantes, sont en cours.

UN TOROÏDE SUPRACONDUCTEUR POUR ATLAS

Les expériences envisagées auprès du LHC mettent en oeuvre des détecteurs gigantesques qui prendront place dans de véritables cathédrales souterraines. Ces détecteurs requièrent la création de champs magnétiques dans des volumes inégaux et entraînent une nouvelle escalade dans la technologie des grands aimants supraconducteurs.

Le STCM est impliqué dans l'étude de deux de ces aimants destinés aux détecteurs CMS et ATLAS. Alors que CMS comporte un solénoïde de 6 mètres de diamètre intérieur et 14 mètres de longueur, avec un champ de 4 teslas et une énergie magnétique record de 2850 mégajoules, ATLAS s'est orienté vers une configuration de champ toroïdal de 1 tesla encerclant totalement la zone expérimentale où seront produites les collisions P-P. Pour fixer l'ordre de grandeur, il suffit d'indiquer que l'enveloppe extérieure du toroïde mesure 20 mètres de diamètre et 26 mètres de longueur.

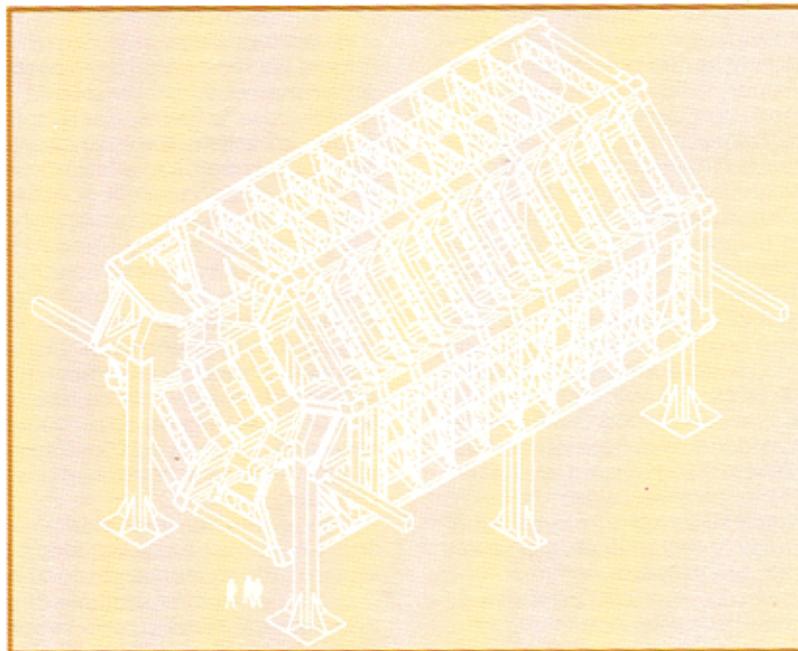
L'enjeu d'un tel projet revêt plusieurs aspects. ATLAS est l'expérience LHC dans laquelle s'est engagé de façon prioritaire le Service de Physique des Particules du DAPNIA. Il s'agit en fait d'un type d'aimant tout à fait nouveau pour ce domaine de la physique, tant par la configuration magnétique proposée que par sa taille exceptionnelle.

Comment donc se présente ce toroïde ?

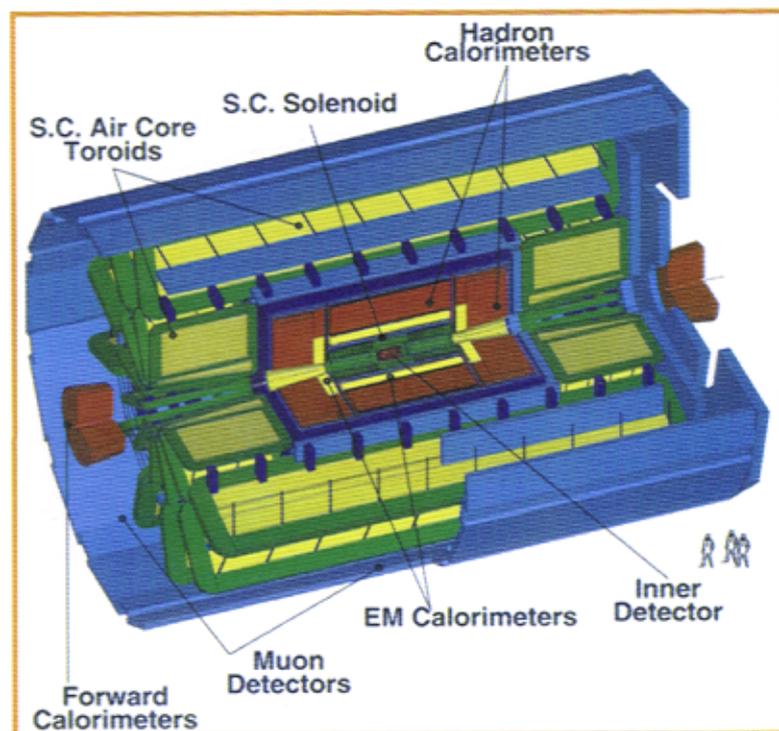
Il est constitué de 8 bobines indépendantes assemblées en éventail et de façon symétrique autour de la zone centrale du détecteur. A part les éléments de structure nécessaires à l'assemblage et à la tenue de ces bobines, l'espace entre bobines est ouvert à l'air libre et permet la mise en place des détecteurs à muons avec une couverture angulaire quasi totale.

