

## Balade autour de nos sources

**L**a nouvelle a fait le tour des grands médias début février : « Un mini Big-Bang en laboratoire ! ». ScintillationS a même été convié à commenter la chose sur France Inter au journal matinal du 11 février. Ces échos enthousiastes sont l'apothéose médiatique d'une patiente reconstitution de la matière primordiale dont la première phase vient d'aboutir : on a recréé au CERN une goutte de « plasma quarks-gluons », ce tout premier état de la matière hyperchaud et hyperdense qui, on le pense, n'a tenu que quelques millièmes de secondes après le Big-Bang. Le DAPNIA est de cette belle aventure mondiale qui va se poursuivre avec l'étude des propriétés de cette soupe primitive dont on vient de prouver l'existence. C'est beau de nous pencher sur nos sources...

Il est d'ailleurs beaucoup question de sources dans ce numéro : sources de lumière avec un tronçon prototype du synchrotron SOLEIL qui renaît de ses cendres à l'arrivée du printemps ; sources de champ froid avec les aimants supraconducteurs que le DAPNIA a conçus pour le futur LHC ; sources de particules avec ANTARES et ses pêcheurs au neutrino.

# Le « plasma Quarks-Gluons » et la Physique Nucléaire

**A**u tout début de l'univers, les nucléons (protons et neutrons formant les noyaux des atomes) ne sont pas encore construits. Il fait bien trop chaud, la densité est bien trop grande. L'univers n'est fait que d'une purée effroyablement chaude de quarks et de gluons évoluant librement. Une dizaine de microsecondes après le « Big Bang », l'univers s'est refroidi, sa température est « descendue » à environ 2000 milliards de degrés. C'est suffisant pour que se produise une « transition de phase » : comme l'eau se fige en glace, l'univers change d'état. Les quarks et leur cortège de gluons (ScintillationS n° 27 et 28) se groupent par paquets de trois en baryons (comme les nucléons) ou par paires quark-antiquark en mésons. Mésons comme baryons\* sont des hadrons, particules régies par l'interaction forte (ScintillationS n° 42).

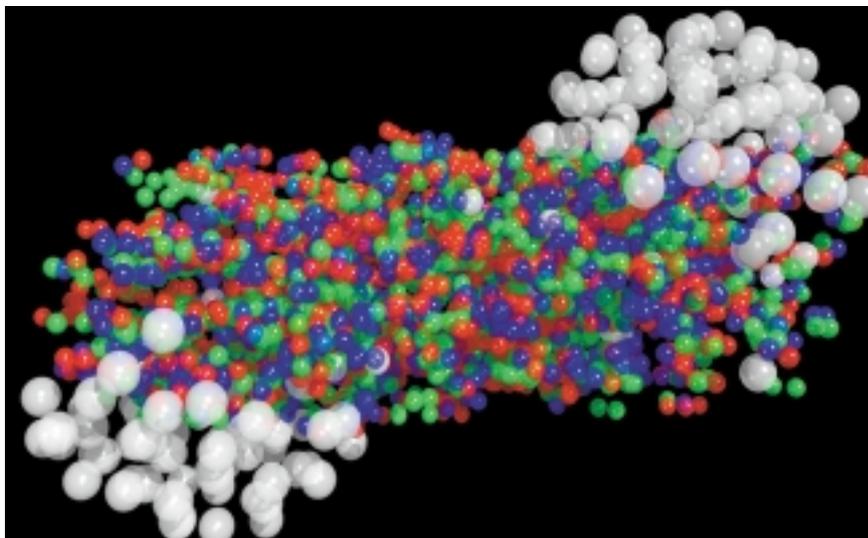
Du plasma quarks-gluons primitif, l'univers vient de passer à la

matière hadronique, celle dont sont faits les noyaux ou les étoiles à neutrons. Les quarks et les gluons sont définitivement confinés dans leurs cages, les hadrons. Ce scénario est le plus probable selon la cosmologie actuelle.

Ce plasma de quarks et gluons, que prédit leur théorie de l'interaction forte, la chromodynamique quantique, les physiciens cherchent à tout prix à le reconstituer et à l'étudier.

**Comment recréer ce plasma en laboratoire ?** Comment obtenir la température (100 000 fois celle du cœur du soleil) et une densité (20 fois celle des noyaux d'atomes) suffisantes pour observer la transition de phase inverse menant de la matière hadronique au plasma quark-gluons ? Comment passer le film à l'envers et ainsi remonter le temps ?

