

LES MESURES MAGNÉTIQUES AU DAPNIA

Une particule en mouvement, électriquement chargée, est déviée lorsqu'elle pénètre dans un champ magnétique. Si ce champ est constant, comme dans certains aimants à deux pôles (dipôles), la particule se meut sur une trajectoire circulaire dont le rayon est d'autant plus grand que la quantité de mouvement (produit de sa masse par sa vitesse) de la particule est grande, et d'autant plus petit que le champ magnétique est intense.

On peut ainsi maintenir la particule sur une trajectoire prédéterminée, à l'aide de champs magnétiques judicieusement choisis. C'est comme cela que l'on conduit où l'on veut un faisceau d'électrons, de protons, d'ions lourds (atomes « épluchés » de tout ou partie de leurs électrons) et autres corpuscules non neutres. On se sert pour cela d'aimants à deux pôles (dipôles).

Un faisceau de particules chargées ne doit pas seulement pouvoir être dévié, il faut pouvoir aussi le « refocaliser » car il a tendance à diverger comme un jet d'eau : les particules du faisceau ne sont pas émises parallèlement. Pour refocaliser le faisceau, on se sert d'aimants à quatre pôles (quadripôles), véritables lentilles magnétiques.

Mais on peut aussi mesurer l'énergie d'une particule que l'on vient de détecter en la plongeant dans un champ magnétique connu et en mesurant la courbure de sa trajectoire.

Autant dire que les aimants sont omniprésents au DAPNIA, tant pour les accélérateurs que pour les détecteurs. La construction de tels aimants est d'ailleurs une spécialité trentenaire du DAPNIA et de ses ancêtres, aussi bien en technique « chaude » que supraconductrice. Mais ce n'est pas tout de savoir les concevoir et de les construire, il faut connaître le champ magnétique qu'ils produisent en tout point de leur volume utile. Dans cet article, François Kircher (STCM) et Pascal Vernin (SPhN) expliquent le pourquoi et le comment des mesures magnétiques, une des grandes spécialités du DAPNIA, mesures parfois fort délicates.

Les astérisques signalent les termes explicités dans le « Comment ça marche » qui suit cet article.

La Rédaction

POURQUOI DES MESURES MAGNÉTIQUES ?

Prévoir le plus précisément possible la trajectoire de particules qui vont parcourir des millions de tours dans un mince tube annulaire de plusieurs kilomètres de circonférence est une absolue nécessité. Il faut donc connaître très précisée-

ment la valeur du champ magnétique en tout point à l'intérieur de l'ouverture de l'aimant, et même aux abords de ce dernier (champ de fuite).

Or un aimant réel n'a jamais rigoureusement les caractéristiques que le

concepteur et son ordinateur ont calculées. Il est donc indispensable de mesurer en tout point sur toute la longueur de l'aimant le champ principal (*fondamental ou harmonique désiré**) mais aussi les défauts de champ (*harmoniques indésirables*) qui contribuent environ au dix-millième du champ total. Ce, à différents courants de la gamme de fonctionnement de l'aimant.

Un aimant parfait n'aurait que son harmonique désiré. Les autres harmoniques qui apparaissent sont de deux types :

- les harmoniques naturels qui résultent de la conception même, vu que que la forme parfaite ne peut être qu'approchée.

- les harmoniques non naturels qui traduisent les non symétries lors de la fabrication et du montage.



Petite sonde destinée au quadripôle QI, à CEBAF, en phase de construction.

Comment mesure-t-on champs magnétiques ?

Il existe plusieurs méthodes. Les plus utilisées sont :

- la mesure du champ local par résonance magnétique nucléaire ; cette méthode est extrêmement précise mais n'est applicable qu'en champ magnétique très homogène pour certains dipôles.

- la mesure locale par *sonde de Hall**, basée sur l'effet du même nom ; cette méthode est plutôt utilisée pour les dipôles chauds à entrefer ou des aimants de très grand volume.

- la mesure par bobine, qui peut être locale ou intégrée sur une certaine longueur. C'est la plus utilisée au DAPNIA. Cette mesure se base sur la loi de Faraday : une variation du flux magnétique dans une bobine induit une force électromotrice aux bornes de cette bobine dans laquelle il s'établit donc un cou-



Cartographie du quadripôle Q2, à CEBAF.

rant électrique. On peut faire tourner la bobine - par exemple un fil enroulé en cercle - autour d'un de ses diamètres

dans le champ magnétique, ou faire varier le champ magnétique, la bobine restant fixe.

Mesures magnétiques par bobines

Ce type de mesures nécessite quatre ingrédients :

- 1) Le flux magnétique. Un déplacement circulaire de la bobine autour d'un axe de rotation fixe permet une analyse du signal en termes d'« harmoniques »

désirés ou indésirables (*analyse de Fourier**).

- 2) L'adaptation de la configuration des bobines à la mesure à réaliser :

- pour la mesure de l'harmonique désiré, une bobine unique, essentielle-

ment sensible audit fondamental (mesure « en direct »)

- pour la mesure des harmoniques indésirables, un ensemble de bobines utilisées de façon à n'être quasiment sensibles qu'aux harmoniques indésirables (mesure « en opposition » ou « avec compensation »).