Chaque bobine est formée de deux doubles galettes planes en forme de "racetrack" (champ de course) de 25 mètres de long et 5 m de large placées de part et d'autre d'une plaque centrale chargée de contenir rigidement les efforts internes qui s'exercent sur les conducteurs sous l'effet du champ magnétique.

Ces plaques, munies de leurs enroulements, constituent ce que l'on appelle la partie froide de l'aimant qui doit être maintenue à la température de l'hélium liquide (4,2 K) afin de conserver l'état supraconducteur du bobinage. Elles doivent être isolées thermiquement du milieu extérieur et, pour cela, enfermées dans un cryostat comprenant une enceinte à vide chaude (à température ambiante), des écrans refroidis à une température intermédiaire de l'ordre de 70 K, des intercalaires multicouches de superisolant et les circuits de distribution internes, cryo-



Vue en perspective du toroïde assemblé



Éclaté du détecteur

géniques et électriques. Vues de l'extérieur, les bobines se présentent donc comme des boîtes plates hermétiquement closes, à l'exception d'ouvertures ménagées pour la mise en place ultérieure des supports froids interbobines.

En effet, du fait de la configuration de champ toroïdal, chaque bobine est soumise à une force résultante dirigée vers l'axe du tore de l'ordre de 1400 tonnes. L'ensemble de toutes ces forces est repris sur une structure centrale travaillant en compression et constituée d'une série d'anneaux distribués le long du tore et formés eux-mêmes d'éléments de voussoirs fixés directement sur les plaques supports de bobines. Ces voussoirs seront reliés entre eux au moment de l'assemblage des bobines et devront être, ensuite, isolés thermiquement de façon à refermer complètement l'enceinte cryogénique.

Revenons à la partie active de ces bobines, c'est-à-dire l'enroulement supraconducteur chargé de créer le champ magnétique. Pour obtenir le champ désiré, il doit fournir un nombre donné d'ampères-tours. Dans le cas présent, chaque bobine doit produire 3.10^6 At, ce qui est obtenu, pour un courant de 20 000 A dans le conducteur, avec 150 spires par bobine. Le choix d'un courant élevé de 20 000 A est lié à l'énergie magnétique accumulée dans le tore, qui s'élève à 1 250 mégajoules, et à la nécessité de protéger l'aimant en cas de transition à l'état résistif normal, phénomène de "quench" dont nous reparlerons un peu plus loin.

Il reste maintenant à définir le type de conducteur capable de transporter le courant nominal en tenant compte de toutes les contraintes de fonctionne-

ment auxquelles il peut être soumis. Indiquons simplement qu'il doit satisfaire de façon impérative, comme pour tout aimant supraconducteur, aux conditions de sécurité, de tenue mécanique et de stabilité.

La condition de stabilité, qui caractérise le maintien rigoureux de la température en-dessous de la température critique du supraconducteur, est étroitement liée au mode de refroidissement choisi. Dans le cas présent, la géométrie des bobines et leur orientation à tous les angles possibles ne permettent pas un refroidissement classique en bain d'hélium liquide, ce qui, par ailleurs, nécessiterait des enceintes froides massives et extrêmement coûteuses. On a donc recours à un mode de refroidissement indirect, méthode parfaitement éprouvée dans le cas du solénoïde ALEPH, dans lequel de l'hélium liquide circule dans des serpents liés à des plaques de refroidissement en très bon contact thermique avec le bobinage.

En bref, le conducteur choisi est du même type que le conducteur ALEPH, et est constitué d'un câble supraconducteur à base de Nb-Ti noyé dans un profilé en aluminium extra-pur, matériau stabilisant présentant une très haute conductivité électrique et thermique. La section hors-tout de ce conducteur est de $70 \times 11 \text{ mm}^2$. Il doit être produit en longueurs unitaires de 2 200 mètres, soit au total 70 km représentant un poids de 140 tonnes.

L'autre condition à satisfaire est celle de la protection en cas de quench. Que se passe-t-il lorsque la température dépasse localement la température critique ? Une portion de conducteur devient résistive et s'échauffe par effet joule. Il s'agit donc, pour éviter un échauffement exces-

sif, de décharger très rapidement le courant, ce que l'on obtient en connectant aux bornes de l'aimant une résistance extérieure dans laquelle se dissiperait la majeure partie de l'énergie magnétique emmagasinée. Cette vitesse de décharge doit pourtant être limitée pour ne pas créer des surtensions dangereuses dans le circuit. Dans le cas d'ATLAS, la constante de temps est de 125 s. pour une surtension limitée à 1000 V aux bornes, ce qui correspond à une puissance instantanée dans la résistance de décharge de 20 MW. L'analyse complète du processus de quench a montré que les caractéristiques choisies pour le conducteur et son environnement conduisaient, à une élévation de température de 50 K, sans danger pour l'aimant.