Actuellement, une possibilité consiste à bombarder des cibles faites de noyaux lourds avec des faisceaux de noyaux lourds à suffisamment haute énergie. C'est ce que l'on fait depuis 1995 dans le SPS (Super Proton Synchrotron) du CERN jusqu'à des énergies par nucléon de 160 GeV, soit 33 TeV pour un noyau de plomb à 208 nucléons. Avec l'entrée en scène à Brookhaven en 1999 du RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) et ses deux faisceaux de 100 GeV d'énergie par nucléon circulant en sens inverse, on dispose d'une énergie dix fois plus grande pour produire du plasma.



Vue d'artiste du choc de deux noyaux de plomb (les grosses boules grises) avec formation de plasma quarks-gluons (les petites boules de trois couleurs). (voir l'adresse web page 3)

Pour créer de la matière (l'inverse de la transformation de matière en énergie, le fameux  $E = mc^2$ ), un collisionneur, où les noyaux de chaque faisceau sont les cibles de ceux de l'autre, est bien plus avantageux, à dépense énergétique égale, qu'un accélérateur de projectiles frappant une cible fixe. Dans un collisionneur, toute l'énergie produite par chaque collision est disponible « sur place », à l'endroit du choc, dans le labo. Les corpuscules produits le sont pratiquement « à l'arrêt » puisque les deux projectiles ont la même masse et des vitesses exactement opposées (c'est un peu, à l'échelle des noyaux, ce qui se passe lorsque l'on tire deux balles de fusil l'une contre l'autre : elles s'encastrant l'une dans l'autre et restent sur place). Au contraire, après le choc d'un projectile sur une cible fixe, une grande part de l'énergie produite est emportée sous forme d'énergie cinétique par les corpuscules éjectés à très grande vitesse et l'énergie disponible dans le labo pour créer de la matière n'est qu'une faible fraction de l'énergie produite par le choc : au SPS, c'est 17,4 GeV sur 160 (au collisionneur RHIC, c'est 200 sur 200). Pour récupérer totalement l'énergie d'un choc, les physiciens et leurs détecteurs doivent être immobiles par rapport au mouvement d'ensemble des produits du choc, ce qu'ils appellent dans leur poétique jargon « être dans le centre de masse ». L'avantage de collisionneurs comme le RHIC ou le LHC (Large Hadron Collider, opérationnel en 2005), c'est que le centre de masse est immobile par rapport au labo. C'est nettement plus pratique pour les expérimentateurs...

Mais pourquoi ce facteur dix alors que, en bonne arithmétique,  $100 + 100$ , ça fait 200, soit moins du double que les 160 GeV du SPS ? Oui, mais lorsque les projectiles s'approchent de la vitesse de la lumière, l'arithmétique semble en prendre un coup : quand deux nucléons de 100 GeV se tamponnent, l'énergie disponible dans le laboratoire après le choc (200 GeV) est plus élevée que lors du choc d'un nucléon de 200 GeV (donc, *a fortiori*, de 160) sur un nucléon immobile. D'où ce surprenant facteur dix entre le RHIC et le SPS. C'est un effet de la Relativité restreinte d'Albert Einstein. Il est d'autant plus marqué que les projectiles ont une vitesse proche de celle de la lumière : pour disposer de la même énergie « matérialisatrice » qu'un collisionneur de protons de 100 GeV sur 100 GeV, un accélérateur sur cible fixe devrait communiquer aux protons une énergie de 20 000 GeV (20 TeV) et l'« équivalent » du LHC (7 TeV sur 7 TeV) devrait avoir une énergie proche de 10 000 TeV. Il faudrait presque un anneau autour de la planète ! Merci, Albert !

Cet effet fera l'objet d'un prochain « Comment ça marche »

En 2005 les deux faisceaux du LHC atteindront chacun une énergie par nucléon de 3 TeV, soit environ 30 fois l'énergie disponible au RHIC. En une décennie, on aura gagné un facteur 300 ! De quoi désagréger la matière nucléaire et remonter aux origines « plasma-quarkgluoniques »...