- 3) L'intégration de la tension induite, par un intégrateur de haute précision pour remonter à la valeur du champ magnétique.

- 4) L'analyse de Fourier des signaux obtenus en mesure directe et en mesure en opposition, pour déduire les harmoniques désirés et indésirables.

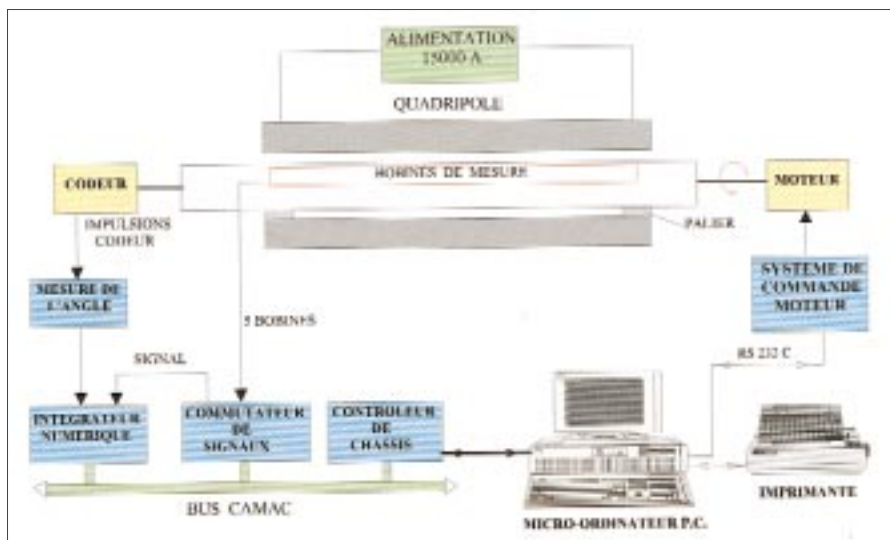


Figure 1 - Synoptique de l'installation pour la mesure des harmoniques des quadripôles prototypes de LHC.

Deux applications au DAPNIA : les quadripôles de LHC et ceux de CEBAF

Les mesures faites sur les premiers prototypes de quadripôles pour **LHC** ont nécessité une installation dont la figure 1 donne le synoptique :

- un moteur pas à pas permet la rotation de l'ensemble des bobines de mesure sur 360° dans l'ouverture des quadripôles ; un tour complet est effectué en quelques secondes ; la position angulaire des bobines est mesurée au vol par un appareil appelé « codeur incrémental ».

- l'ensemble de mesure comporte trois bobines longues d'environ 700 millimètres, que complètent deux bobines de correction ; l'aimant fait environ trois mètres de long et la mesure de l'intégrale du champ magnétique* est faite en cinq fois en déplaçant le système sur toute la longueur de l'aimant. Une fois l'intégrale connue, on est à même de calculer très précisément la valeur de la focalisation imposée aux particules qui traverseront entièrement l'aimant.

Le signal obtenu a l'allure représenté par la figure 2 (en abscisse, l'angle de 0 à 360° , en ordonnée, un signal proportionnel au champ magnétique) :

- la courbe de gauche résulte de la mesure « en direct ». Comme on s'y attend, le terme prédominant est l'harmonique désiré qui est ici le *terme quadripolaire* puisqu'on a affaire à un aimant à 4 pôles (2 maxima + 2 minima = 4 pôles).

- La courbe de gauche montre la contribution des harmoniques indésirables obtenue par la mesure « en opposition ». Le terme quadripolaire est fortement atté-

nué et le signal est essentiellement dû au terme dodécapolaire¹ (6 maxima + 6 minima = 12 pôles). Noter, pour cette deuxième mesure, la dilatation de l'échelle des ordonnées d'un facteur **MILLE** : les harmoniques indésirables ont une amplitude environ 2000 fois plus faible que le terme quadripolaire.

La précision meilleure que le cent-millième permet de vérifier que le champ magnétique est homogène au dix-millième près dans une zone de 15 cm de rayon, ce qui satisfait aux spécifications.

La même méthode a servi à déterminer très précisément le champ local dans l'entrefer des quadripôles du spectromètre à haute résolution (**HRS**) du Hall A. Ce spectromètre existe en deux exemplaires dont chacun inclut 3 quadripôles : **Q1**, construit par le **STCM**, **Q2** et **Q3**. La mesure du champ de ces quadripôles a été confiée à une collaboration du **DAPNIA** et de l'**IN2P3** de Clermont-Ferrand (projet **QMM**).

Pour les quadripôles d'accélérateurs on met l'accent sur l'intégrale du champ. En revanche, pour les quadripôles de spectromètres, c'est le champ produit localement qu'il faut mesurer en détail, avec une précision de l'ordre du gauss (un dix-millième de tesla, soit environ deux fois le champ magnétique terrestre).

La différence provient de l'usage que l'on va faire des quadripôles. A **LHC** les particules ont une très grande énergie et sont donc très peu courbées. De plus, elles

sont en gros toutes parallèles entre-elles, et parallèles à l'axe du quadripôle. De ce fait, elles voient pratiquement la même intégrale de champ, qu'il suffit de mesurer une fois pour toutes. On connaît ainsi l'effet du quadripôle sur l'ensemble du faisceau.