Rassurés sur les bonnes performances électriques et thermiques des bobines, il nous faut maintenant mentionner les problèmes de réalisation. Ces problèmes sont entièrement liés à la taille inhabituelle des éléments à construire et à leur assemblage sur le site de l'expérience. L'objet des études en cours étant de démontrer la faisabilité d'un tel aimant, il s'agit d'identifier les problèmes techniques et d'élaborer les solutions industrielles permettant de les résoudre. Il s'agit aussi de satisfaire aux exigences de la physique dans laquelle s'intègre le système magnétique et de prendre en compte les problèmes d'interface avec les autres parties du détecteur. Une action soutenue est menée dans ce sens en étroite collaboration entre physiciens, bureau d'étude et ingénieurs du STCM, complétée par des consultations industrielles dans toute l'Europe.

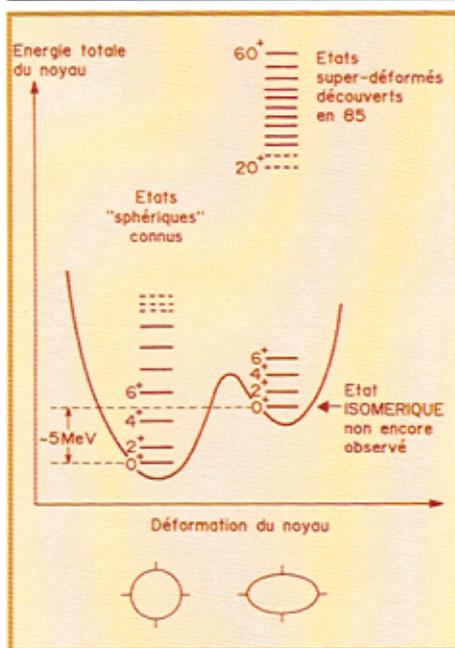
Pour la réalisation des bobinages, les techniques industrielles sont directement applicables moyennant des outillages spécialement adaptés. L'assemblage des cryostats individuels est une opération plus complexe et demandant un très grand soin, mais utilisant également des méthodes classiques.

La partie qui demande la plus grande attention concerne la structure mécanique d'ensemble du toroïde. Cette structure, tout en étant très aérée, doit supporter le poids des bobines, maintenir leur positionnement géométrique rigoureux sans déformation et assurer une parfaite stabilité mécanique de l'ensemble. L'étude d'une telle structure est rendue possible grâce à l'utilisation d'un code de calcul puissant, CASTEM 2000. Là aussi, des solutions satisfaisantes sont maintenant bien établies.

D'une façon générale, le projet repose sur des bases conceptuelles solides. Il est maintenant engagé dans la phase d'avant projet en vue de la proposition technique de l'expérience ATLAS.

Henri Desportes (STCM)

RECHERCHE D'ISOMÈRES DE FORME AU TANDEM POST-ACCELÈRE DE SACLAY



Depuis 90, une équipe de 7 physiciens du DAPNIA/SPhN a entrepris, auprès du Tandem Postaccélérateur Supraconducteur de Saclay, un programme de recherche dont l'objectif est la mise en évidence d'états métastables du noyau ne différant de l'état fondamental que par leur énergie et leur forme, les Isomères de Forme (voir schéma).

En fait, depuis longtemps, on a observé que, dans le cas particulier des actinides certains noyaux fissiles peuvent, sur le chemin de la fission, adopter des formes très différentes de celles de l'état fondamental. Le noyau peut être "piégé" dans une poche de potentiel et prendre alors une forme ellipsoïdale dans laquelle le rapport du grand axe de l'ellipsoïde sur le petit peut atteindre 2 voir même 3 dans certains cas. On parle alors d'états Super-déformés voire Hyperdéformés.

Depuis la fin des années 80 on a découvert que ce phénomène de Superdéformation est beaucoup plus général et peut se rencontrer dans de nombreuses régions de la table de masse. Ce sont des expériences de fusion-évaporation qui ont permis cette mise en évidence. Un faisceau d'ions lourds bombarde une cible, le noyau composé ainsi formé évapore un certain nombre de neutrons pour aboutir au noyau que l'on veut étudier. Celui-ci est ainsi formé à haute énergie d'excitation et à grande vitesse de rotation et se désexcite vers son état fondamental en émettant des rayons gamma. Grâce aux progrès

considérables effectués ces dernières années dans les techniques de détection gamma on a pu mettre en évidence des phénomènes très rares : les transitions entre des états excités superdéformés du noyau appartenant à une même bande de rotation. Ces transitions correspondent au passage d'un état quantique du noyau correspondant à une vitesse de rotation donnée à un autre état de vitesse plus faible. Pourtant il n'a encore jamais été possible de mesurer ce "ralentissement" jusqu'à une vitesse de rotation nulle c'est à dire jusqu'à l'état fondamental superdéformé (voir article de F. Auger et N. Alamanos, Scintillations n° 12).