**Et les physiciens nucléaires dans tout ça ?** Ils sont intéressés au premier chef par cette transition de phase entre « leur » matière nucléaire et un nouvel état de la matière obtenue par collision entre des noyaux lourds. Quatre physiciens permanents du SPhN sont engagés dans cette recherche depuis la fin de l'année 1997. Problème : comment s'assurer que le choc de deux noyaux filant (on n'ose pas dire « fondant ») l'un sur l'autre à quasiment la vitesse de la lumière a créé une goutte de plasma quarks-gluons, alors que ce phénomène risque de ne durer qu'un infime éclair de temps ? Solution possible : reconnaître et compter les différents types de particules qu'engendre chaque choc de deux noyaux. On sait le faire avec les détecteurs modernes. On a pu ainsi établir le catalogue chiffré des diverses particules produites par de tels chocs lorsque la matière reste hadronique. En particulier, dans certaines conditions, les chocs produisent des hadrons « charmés » (agglomérant des quarks « c », voir n° 19). Mais dans le plasma quarks-gluons, justement, les quarks ne s'agglomèrent pas et ces particules charmées ne peuvent se former. Une éventuelle apparition de plasma se traduira par une

baisse de production, un « déficit »\*\* comme disent les physiciens, de ces particules charmées qui possèdent une « signature » caractéristique : elles se désintègrent en deux muons, cousins lourds des électrons, que l'on connaît fort bien tant ils sont abondants dans les rayons cosmiques. Les physiciens parlent de production de « dimuons », ça leur fait gagner du temps dans les discussions.

C'est cette méthode de traque d'éventuelles gouttes fugitives de plasma quarks-gluons qu'a choisie la collaboration internationale NA50 au CERN. Le SPhN s'y est brièvement mais efficacement associé en 1998, en contribuant aux détecteurs « à pixels » et en apportant une amélioration décisive de la façon d'analyser les données de collisions plomb sur plomb. Cette vision améliorée a permis de présenter des déficits très prometteurs à une conférence internationale : « Quark Matter 99 ». Il faut être physicien pour se réjouir d'un déficit de charme...

**Et ensuite ?** Pour le DAPNIA, la prochaine expérience sera ALICE (A Large Ion Collider Experiment), au LHC. ALICE est un grand détecteur dont un des « bras » (voie de détection) recensera les dimuons dans une gamme d'énergie plus étendue qu'au SPS, permettant, outre le déficit en particules charmées, de mesurer le déficit en particules « belles », contenant des quarks « b » (b, comme « beauté » ou « bottom », voir n° 19). Une double signature vaut mieux qu'une seule.

Le SPhN est impliqué dans l'examen des trajectoires des particules chargées dans le « bras dimuon » d'ALICE, plus précisément dans des simulations de physique et, avec les SED, SGPI et SIG, dans la conception et la réalisation d'une partie des détecteurs de traces : des chambres à fils avec cathodes en damier, choix de la collaboration.

La chasse au manque de charme et de beauté est ouverte pour retrouver notre état primitif.

Jean Gosset (SPhN)

**Le DAPNIA se lance aussi dans la traque du plasma primitif en collaborant à CMS, un autre grand détecteur au futur LHC, avec encore d'autres enjeux qui ont en commun l'archéologie des premiers instants de l'univers : recherche du Higgs, supersymétrie, dissymétrie matière-antimatière.**

Encadré, notes et grains de sel de Joël Martin (SPhN et ScintillationS)

\* NDLR.

\*\* Reprenons l'image des balles de fusil qui se sont totalement encastrées l'une dans l'autre (*encadré*). Imaginons qu'on recueille le résidu dans un tamis et qu'on le pèse un peu plus tard. Soit son poids est le double de celui d'une seule balle, soit il est inférieur. Dans ce dernier cas, cela veut dire qu'une partie du plomb a fondu sous le choc et a coulé à travers le tamis. On n'a vu aucune goutte de plomb fondu, mais le déficit de poids signale qu'il y a eu fusion, donc « transition de phase ».



Le détecteur de muons de l'expérience NA 50 au SPS du CERN. (<http://na50.web.cern.ch/NA50/photo-shop.html>)  
(Adresse de l'illustration de la page 1 : <http://press.web.cern.ch/Press/Releases00/PRO1.00FQuarkGluonMatter.html>)

## Test du Cryomodule « Soleil » au CERN

Le 2 décembre 1999, un champ accélérateur de plus de 7 MV/m (millions de volts par mètre) a été obtenu au CERN dans les deux cavités supraconductrices de fréquence 352 MHz, du cryomodule\* « SOLEIL » conçu au SEA. Ces performances dépassent largement les spécifications du cahier des charges.