A **CEBAF** par contre, les différentes particules sont fortement courbées et suivent des trajectoires différentes. Il est alors nécessaire de dresser la carte de champ. Chaque bobine mesure une « tranche » de quadripôle. En analysant la petite différence entre le champ mesuré dans chaque tranche et le champ calculé en trois dimensions, on



Figure 2 - Signal proportionnel au champ magnétique d'un quadripôle prototype : à gauche le terme quadripolaire, à droite, le terme dodécapolaire dilaté 1000 fois.

peut peaufiner la valeur du champ magnétique en tout point de l'ouverture de l'aimant, jusqu'à atteindre la précision voulue. La procédure de compensation des quadripôles vue plus haut n'est plus nécessaire et

Dans l'immédiat...

Le **DAPNIA** est impliqué entre autre dans deux autres projets qui, comme les précédents, concernent plusieurs services :

- le projet **Arc** de mesure de l'énergie du faisceau d'électrons de **CEBAF**. Cette mesure repose sur la propriété suivante : l'angle de déviation d'une particule dans un aimant est proportionnel à l'intégrale de champ magnétique (voir plus haut) et inversement proportionnel à la quantité de mouvement de la particule (liée à son énergie). Mesurer l'angle et le champ, c'est connaître l'énergie. La précision sur l'énergie, cruciale pour la qualité des expériences de physique,

dépend de la précision des mesures d'angle et de champ. Le projet **Arc** vise à réaliser ces deux mesures avec une extrême précision : il faut mesurer au cent-millième l'intégrale de champ magnétique si l'on veut connaître l'énergie des particules au dix-millième près. Un prochain numéro reviendra sur la mesure de l'angle.

- le projet **quadripôles LHC** où, en plus du système décrit plus haut qui sera réutilisé pour les deux nouveaux prototypes d'aimants en cours de construction, un nouveau système sera réalisé pour mesurer les caractéristiques des aimants en construction :

ce système devrait servir de modèle à ceux qu'utilisera l'industrie lors de la réalisation en série des 400 quadripôles du **LHC**.

François Kircher (STCM)
et Pascal Vernin (SPhN)

¹ - Dodéca vient du grec δώδεκα, qui veut dire douze, comme dans « musique dodécaphonique ».

Pour **LHC**, voir les numéros 3, 17, 18, 22 de « ScintillationS ». En particulier, les n°17 et 18 évoquent deux records du monde établis par les deux premiers prototypes des quadripôles supraconducteurs. Pour les quadripôles de **CEBAF**, se reporter aux n°20 et 22 (fleur de magnétisme).

COMMENT ÇA MARCHE

L'intégrale de champ

La trajectoire d'une particule dans un aimant peut être approximativement considérée comme une succession d'arcs de cercle dont la courbure dépend de la valeur locale du champ magnétique au « point » où se situe chacun de ces arcs. L'approximation est d'autant meilleure que le champ varie peu le long de l'arc de cercle. Cette quasi-constance du champ peut avoir deux origines : soit le champ est homogène sur un grand volume, soit l'arc de cercle est suffisamment petit pour que l'on puisse considérer que le champ reste constant sur toute sa longueur.

Dans les deux cas, on procède ainsi : on mesure le champ sur un morceau de la trajectoire interne à l'aimant tel qu'on puisse raisonnablement considérer que le champ y reste constant, et on fait le produit du champ par la longueur de ce morceau. On répète l'opération sur toute la longueur de la trajectoire et on fait la somme de tous les produits. C'est cela mesurer l'*intégrale de champ*.

Or, les ingénieurs matheux, qui comptent en scrutant le champ, se disent non sans raison que plus le morceau de trajectoire est petit, meilleure est la précision, l'idéal étant que ce petit morceau soit *infinitement petit*, comme ça, la précision est totale. Seulement, l'aimant est ce qu'il est et sa longueur a une valeur déterminée. Plus on travaille sur des morceaux petits, plus il faut répéter l'opération. Si le morceau est infinitement petit, il faut répéter la mesure un nombre de fois *infinitement grand*. C'est certes la mesure idéale, et l'on obtiendrait ainsi la vraie intégrale des mathématiciens. Mais cela demanderait un temps infini (et de toute façon des objets de longueur nulle n'existent pas dans la nature). Il faut donc trouver un compromis entre la précision et le nombre de mesures.

L'effet Hall

C'est une conséquence directe de la loi de Laplace : Dans un échantillon (semi) conducteur où circule un courant électrique, des électrons se meuvent, en gros dans la même direction et dans le même sens. Supposons, pour fixer les idées, que l'échantillon a la forme d'une languette. Si on le plonge dans un champ magnétique perpendiculaire au parcours des électrons et qui perce perpendiculairement la languette, les électrons subissent une force qui va tous les dévier vers un même bord de la languette sur lequel il vont s'accumuler. Tout comme des autos que l'on forcerait de s'accumuler sur l'un des bords d'un ferry, lequel prendrait de la gîte, entraînant une différence de niveau, donc d'énergie potentielle, entre tribord et bâbord. C'est ce qui se passe dans notre conducteur placé dans un champ magnétique : il s'établit une différence de potentiel entre les deux bords de la languette. Cette « tension Hall » est d'autant plus élevée que le champ est intense. En la mesurant, on accède au champ.