La question de fond qui se pose alors est de savoir si c'est la rotation rapide du noyau qui lui permet de se stabiliser en adoptant une forme superdéformée ou, au contraire si cette forme est pré-existante dans la structure même du noyau. Si cette seconde hypothèse est vraie il doit être possible d'observer cet état superdéformé à vitesse de rotation nulle. C'est cet état que l'on nomme Isomère de Forme.

Si de tels états existaient et présentaient une durée de vie suffisamment longue, des applications très intéressantes pourraient être envisagées telles que la fabrication de matériaux à haute densité d'énergie ou même des lasers gamma (GRASER).

Le programme Isomères de Forme entrepris en 1990 au Tandem Postaccélérateur Supraconducteur de Saclay se propose précisément de mettre en évidence ces nouveaux états du noyau. Cet accélérateur d'ions lourds offre les caractéristiques de faisceau voulues pour ce type de recherche, l'énergie des projectiles en particulier peut atteindre 10 MeV par nucléon ce qui convient parfaitement à l'étude de la région de la barrière coulombienne qui nous intéresse. Ses salles expérimentales comprennent de plus une partie des équipements nécessaires et en particulier un spectromètre magnétique de grandes performances -le QD3- indispensable puisque l'idée originale de ce programme consiste en une détection et une identification précise de particules en coïncidence avec des rayonnements gamma.

Il s'agit de former le noyau que l'on désire étudier non plus par une réaction de fusion-évaporation mais par une réaction de transfert. On bombarde une cible constituée de noyaux proches du noyau intéressant avec des ions lourds et on sélectionne les

réactions ou un certain nombre de particules -neutrons ou protons- a été transféré à la cible. Cette sélection est faite par détection de l'éjectile dans le spectromètre magnétique.

L'intérêt d'utiliser ce mécanisme est double.

- Il permet de former le noyau à étudier à plus basse vitesse de rotation et donc de décroître plus facilement vers l'état isomérique.

- La mesure de l'énergie de la particule éjectée permet de fixer l'énergie d'excitation des états superdéformés ce qui n'est pas le cas pour des réactions de type fusion-évaporation.

Mais aucune des bandes superdéformées observées jusqu'ici n'a été peuplée par une telle réaction de transfert et aucune approche théorique fiable n'est capable de déterminer si cela est possible ou non. C'est là que réside le pari de cette expérience.

Dans la réaction suivante, par exemple : $^{16}\text{O} (^{192}\text{Pt}, ^{194}\text{Hg}) ^{14}\text{C}$ un faisceau d' ^{16}O bombarde une cible de ^{192}Pt et la détection du ^{14}C permet de certifier que du ^{194}Hg a été formé. De plus, la mesure de l'énergie de ce ^{14}C permet de connaître l'énergie d'excitation à laquelle le ^{194}Hg a été formé.

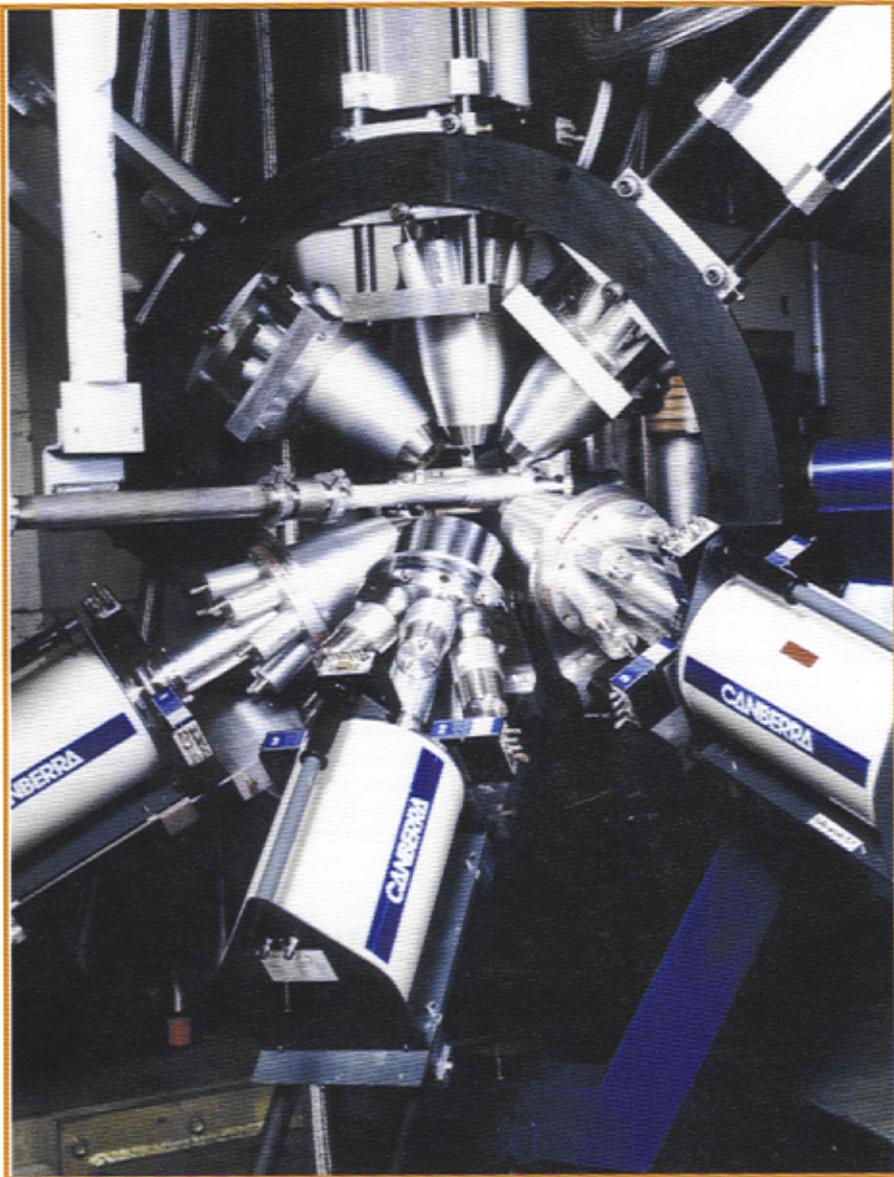
A chaque fois qu'un noyau intéressant a été formé, il se désexcite en émettant des rayons gamma que l'on détecte grâce au détecteur SAGA, un ensemble de six triples télescopes de diodes Germanium entourant la cible (voir photo). On espère ainsi mettre en évidence l'extrémité d'une bande de rotation aboutissant à l'état isomérique recherché.