Ces cavités (*ScintillationS n° 3*) permettent l'accélération de faisceaux de particules de haute intensité dans des collisionneurs circulaires de haute luminosité ou des sources de lumière synchrotron de haute brillance (dites de 3ème génération\*\*).

Cette réalisation rejoint ainsi au premier plan mondial les deux autres installations de ce type qui existent depuis peu : les « usines à

beauté » (n° 19) au KEK (Japon) et à Cornell (USA).

Mais le défi majeur de la machine ne réside pas dans l'obtention d'un champ accélérateur relativement modeste, comparé aux champs records obtenus au SEA : deux difficultés sont à vaincre si l'on veut repousser les limites en intensité de ce type de machines : il faut arriver à transmettre au faisceau par les coupleurs HF (400 kW pour Soleil) la forte puissance nécessaire, et supprimer les modes parasites induits par le faisceau. Ces modes parasites, sortes d'harmoniques (*Scintillations n° 31*) non désirés, sont la cause des instabilités du faisceau qui apparaissent aux très grandes intensités.

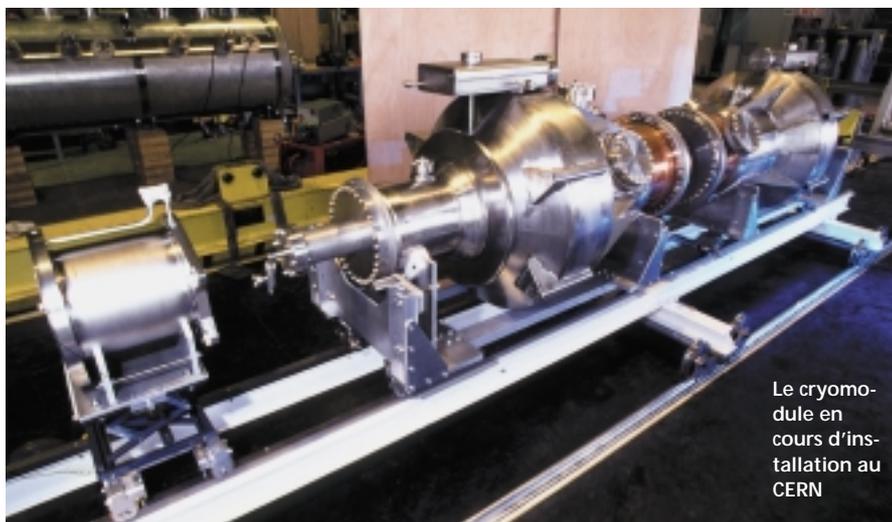
Afin d'éliminer définitivement ces phénomènes, le SEA a proposé une solution originale

qui permet une extraction efficace des modes parasites : deux cavités supraconductrices fortement couplées pour les modes perturbateurs tout en restant découplées pour le mode accélérateur. On peut alors amortir efficacement ces modes parasites à l'aide de coupleurs « H.O.M. » (voir « Comment ça marche ») disposés sur le tube reliant les deux cavités.

Le développement de ce cryomodule est le fruit d'une collaboration entre le DAPNIA et le CERN. Ce dernier a fabriqué les cavités à film de niobium sur cuivre (*encart*), fourni les coupleurs de puissance et mis à disposition une salle blanche pour le montage, ainsi que sa station d'essais pour les tests en puissance.

Ce résultat est d'autant plus remarquable que l'étude et la réalisation du cryomodule ont été menées dans les deux ans impartis. Il faut noter aussi les excellentes conditions dans lesquelles se sont déroulés le montage et les tests : les équipes n'ont rencontré aucune difficulté majeure et les cavités ont atteint le champ de 7 MV/m dès les premières heures du test, preuve de la maîtrise à laquelle est parvenue l'équipe en charge du projet.

*L'équipe Soleil (SEA, SGPI, SIG, STCM)*



Le cryomodule en cours d'installation au CERN

\* Tronçon d'accélérateur de particules travaillant à basse température en régime supraconducteur.

\*\* Ces sources bien moins chères que leurs aînées mettent un synchrotron à lumière à la portée d'un pays comme Taiwan, mais pas de la France allègre, prétendaient des ballots qui ont longtemps refusé de telles sources (NDLR).