Fondamental et harmoniques, analyse de Fourier

Le son d'un instrument de musique est la superposition de sons de fréquence (nombre de vibrations par seconde) de plus en plus grande, donc de plus en plus aigus. Le son le plus grave est le *fondamental*, les autres sont les *harmoniques naturels* dont la fréquence est un multiple entier de celle du fondamental. Le premier harmonique (d'ordre 1) a une fréquence double, le deuxième, triple etc. Les acousticiens arrivent à décomposer un son complexe en chacun des sons simples qui s'y superposent.

La somme du fondamental et de ses harmoniques constitue une *série de*

Fourier. Décomposer un son complexe en fondamental et harmonique c'est *l'analyse de Fourier*. Le reconstituer par addition du fondamental et des harmoniques, c'est la *synthèse de Fourier*.

Synthèse et analyse de Fourier peuvent s'appliquer à d'autres grandeurs qui dépendent non plus du temps mais par exemple d'un angle, ce qui est le cas pour le champ magnétique dans un aimant à ouverture circulaire, la grande majorité des aimants actuels. On peut alors décomposer le champ en fondamental et harmoniques (la forme des équations et les techniques de calculs sont les mêmes que pour le son, l'angle jouant le rôle du temps). La seule condition est que le phénomène analysé soit périodique.

Prenons le cas d'un quadripôle où le champ est nul sur l'axe de symétrie (ou se trouve la trajectoire centrale de la particule), et maximum sur la surface des pôles. Toute particule qui s'écarte du « droit chemin » y est d'autant plus fermement ramenée qu'elle s'en est beaucoup éloignée (c'est ainsi qu'on refocalise le faisceau). La dépendance en angle est alors périodique, la période étant d'un quart de tour (90°), puisque sur 360°, il y a quatre pôles, alternativement « sud » et « nord ». Le fondamental est le dipôle (harmonique d'ordre zéro ou de rang 1, le rang pour un aimant étant la moitié du nombre de ses pôles). L'harmonique désiré est celui de rang 2, le quadripôle. On « tue » le fondamental par une géométrie judicieuse de l'aimant. Les harmoniques suivants : rang 3 (sextupôle), 4 : (octupôle)... 6 (dodécapôle) etc. sont indésirables. Ils ont pour origine des imperfections de l'aimant et il faut les mesurer avec précision afin de savoir les corriger. Ce peut être crucial pour un accélérateur circulaire comme LHC, où les imperfections non corrigées pourraient déstabiliser le faisceau.

Joël Martin et Pascal Vernin (SPhN)

BRÈVES ... BRÈVES ... BRÈVES ... BRÈVES ...

EROS, MACHOS ET STARS EXPLOSIVES

Étoiles brillant de mille feux, grandioses feux d'artifice, ténébreux machos, le tout sous le regard d'Eros, c'est la saison des festivals. Après Cannes et ses paillettes voici le DAPNIA et ses supernovæ. Si lointaines ou si proches... (Pour les très proches, voir la brève suivante)

Depuis sept ans, EROS (Expérience de Recherche d'Objets Sombres), collaboration DAPNIA, IN2P3, INSU, scrute le halo de notre galaxie en quête de « matière noire », matière invisible de l'Univers (voir « ScintillationS » n°16). Candidats possibles : des astres compacts et sombres qui pourraient être des étoiles avortées de masse comprise entre quelques lunes et un dixième de soleil, les MACHOS (Massive Compact Halo Objects).

Un tel objet échappe à la vision directe. Mais sa masse infléchit les

rayons lumineux qui « frôlent » (astrophysiquement parlant) ses bords et concentre la lumière comme la loupe avec laquelle, enfants, nous enflamions un morceau de journal. C'est cet effet d'amplification de la lumière par « micro lentille gravitationnelle » qui permet de détecter des Machos.

Principe de l'observation : on scrute au télescope une étoile d'une autre galaxie (par exemple le Petit ou le Grand nuage de Magellan) ou située vers le centre de notre Galaxie. Avant de nous parvenir, la lumière de cette étoile traverse le halo de matière noire qui nous sépare de ces étoiles. Or, si les objets du

disque galactique, comme notre système solaire, tournent tous à la même vitesse autour du centre, les objets du halo peuvent être animés de vitesses différentes. Des machos défilent ainsi dans le champ du télescope et si le hasard fait bien les choses, l'un d'entre eux s'interpose entre l'étoile et l'observateur. Lequel s'en aperçoit car l'étoile lui paraît bien plus brillante le temps du passage de la loupe gravitationnelle.

EROS a ainsi détecté deux machos. Mais ses observations ont aussi porté sur un grand nombre de galaxies dans la

lumineuses - on parle de « chandelles standard » - pour mesurer les distances cosmiques et étudier la géométrie de l'Univers. Plus elles sont lointaines, plus vaste est la portion du Cosmos que l'on étudie. On a observé des supernovæ distantes de plus de 5 milliards d'années-lumière, d'autres à moins d'une dizaine de millions d'années-lumière mais bien peu à des distances intermédiaires. Or c'est bien utile pour déterminer si leurs propriétés changent ou non avec la distance.