A l'équipe de sept physiciens du SPhN se sont jointes des équipes de l'IN2P3, de Bordeaux principalement, mais également de Strasbourg et de Lyon ainsi qu'une équipe américaine de Livermore.

L'année 1991 a essentiellement été consacrée à la construction et aux tests de SAGA, les prises de données ont pu commencer en 1992 et se poursuivent encore aujourd'hui.

Jusqu' alors, deux noyaux ont été étudiés : le ^{194}Hg et le ^{210}Po . Dans le premier une bande de rotation superdéformée a déjà été observée dans des réactions "classiques" de fusion-évaporation. Il constitue donc un bon candidat pour déterminer si une réaction de transfert est capable de peupler de tels états.

Sur les données qui ont déjà fait l'objet d'un dépouillement préliminaire il semblerait que la réaction de transfert utili-



Détecteur de rayonnement gamma SAGA. On distingue ici les six ensembles de triples télescopes de cristaux de germanium visant le point d'interaction du faisceau avec la cible. Chacun de ces six éléments est constitué de trois cristaux de germanium, placés l'un derrière l'autre et refroidis par l'azote liquide stocké dans un cryostat visible sur la photo. Ces germaniums sont entourés d'un bouclier anti-Compton de six ou sept cristaux de BGO lus par autant de photomultiplicateurs.

lisée peuple bien les états superdéformés du ^{194}Hg - ce qui constituerait une première - mais toutefois trop faiblement, avec la statistique actuelle, pour que l'état isomérique soit observable.

Dans le cas du ^{210}Po , seuls les calculs théoriques nous permettent de penser qu'un état isomérique superdéformé peut exister. Expérimentalement la procédure suivie est différente de celle du Hg puisque c'est directement la transition de cet état isomérique vers les états normaux que l'on tente de mettre en évidence. Ici encore, sur les données préliminaires, quelques événements semblent répondre aux critères de sélection d'un isomère de forme. Une prise de données complémentaire sur ce même

noyau a été effectuée cet été et l'analyse est à l'heure actuelle en cours.

Dominique Goutte (SPhN)

Une très belle exposition sur la vie et l'œuvre de Francis Perrin sera présentée du 4 au 14 janvier 1994 au bâtiment 571

REGRETS

Jean BECHADE (SED), décédé le 17 octobre 1993.

Roland LE COGUIE, un ancien du SPhN, décédé au mois d'août 1993.

LAURIERS DU DAPNIA

Le prix THIBAUD 1993 de l'Académie des Sciences, des Arts et des Belles Lettres de Lyon vient d'être attribué à Elizabeth LOCCI (SPP). Toute l'équipe de ScintillationS, dont elle est membre, la félicite chaleureusement.

VA ET VIENT

1er Octobre : Un nouveau Haut-Commissaire au C.E.A. : Robert DAUTRAY remplace Jean TEILLAC.

25 octobre : Arrivée au STCM de Christophe MAYRI.

1er Novembre : Madame Éliane LOQUET remplace Jean BAZIN à la Direction du Centre d'Études (Nucléaires) de SACLAY

THÈSES

14 juin 1993. - Marco ZITO (SPP) : "Étude de la production du méson B_s^0 dans l'expérience DELPHI".