### Du massif ou du plaqué ?

Le niobium est, de tous les métaux, celui qui devient supraconducteur à la température la plus élevée. C'est le matériau des cavités accélératrices supraconductrices. Mais il est très cher. En régime supraconducteur, le matériau a tendance à expulser les champs magnétiques. Cet « effet Messner » (qui engendre de spectaculaires phénomènes de lévitation) rend inutile une épaisseur de niobium de plus qu'une fraction de micromètre. Le reste de la cavité peut être en cuivre. D'où de substantielles économies. Revers de la médaille, déposer une couche mince de niobium sur du cuivre est très délicat. L'état de surface est moins parfait que lorsqu'il n'y a que du niobium. C'est comme en orfèvrerie : le plaqué est de moins bonne qualité que le massif. Pour obtenir, comme au SEA, des champs accélérateurs supérieurs à 40MV/m, seul le niobium massif est envisageable. Pour un gradient de 7 MV/m, le niobium déposé sur du cuivre fait parfaitement l'affaire.

(voir « Dernière heure » et l'annuaire)

### Dernière heure

L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques vient de publier les conclusions de son étude sur « *Les conditions d'implantation d'un nouveau synchrotron et le rôle des très grands équipements dans la recherche publique ou privée, en France et en Europe* » menée sous le règne du précédent ministre de la recherche par Christian Cuvilliez, député de Seine-Maritime et René Trégouët, sénateur du Rhône avec l'aide de dix scientifiques de haut niveau représentant tous les horizons de la recherche française et européenne, publique ou privée.

En voici les meilleurs morceaux :

« *Les synchrotrons, en tant que grands instruments partagés par des milliers d'utilisateurs, accessibles grâce à l'assistance rapprochée des concepteurs, formateurs pour des centaines de jeunes chercheurs et pluridisciplinaires par nature ne sont pas des très grands équipements comme les autres [...]* »

« *En raison du surcoût par utilisateur des accès à des machines étrangères, la prise de participations dans des machines anglo-française, allemande ou suisse ne peut constituer qu'un investissement supplémentaire [...] et non pas une solution de remplacement à un synchrotron national [...]* »

« *Pour garder les compétences françaises de haut niveau mondial dans la technologie des synchrotrons et pour offrir aux milliers d'utilisateurs français un accès libre, proche et d'un coût modéré aux méthodes d'analyse de pointe que permet le rayonnement synchrotron, la construction d'une machine de 2,75 GeV doit être lancée sans délai supplémentaire dans une région bien desservie et à vocation scientifique affirmée.* »

Suivez mon regard...

L'Office parlementaire a entériné ces conclusions à l'unanimité et le nouveau ministre est d'accord.

C'est le printemps, le soleil revient.

## COMMENT ÇA MARCHE

### Principe des cavités SOLEIL

**Comment concentrer le « bon » mode accélérateur dans les cavités tout en piégeant les modes parasites, et comment n'éliminer que ces derniers ? Autrement dit, comment jeter l'eau du bain sans jeter le bébé ? C'est une question de diamètre de tuyaux.**

L'astuce repose sur le principe physique suivant : seules les vibrations dont la longueur d'onde est plus petite que le diamètre d'un tube peuvent s'y établir. Dans la cavité, tous les modes peuvent s'établir, du fondamental (le « bon mode » qui accélère les particules) aux harmoniques (qui dégradent les qualités du faisceau), de fréquences plus élevées donc de longueurs d'onde plus courtes (« *Comment ça marche*, n° 31). Le diamètre de la cavité est exactement « accordé » à la fréquence dudit fondamental, lequel y trouve sa caisse de résonance idéale. Il y est amplifié de façon privilégiée, mais reste pollué par les harmoniques qui peuvent aussi s'établir dans la cavité. Il faut donc vider la cavité de ces modes parasites, qui pourraient dégrader le faisceau, sans jeter en même temps le fondamental.

Pour cela, rien de tel que le bon vieux système du double filet pour trier les poissons et retirer sa grosse pêche du flot : un premier filet à large mailles retient les gros poissons et laisse filer le menu fretin non-réglementaire dans une nasse à mailles plus fines où il reste piégé et qu'il suffit ensuite de vider dans l'eau en distinguant bien la chute de la nasse. En disposant entre deux cavités un tube d'un diamètre inférieur à celui des cavités mais plus gros que le tube de l'accélérateur, le fondamental, gros poisson, reste piégé dans la cavité mais les modes parasites peuvent se répandre dans ce tube qu'on vide à l'aide de coupleurs à boucle ayant étrangement une forme d'hameçon... La cavité est ainsi purgée des modes parasites !