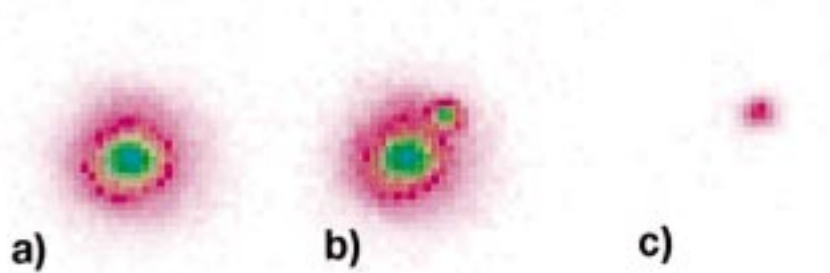
Grâce au nouvel équipement EROS2 mis en service en juillet 1996, la collaboration EROS vient de détecter deux supernovæ dans deux galaxies différentes, l'une le 7 mars 1997 à quelques 2 milliards d'années-lumière, l'autre le 31 mars 1997 à environ 800 millions d'années-lumière (Photo ci-contre). Ces deux découvertes pré-

ludent à une exploration systématique des distances intermédiaires. EROS2 espère trouver en moyenne une supernova par tranche de deux heures d'observation. L'équipe, pour cela affecte 20% du temps du télescope de 1 mètre qu'elle a installé à l'ESO (European Southern Observatory) à La Silla au Chili.

On lui souhaite beau temps.

La Rédaction*

* Pour plus de renseignements, contacter Delphine Hardin (SPP)
Tél. : 01 69 08 56 32
fax : 01 69 08 64 28
email : hardin@hep.saclay.cea.fr



Trois images de la galaxie-hôte distante de 800 millions d'années-lumière où s'est produite la supernova qu'EROS a détectée le 31 mars dernier.

(a) Image prise le 13 février 1997.

(b) Image prise le 31 mars 1997. Le point vert en haut à droite est la supernova qui vient d'apparaître.

(c) Image obtenue en soustrayant (a) de (b), ce qui « efface » la galaxie-hôte, ne laissant visible que la supernova.

direction des pôles de la Galaxie pour ne pas être gêné par sa lumière, avec pour objectif la détection de supernovæ.

Mort explosive d'une étoile, une supernova est si brillante qu'on peut la voir d'extrêmement loin. En observer une est une aubaine. Fabriques de noyaux atomiques « lourds » (plus lourd que le fer) que ne peuvent engendrer des étoiles ordinaires, les supernovæ sont aussi entre-autres des geysers à neutrons. Ces explosions stellaires sont des éléments majeurs de l'évolution de l'Univers. Plus elles sont proches, mieux on peut étudier leurs propriétés. Ce sont aussi de merveilleuses balises

UNE BANLIEUE CHAUDE

On croit vivre dans une banlieue tranquille... Et voilà que ça « pète » dans tous les coins ! Non, nous ne sommes pas dans la ceinture d'une mégapole, mais dans une autre ceinture, beaucoup plus grande : son diamètre est de quelques deux mille années-lumière. La « *Ceinture de Gould* », du nom de l'astronome qui l'observa il y a plus d'un siècle, est une super-bulle née dans notre Voie Lactée il y a une trentaine de millions d'années d'un événement encore inconnu. C'est tout récent à l'échelle cosmique. Et comme notre système solaire s'y trouve, nous nous trouvons aux premières loges (toujours cosmiquement parlant), pour observer ce coin chaud de notre galaxie où les pétards sont des étoiles massives dont la « brève » existence s'achève dans l'apocalypse d'une supernova.

Un petit nombre de ces restes stellaires avaient été déjà repérées par les ondes radio qu'ils émettent. Mais ils émettent aussi dans bien d'autres gammes de longueur d'onde, en particulier les ondes ultracourtes du rayonnement gamma. Or, depuis 6 ans, le télescope EGRET à bord du satellite GRO (Gamma Ray Observatory) a détecté une centaine de sources de rayons gamma de plus de 100 MeV¹ intenses et stables. Isabelle Grenier (SAP et Paris VII)² vient d'en dresser la statistique. Les deux tiers environ de ces sources sont localisées dans notre galaxie et plus du cinquième est concentré dans la Ceinture de Gould. Or seuls des résidus de supernovæ - étoiles à neutrons ou trous noirs - disposent d'assez d'énergie pour émettre en continu autant de γ . Ces sources γ sont en quelque sorte des balises post-supernova.

Ces analyses révèlent pour la première fois que notre petit morceau de Voie Lactée bouillonne d'un nombre inattendu d'explosions stellaires « proches et récentes » (quelques centaines d'années-lumière et moins de 3 millions d'an-

nées), à raison de 20 à 30 par million d'années.