24 juin 1993. - Jean-Michel REY (STCM) : "Étude du comportement des matériaux composites aux températures cryogéniques".

15 octobre 1993. - Christophe YECHE (SPP) : "Étude de la violation de CP et CPT dans l'expérience CP Lear : mesure du paramètre η^+ par une méthode d'interférence entre K^0 et \bar{K}^0 ".



-LES PLUMES DU DAPNIA

Paru aux Éditions Odile JACOB (1993),
"Du Vide et de la Création",
de Michel CASSÉ (Sap).

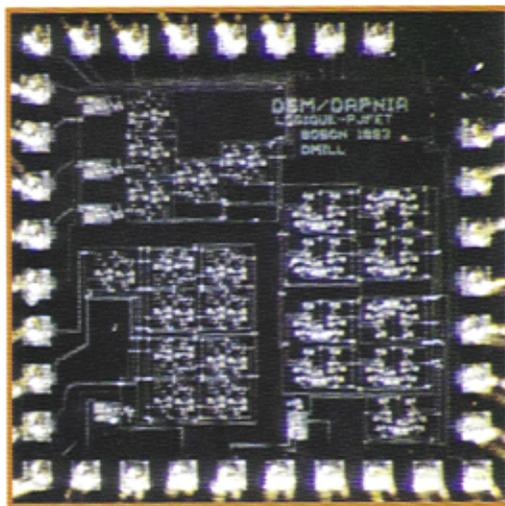
CEA - DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :
Jacques Haüssinski
COMITÉ ÉDITORIAL :
Joël Martin (porte parole),
Françoise Auger, Pierre Besson,
Daniel Bonnerue, Michel Bourdinaud,
François Bugeon, Gilles Cohen-Tannoudji,
Bertrand Cordier, Odile Lebey,
Claude Lesmond, Elizabeth Locci,
Marc Sauvage,
RÉDACTION :
Maryline Albera
MAQUETTE ET MISE EN PAGE :
Henry de Lignières

Dépôt légal novembre 1993

MICROÉLECTRONIQUE CRYOGÉNIQUE POUR LA PHYSIQUE DES HAUTES ÉNERGIES

Vue d'un masque pour des circuits PJFETS (Transistor à Effet de Champ à Jonction de Type P) logiques en cours de conception (2x2 mm).



Pour un bon nombre de personnes, le domaine de température d'utilisation de l'électronique reste relativement restreint surtout dans les basses températures (exemple, normes militaires : - 55° C). Pourtant dans de nombreux cas le fonctionnement à basse température est un moyen efficace d'améliorer les performances des dispositifs et des circuits (augmentation de la vitesse, diminution du bruit). De plus, il existe de nombreuses applications, en particulier en physique des hautes énergies, qui exigent des températures de fonctionnement beaucoup plus basses que la "normale". Pour réaliser l'électronique qui sera associée à certains détecteurs, il sera certainement nécessaire d'utiliser de la microélectronique qui devra répondre à des contraintes très sévères. Par exemple, en ce qui concerne le calorimètre à argon liquide et le détecteur "preshower froid" (projet LHC, détecteur ATLAS : proposition RD3), une solution microélectronique devrait fonctionner à 90 K (température de l'argon liquide) environ et pouvoir résister à des niveaux de radiations très importants (par exemple > 1 Mrad/an, 5.10^{13} neutrons/cm²). Cela nécessite l'étude complète à la fois de dispositifs pouvant répondre à ces contraintes, et d'architectures, donc de circuits, permettant d'atteindre les performances imposées, par exemple le fonctionnement à une fréquence de 66 MHz.

Il semble donc important de rappeler quelques données physiques régissant le fonctionnement de ces transistors. Nous nous limiterons aux transistors dont le fonctionnement est assuré à basse température c'est à dire ceux reposant sur l'effet de champ car les transistors bipolaires (NPN ou PNP) que chacun connaît, amplifiant très peu à basse température, ne peuvent être utilisés. Citons deux grandes catégories de dispositifs: les transistors normalement fermés et les transistors normalement ouverts. Dans le cas de dispositifs normalement fermés, le mode de fonctionnement est tel qu'il s'améliore lorsque la température diminue en raison du fait que la densité de porteurs est seulement dépendante des conditions extérieures de polarisation. C'est par exemple ce que l'on rencontre sur des MOSFETS (transistors à effets de champ à structure

métal-oxyde-semiconducteur) de toutes technologies. Ce n'est pas le cas des dispositifs normalement ouverts comme les JFETS, qui peuvent voir leur fonctionnement "gelé" lorsque la température descend au-dessous d'un certain seuil. Compte tenu de ces contraintes, inhérentes à la physique des semiconducteurs, les choix pour les concepteurs restent limités.