Claire Antoine et Alban Mosnier (SEA), Joël Martin (SPHN)

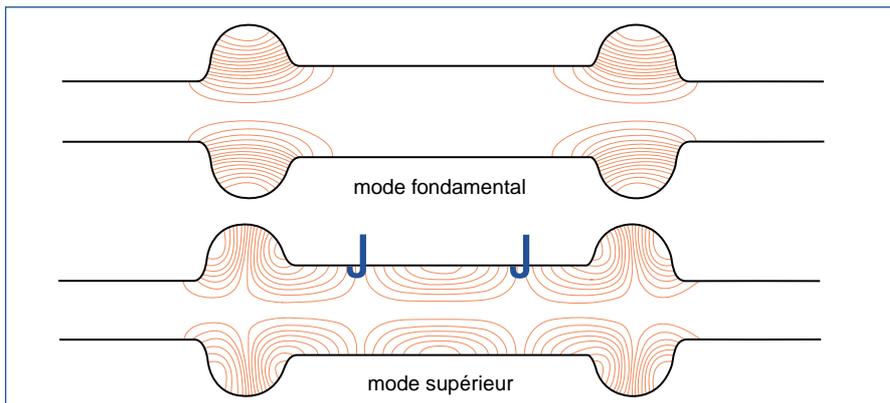
**Les coupleurs HOM :** les initiales H. O. M. sont celles de Higher Order Modes. Ces « modes d'ordre élevés » sont des ondes dont les fréquences sont grossièrement des multiples de celle de l'onde accélératrice fondamentale (comme les harmoniques en acoustique). Ces modes ont tendance à perturber le faisceau jusqu'à le rendre instable. Aussi, contrairement aux instruments de musique, dont la richesse de son provient de la superposition d'harmoniques différents, on ne souhaite la présence dans les cavi-

tés, ces caisses de résonance pour champ électrique, qu'un seul mode, celui qui accélère le mieux les particules. Après avoir piégé les modes électromagnétiques supérieurs dans un tube de grand diamètre reliant les deux cavités, on les évacue par les coupleurs à boucle. Afin de maximiser le débit, ceux-ci sont judicieusement placés aux endroits des ventres des ondes stationnaires vibrant entre les deux cavités. (voir schéma page 5)

Dessin du haut : coupe longitudinale des cavités; le « fondamental »

reste sagement cantonné dans les cavités (les lignes du champ électrique de l'onde sont en orange).

*Dessin du bas* : même coupe; un « harmonique » déborde des cavités et se répand dans le gros tube central. Les coupleurs sont des boucles (« hameçons » bleus foncés) plantées aux bons endroits qui évacuent vers l'extérieur tout ce qui s'y trouve, et seulement ce qui s'y trouve, c'est-à-dire les modes parasites toujours tentés de perturber tout faisceau qui se présente.



## Roland Barloutaud

Roland Barloutaud, figure emblématique du DAPNIA, nous a quitté le 23 janvier 2000 à 75 ans. Sa biographie se confond avec l'évolution scientifique du CEA et du département.



Né en 1925, Roland Barloutaud, après des études à la Sorbonne entre au CEA en 1948 dans le Service de Physique Nucléaire que vient de créer Frédéric Joliot-Curie au fort de Châtillon et que dirigera André Berthelot. Il y soutient sa thèse en 1958 en physique nucléaire. Après un post-doc d'un an à Houston au Texas, il entre au Laboratoire de Physique Corpusculaire à Hautes Énergie (LPCHE, l'ancêtre du DPhPE, que vient de créer André Berthelot.

Jusqu'en 1978, Roland Barloutaud va se consacrer à l'étude des *résonances*, sortes de particules éphémères, dont la moisson vient de commencer. Il en devient le grand expert. Les années se suivent, l'énergie des accélérateurs augmente, les chambres à bulles grandissent en conséquence. Cela permet de fabriquer des résonances de plus en plus massives. Le catalogue des particules se remplit, donnant aux physiciens une vision de plus en plus complète du monde corpusculaire. Roland colle à l'irrésistible montée en énergie, marque de cette époque dont il est l'un des « grands témoins ».