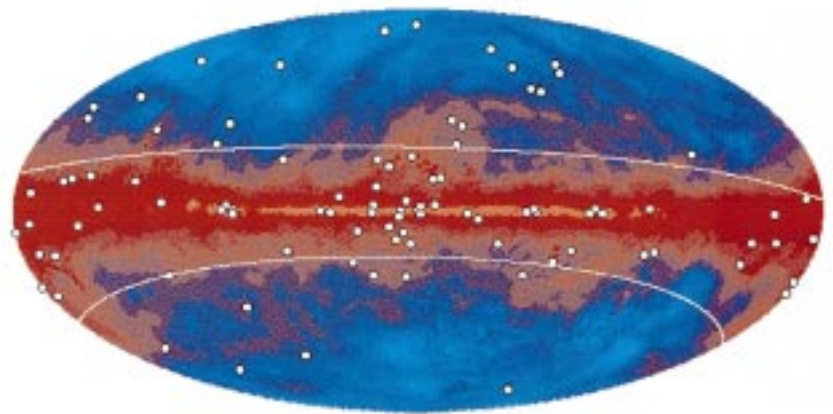
Ces sources sont-elles des pulsars comme Geminga (voir « *ScintillationS* » n°9 et 13) ou signalent-elles d'autres formes d'activité des étoiles à neutrons ou des trous noirs ? Vous ne le saurez pas dans le prochain « *ScintillationS* ». Mais on espère que leur analyse apportera des lueurs sur la formation des étoiles massives et sur l'origine et l'expansion de la Ceinture de Gould. Les astrophysiciens sont également curieux de savoir si l'on

peut trouver des traces de ces supernovæ dans les couches profondes des glaces polaires ou dans les sédiments marins.

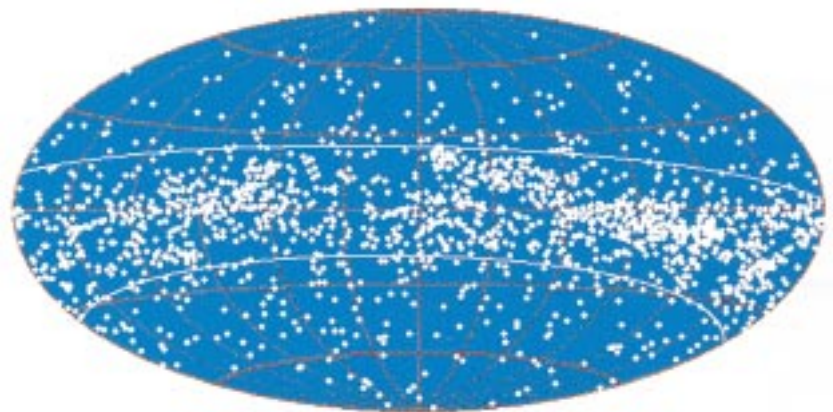
Après les sources, les bains...

La Rédaction

Sources de rayonnement γ dans la Ceinture de Gould



Nuages de gaz interstellaires



Jeunes étoiles massives proches

1. Une énergie de 100 MégaélectronVolt correspond à une longueur d'onde de $2 \cdot 10^{-15}$ mètres.

2. Tél. : 01 69 08 44 00

fax : 01 69 08 65 77

email : isabelle.grenier@cea.fr

LES JOURNÉES DE GIENS (9 -11 octobre 1996)

Cette cinquième édition des Journées de prospective de l'Institut National de Physique nucléaire et de Physique des Particules (INPNPP, IN2P3 pour les intimes) mérite qu'on en parle dans « Scintillations » même six mois après. C'est que ce fut une grande première car l'organisateur avait proposé à la DSM de s'y associer. De plus, certains sujets étaient dans le prolongement direct des journées de Seignosse. Notre collègue et amie Geneviève Edelheit, grande communicatrice à l'IN2P3, y était. Voici, en substance, l'éclairage qu'elle a bien voulu nous en donner.

(...) Au total, 300 chercheurs dont 55 du CEA se sont retrouvés au soleil d'Hyères à Giens. C'était, comme l'a souligné Catherine Césarsky, l'occasion de renforcer le lien entre les chercheurs des deux organismes souvent impliqués dans les mêmes collaborations.

Ces journées furent comme les années précédentes dévolues au partage de l'information, au brassage des idées, et surtout, à la libre expression et à l'innovation. D'où l'intérêt de réunir les personnes travaillant dans le même domaine en France.

Le programme ne prévoyait pas un regroupement des exposés par domaines, mais il n'obéissait pas pour autant à un ordre totalement aléatoire. Ainsi avait-on juxtaposé (malicieusement ?) dans la première matinée un exposé de Jean Zinn-Justin, chef du SPHT posant quelques interrogations fondamentales (physique au-delà du Modèle Standard, pourquoi 3 familles de briques élémentaires, pourquoi les violations de symétries etc. par) et une prospective conjointe de Hubert Doubre et Patrice Micolon sur les métiers de l'instrumentation, dans la foulée de Seignosse (voir « Scintillations » n°29) : évolution des compétences nécessaires, vaches maigres, sous-traitance etc.

Un des plats de résistance des hautes énergies fut comme toujours la physique au CERN : résultats de LEP phase 1.5 (« Scintillations » n°26), état des lieux des grands détecteurs du LHC : Atlas (n°9, 17) et CMS (n°20) où existe une forte collaboration entre l'IN2P3 et le DAPNIA, ainsi que du détecteur de mésons « beaux » (n°19) LHC-B. S'il est accepté, ce nouveau détecteur complétera la panoplie des outils du CERN contribuant à l'étude la violation de CP, signature éventuelle d'une différence entre matière et antimatière.