A ces aspects s'ajoutent dans notre cas des contraintes radiatives exceptionnelles : on peut simplifier le problème en considérant que les dispositifs utilisant un oxyde de silicium (SiO₂) sont extrêmement sensibles aux rayonnements ionisants et ceci d'une manière assez indépendante de la qualité de l'oxyde (création de quasiparticules de charge positive que l'on appelle "polarons de trous"). De plus, si la physique est bien connue pour les grands volumes d'oxyde (quartz), elle l'est moins pour les couches minces d'oxyde (~200 angströms) qui constituent les transistors MOS. Ces dispositifs devraient être peu sensibles aux rayonnements comme les neutrons rapides, mais il n'existe aucune étude très poussée dans ce domaine. Quant aux JFETS, la situation est opposée : à basse température, les particules lourdes pourraient induire des défauts cristallins qui modifieraient les caractéristiques électriques du dispositif, les rayonnements ionisants ne devant avoir que des effets limités. Afin de clarifier la situation, des études surtout consacrées aux dispositifs MOS s'amorcent au SEI.

Pour satisfaire les besoins de certaines applications cryogéniques, des développements de nouvelles architectures s'avèrent nécessaires et sont en cours au DAPNIA/SEI. Un premier pas a été franchi vers la réalisation de circuits logiques à base de JFETS de type P (conduction par trous). Des JFETS à structure linéaire ainsi que des circuits les utilisant sont en cours de réalisation. Une évaluation de leur fonctionnalité et éventuellement de leurs performances est en cours, les résultats devant être pris prudemment, compte tenu du fait que la technologie utilisée n'est encore qu'au stade du développement. Bien entendu, ceci n'enlève rien à l'intérêt des dispositifs de type MOS (les plus utilisés en microélectronique) de toutes les technologies dites durcies et en particulier la possibilité d'obtenir de très hautes densités d'intégration (nombre de transistors par cm²) indispensables pour certaines applications. Les études en cours visent donc surtout à obtenir des résultats généraux sur les dispositifs élémentaires qui permettront de faire les choix qui s'imposent en matière de technologies et d'architectures de circuits microélectroniques. Nous avons entrepris récemment une étude destinée à évaluer les conséquences des rayonnements ionisants lorsque les conditions se rapprochent de celles que l'on a estimées pour les futurs détecteurs (forts débits de dose ionisante). A l'heure actuelle les résultats sont encourageants car ils vont dans le sens souhaité, par exemple, la dégradation moindre si la durée d'irradiation est longue, à dose totale égale.

Ainsi donc, nous avons, comme on le dit communément, plusieurs cordes à notre arc, et nous sommes bien armés pour faire face aux besoins futurs en microélectronique cryogénique.

Avant de clore cet article, je souhaite citer les personnes qui contribuent à l'avancement de ce projet, Eric Delagnes, L.P. Le Meur (stagiaire), Ph. Abbon, M. Dentan.

Nicolas Fourches (SEI)

BRÈVES ... - BRÈVES ...

LES FRUITS DE DAPHNÉ

Le détecteur DAPHNÉ, développé par le groupe des réactions photonucléaires du SPbN et implanté à Mayence auprès de l'accélérateur d'électrons "MAMI" (voir "Scintillation" n° 1), produit ses premiers fruits.

Il s'agit d'étudier toujours plus finement la force responsable de la cohésion des noyaux atomiques, l'interaction forte. Comme son nom l'indique, c'est la plus puissante des 4 forces fondamentales de la nature. Sans elle, il n'y aurait pas de noyaux (ils éclateraient sous la poussée des forces de répulsion électromagnétiques proton-proton), donc pas d'atomes, etc... et vous ne seriez pas en train de lire ces lignes qui n'auraient d'ailleurs pas été écrites.

Toute force est véhiculée par des "particules d'interaction". Au sein du noyau, les nucléons (protons et neutrons) s'échangent des mésons, sans cesse et sans fin. On lance moins loin un boulet qu'une balle de ping-pong. Il en est de même pour les nucléons : plus ils se rapprochent, plus ils peuvent échanger des mésons lourds. Et à quelques dixièmes de fermi de distance (1 fermi = 1 femtomètre = 10^{-15} mètre), il semble que le couple quark-antiquark confiné dans chaque méson commence à jouer un rôle direct dans l'attraction inter-nucléons. C'est cette "force nucléaire à courte portée" que des programmes comme DAPHNÉ, à cheval entre la physique nucléaire et celle des particules, contribuent à mieux faire connaître.

Les performances conjuguées du faisceau continu de photons gamma d'une énergie de 100 à 800 MeV de MAMI et du

détecteur DAPHNÉ à grande acceptance permettent une vision extrêmement fine du noyau et des mécanismes subtils de la prise du ciment mésonique. En bombardant des noyaux légers avec des photons, on excite les nucléons et l'on étudie la propagation de cette excitation (transportée entre-autres par la résonance " Δ ") au sein de la matière nucléaire. On arrive à séparer des mécanismes très voisins de production de mésons. On parvient à détecter des processus très ténus impliquant simultanément trois nucléons. Bref, on délabrynthe la force nucléaire.