Au SLAC, à Stanford en Californie, haut lieu de la production de mésons « beaux »,

l'expérience Babar où s'impliquent maints physiciens de l'IN2P3 et du DAPNIA se consacrera aussi à la violation de CP, mais aussi à la beauté, au charme, au lepton super lourd tau...

Sur le thème des violations de symétries, on a évoqué les résultats du SPS (Super Synchrotrons à Protons) du CERN dans la physique des Kaons, notamment la mise en évidence de la violation de T, invariance par renversement du temps dans l'expérience CP Lear, et les projets de l'expérience NA48 (n°7, 13, 22).

La recherche du plasma quarks-gluons au CERN va prendre un réel essor après les beaux résultats des faisceaux de plomb du SPS. Le LHC va entrer dans la danse avec le détecteur ALICE.

L'exposé sur la physique du neutrino, fondamentale pour la connaissance des deux infinis a passé en revue toutes les expériences en cours et à venir. Des équipes françaises s'investissent dans deux expériences en cours sur les oscillations de neutrinos : NOMAD (n°22) et CHOOZ, dans le projet HELLAZ pour les neutrinos solaires, et dans NEMO3 pour la désintégration double β .

Un autre thème revint souvent à Giens : le projet ELFE (n°22) pour la physique hadronique dont le but est d'étudier l'interaction entre quarks et gluons dans les nucléons et dans les noyaux. La réflexion actuelle à laquelle participent fortement des équipes du DAPNIA et de l'IN2P3 porte sur la possible utilisation d'HERA, à Hambourg (n°27 et 28), comme anneau de lissage dans un ensemble où seraient groupés ELFE et TESLA, l'accélérateur linéaire à électrons du futur. Cette physique est activement défrichée à CEBAF (n°20 et 22).

Un exposé de physique de la matière nucléaire a porté sur la super déformation (n°13) avec les résultats d'EUROGAM

phase II, entre-autres la désexcitation des noyaux superdéformés, et les projets d'EUROBALL. Le deuxième a mis en lumière les noyaux exotiques : projets de physique avec les faisceaux radioactifs de SPIRAL et le séparateur d'ions SIRA.

L'Astrophysique ou s'impliquent aussi des physiciens de l'INSU (Institut National des Sciences de l'Univers du CNRS) fut, elle aussi, l'objet d'une revue d'ensemble : physique de l'Univers primordial avec le projet de satellite COBRAS SAMBA, Cosmologie avec la détermination de paramètres cosmologiques, tests du modèle du Big-Bang, distribution de la lumière dans le Cosmos, enfin, l'Astrophysique des très hautes énergies à travers quatre programmes en cours ou en projet : astronomie γ à Thémis, l'Observatoire Auger pour l'étude des rayonnements au dessus de 10^{19} GeV, ANTARÈS pour l'astronomie des neutrinos sous la mer, et le projet AMS (où le CEA n'est pas impliqué) de recherche d'antimatière en satellite. Les liens entre les détections obtenues par des observatoires spatiaux dans la gamme d'énergie du MeV et des résultats de physique nucléaire ont été montré sur deux exemples dans le domaine des rayonnements γ .

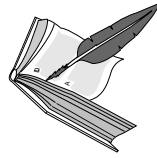
Enfin Michel Spiro venu d'activités plus célestes et Jean-Marie Loiseaux ont traité de « l'aval » du cycle électronucléaire. CEA et IN2P3 s'intéressent aux réacteurs hybrides, le CEA plutôt dans l'optique de l'incinération, l'IN2P3 dans celle de la filière du thorium, mais les deux organismes envisagent des actions communes dans le cadre du projet GEDEON où les rejoint l'EDF.

En conclusion, Claude Détraz a célébré les vertus du dialogue avec l'extérieur. Face à une certaine remise en question, à un moindre soutien de la société du fait, entre autres de la baisse des crédits, la recherche fondamentale, tout en préservant sa mission, doit se nourrir de la confrontation à la demande sociale. L'électronucléaire est justement un domaine où la science doit pouvoir répondre aux questions que posent nos contemporains, en particulier les industriels, à qui nous devons être capables de transférer notre haute technologie dans des actions à objectifs partagés.

Geneviève Edelheit (CNRS)

PLUMES DU DAPNIA

- Paru chez Flammarion dans la collection « *Dominos* » :
Anti-matière
de Gabriel Chardin (SPP). Sujet passionnant, fort bien traité.
- Dans la même collection Jean-Marc Cavedon, ancien collègue du SEA, actuellement à la DCC (Direction du Cycle du Combustible), publie :
La Radioactivité
Ayant eu le manuscrit entre les mains, l'auteur de ces lignes témoigne du plaisir que lui a procuré la lecture de cette étude écrite d'une plume alerte.
- Etienne Klein (ex-SEA et DCC) et Marc Lachière-Rey ont uni leurs talents pour écrire :
La Quête de l'Unité
Gilles Cohen-Tannoudji a dit tout le bien qu'il en pensait dans le « Pour la Science » de Mars 1997.
- Auto-pub : Joël Martin (SPhN et « ScintillationS ») publie chez Albin Michel Jeunesse un recueil de comptines en contrepèteries :
Contrepétines
poétiquement illustré par son complice habituel, Rémy Le Goistre.



LES CONGRÈS DES FACS, COMMISSIONS, COLLOQUES...

Le congrès annuel de la **Société Française de Physique (SFP)**, se tiendra en Juillet 1997 à Paris-Sorbonne. A cette occasion et sur le même principe que les **cafés philosophiques** où s'engagent de sympathiques et informelles discussions du public avec des animateurs philosophes, se tiendra le **Bar des Sciences** animé par la talentueuse chroniqueuse scientifique de Radio-France, Marie-Odile Monchicourt, au « Vagenende » à Saint-Germain des Prés. Ce n'est pas le Bar des Dandies (NDLR).

Les journées 97 des Jeunes Chercheurs en physique nucléaire auront lieu du 8 au 12 décembre à Aussois, dans les Alpes. Les Jeunes Chercheurs en physique des particules, quant à eux, tiendront journées du 14 au 18 du même mois en Bretagne, à Bénodet. Mais dès 1998, dans un nouvel élan, oecuménique celui-là, les deux disciplines de l'infiniment petit feront journées communes. Jeunes chercheurs en Astrophysique, rejoignez-les et communiquez dans la lumière des neutrinos !

La prochaine **Fête de la Science** se tiendra les 11, 12 et 13 octobre 1997. Toutes les bonnes volontés sont d'ores et déjà sollicitées pour de multiples coups de main : organisation, accueil, accompagnement, animation, conférences, montages de manips etc. Qu'on se le dise !

VA-ET-VIENT

Mars 1997 - Pour mémoire, Martial Authier est muté du SED au SIG dont il devient l'adjoint au chef de service. Philippe Hardy est muté de Saturne (LNS) au SGPI. Sont recrutés Valérie Mauguén au SAp et Christian Travier au SEA. Bienvenue. Bonne chance à Danièle Imbault (ex-SAp), nommée Assistant du Directeur des Sciences de la Matière, et à Guy Lemarchand (SIG) qui part en retraite.

Avril 1997 - Pour mémoire, Gilles Cohen-Tannoudji (SPP) est muté à la DSM en remplacement de Robert Deloche, nommé à la Dircom, au Siège. Christelle Bonnin (SAp) et Emmanuelle Bougamont (SED) passent Annexe I. Bravo ! Quatre vaillant(e)s sexagénaires de fraîche date partent en retraite : Josette Hardouin (DIR), André Claudet (SGPI), talentueux vidéoman du DAPNIA, bonne astronomie, ami Dédé !, Henri Darbousset (SIG), Michel Le Duic (STCM) et Pierre Nicolas (STCM). Sabine Cantet (SGPI) s'en va par « départ négocié ». Bonne continuation.

DERNIÈRE MINUTE

Réjouissez-vous, âmes sensibles ! ISO (*le satellite porteur d'ISOCAM, voir « ScintillationS » n°25*), qui ne devait pas passer l'année, a été si économe de son hélium qu'un sursis de trois mois va lui permettre de jouer les prolongations, à la grande joie de ses concepteurs et utilisateurs. Gageons que l'on est content aussi à la DSM...

RENDEZ-VOUS DANS 2300 ANS

Hall-Bope, la comète du siècle est repartie, mais Pierre-Olivier Lagage, du SAp, nous promet son retour pour le cinquième millénaire. Elle a enchanté nos nuits printanières et plus d'un astronome a fait la cour à cette belle comète (NDLR). Vu l'abondance de l'actualité supernovésque, Pierre-Olivier a bien voulu que son article, qu'annonçait notre dernier numéro, soit reporté au suivant (n°32) qui paraîtra, on l'espère, dans environ un mois. Qu'il en soit remercié (Pierre-Olivier, pas le numéro).

REGRETS

Le Dapnia est endeuillé par le décès de Bernard Gonet et Denis Therville, tous deux du SED. Que leurs familles et leurs proches veuillent bien trouver ici l'expression de nos plus vives condoléances.

PAN! SUR LE BECQUEREL

Dans le dernier « ScintillationS », une fâcheuse imprécision a causé une translation involontaire du doigt du scripteur de service du *a* vers le *e*. De la sorte, Denis Garretta du SPP parti en retraite en novembre 1996 s'est retrouvé écorché en Denis Garrette ! Toutes les excuses dudit scripteur. La bouteille traditionnelle est à la disposition de la victime Bât. 703, pièce 6, à l'Orme des Merisiers. Les mêmes excuses et une autre bouteille attendent également Francesco Farci, passé du SED au SIG en janvier 1997, et que le même scripteur imprécis a amputé de son *c*. C'est curieux d'oublier un *c* !

CEA - DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

Joël FELTESSE

COMITÉ ÉDITORIAL :

Joël MARTIN (porte parole),

Claire ANTOINE,

Pierre BORGEAUD,

Michel BOURDINAUD,

François BUGEON, Rémi CHIPAUX,

Yves SACQUIN,

Claude LESMOND, Elizabeth LOCCI,

Marc SAUVAGE, Jean-Claude SCHEUER,

Angèle SÉNÉ, Christian VEYSSIÈRES

RÉDACTION :

Maryline ALBÉRA

MAQUETTE :

Christine MARTEAU

MISE EN PAGE :

TOTEM

Dépôt légal juin 1997