Quatre volets de ces recherches, menées par une collaboration américano-germano-italo-franco-écossaise, font l'objet d'une tétralogie de thèses, déjà ou prochainement soutenues :

- Etude de l'interaction $N\Delta$ dans la réaction γD donne $pp \pi$, par Sophie KERHOAS, de Saclay, le 29/9/93 à Orsay.

- Double photoproduction de mésons π sur des nucléons isolés, du seuil à 780 MeV, par Luc MURPHY, de R.P.I., le 4/10/93 à Troy (Etats-Unis).

- Photodésintégration de ^3He entre 200 et 800 MeV, par Volker ISBERT, de Mayence, le 29/10/93, à Orsay.

- Photoabsorption des photons par des noyaux légers ^1H et ^3He entre 200 et 800 MeV, par Marion MAC CORMICK, de Glasgow, le 15 décembre 93, à Orsay (et non à Glasgow, comme une rumeur l'a laissé entendre).

Bel exemple de collaboration internationale...

Joël Martin (SPbN)

252T/m : UN RECORD MONDIAL ÉTABLI AU STCM

La première masse froide du quadripôle "deux en un" destinée à la demi maille de démonstration de la machine LHC (un quadripôle et trois dipôles) vient d'être testée avec succès à Saclay.

L'aimant a atteint son courant nominal de 15060A dès la deuxième montée de courant, la première ayant abouti à une transition à 14437A sur l'un des quadripôles, soit déjà 96% du courant nominal. Le courant a été maintenu à 15060A pendant plusieurs heures. Une excursion a ensuite été faite jusqu'à 15100A sans problème. Le gradient nominal obtenu de 252T/m est déjà supérieur de 17% à celui requis aujourd'hui par les nouveaux paramètres du LHC correspondant à 8,65T dans les dipôles. Pour l'ensemble "deux en un" le courant nominal a donc été atteint sans aucune transition pour l'un des quadripôles, et après seulement une transition pour l'autre.

Les premières mesures magnétiques montrent que l'homogénéité du champ est très voisine de celle demandée dans la spécification.

Ces performances sont tout à fait remarquables d'autant plus que ce quadripôle possède déjà une ouverture de 56mm correspondant aux nouveaux paramètres des aimants de la machine. Le gradient obtenu de 252T/m dans une telle ouverture constitue un record mondial.

Ce quadripôle a été conçu dans le cadre d'un contrat de collaboration entre le CERN et le CEA (DSM/DAPNIA/STCM) à Saclay. Les composants et les outillages ont été fabriqués par l'industrie européenne; le bobinage, l'assemblage et les tests ont été entièrement faits à Saclay. En plus des prototypes, Saclay doit mettre à la disposition du CERN les outillages de fabrication industrielle ainsi que toute la documentation technique (dessins, spécifications, descriptions détaillées des méthodes de fabrication et de contrôles) nécessaires au transfert technologique.

La conception de ce quadripôle largement inspirée de celle des quadripôles de HERA, dont les prototypes ont été également conçus et développés à Saclay, a cependant été beaucoup améliorée car les performances requises sont bien supérieures. Par exemple les contraintes électromagnétiques, 4 fois plus sévères que celles de HERA, ont nécessité

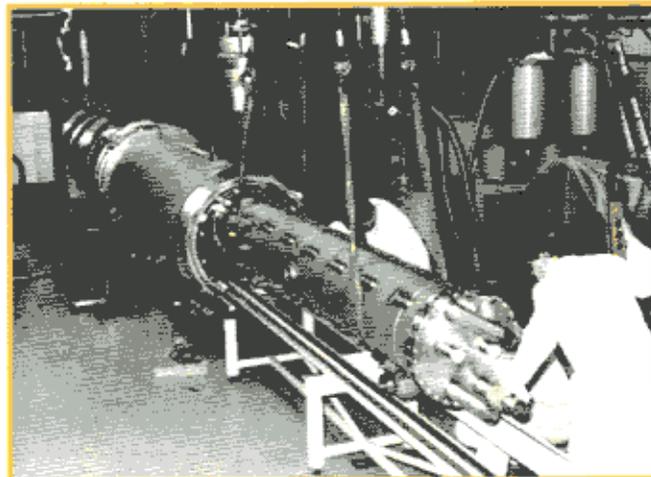
des modifications des colliers de frettage des bobines qui utilisent un double système de clavettes par quadrant. A noter également la conception du circuit magnétique réalisé en tôles découpées d'une seule pièce et assemblées sans soudure.

La masse froide de cet aimant est donc disponible pour être livrée au CERN et être montée dans le cryostat de la section droite courte faisant partie de la demi maille de démonstration. La deuxième masse froide faisant partie du contrat est terminée et sera testée en décembre.

Caractéristiques principales

Gradient nominal	252T/m
Ouverture des bobines	56mm
Longueur magnétique	3m
Courant nominal (88% du courant critique)	15060A
Champ maximum	7,76T
Température de fonctionnement	1,8K
Energie stockée	890kJ

Jacques Perot (STCM)



Le premier prototype de quadripôle lors de son introduction dans le cryostat de la station d'essais de Saclay.