Les étapes se succèdent. C'est d'abord Saturne et ses 3 GeV avec des chambres de 20, puis 35 et 50 centimètres, et la

« 180 litres » à hydrogène ou deutérium, toutes construites au LPCHE, un des pôles mondiaux de la chambre à bulles (voir *ScintillationS* n° 26 et 27). En 1962, les faisceaux du PS (synchrotron à protons de 28 GeV) sont disponibles au CERN. Les chambres grandissent en conséquence : la « 81 centimètres » construite à Saturne est installée à Genève. Les interactions de kaons négatifs de 14 GeV du PS sont photographiées dans une chambre de deux mètres. Puis le SPS (Super Proton Synchrotron de 400 GeV) entre dans la danse avec entre autres des kaons (les particules favorites de Roland) de 70 GeV qui interagissent dans la chambre « BEBC ». Les manip, elles aussi, deviennent de plus en plus grosses. Des millions de clichés sont pris et le dépouillement peut durer plus de dix ans. Roland Barloutaud participe comme chef de groupe à de nombreuses collaborations dont il est, chaque fois, la cheville ouvrière.

Parallèlement, il dirige des expériences de 1972 et 1979 au synchrotron à protons de 70 GeV de Serpukhov (URSS) avec la chambre à bulles MIRABELLE (voir l'écho page 7 de ce numéro) construite par le DPhPE, la nouvelle dénomination du LPCHE avant la création du DAPNIA.

Vers 1978, Roland Barloutaud, toujours à l'affût de nouvelles techniques, va, comme beaucoup, tourner la page des bulles. En douceur : il participe en 1978 et 1979 à une expérience au SLAC, en Californie, avec un appareillage hybride composée d'une petite chambre à bulles\*, de chambres à fils et d'un compteur Cerenkov (voir *ScintillationS* n° 23), destiné à chercher des résonances exotiques du type baryonium (par exemple, un couple proton-antiproton lié) grâce à des faisceaux d'antiprotons de plusieurs GeV.

Roland Barloutaud change alors carrément de physique et s'engage à fond dans ce qui sera la dernière grande œuvre de sa vie : l'expérience « DVP » dans le tunnel de Fréjus afin de mesurer la durée de vie du nucléon (proton ou neutron liés dans le noyau).

Il est le premier directeur du

Laboratoire Souterrain de Modane. Tout en mesurant la durée de vie du proton (on la trouvera au moins égale à  $10^{31}$  ans, à comparer à l'âge de l'univers :  $1,5 \cdot 10^{10}$  ans), les mille tonnes de fer bardées de détecteurs servent à l'étude de nombreux phénomènes cosmiques : origine des muons cosmiques, neutrinos atmosphériques etc.

Les neutrinos de toutes origines et la matière cachée continuent de passionner Roland Barloutaud bien après sa retraite en 1989. Il fréquente presque quotidiennement son ancien laboratoire devenu le SPP, jusqu'à quelques jours avant sa disparition, faisant profiter ses anciens élèves (il a dirigé une quarantaine de thésards dont la plupart sont devenus ses amis) de ses conseils et critiques, toujours pertinents et exprimés avec sa gentillesse et sa timidité habituelles.

\*

Signataire de 185 publications, Roland Barloutaud, connu et apprécié par l'ensemble de la communauté des physiciens des particules, fut souvent invité à de grandes conférences internationales pour des exposés de synthèses. Il reçut le prix de la « Fondation Servant » de l'académie des Sciences en 1969 et fut nommé chevalier des palmes académiques en 1977, puis officier en 1989.

Ses nombreux amis et collègues de Saclay garderont le souvenir d'une personnalité attachante dont le sens physique, l'esprit critique et les connaissances encyclopédiques ont animé pendant plus d'un demi siècle le laboratoire dont il a su suivre et souvent précéder toutes les évolutions.

Physicien nucléaire, des particules, cosmologiste, utilisant en virtuosité des détecteurs de toutes sortes, Roland Barloutaud est véritablement un symbole du DAPNIA.

### Quelques amis du SPP

\*Cela reste une chambre à bulle, mais la technologie est nouvelle car au lieu d'un cycle « refroidissement-détente » par seconde comme dans une chambre classique, celle-ci en exécute cinquante, ce qui multiplie par autant le taux d'acquisition.

## Grâce au DAPNIA, le LHC garde son champ froid

Le grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN comportera environ 1200 aimants de courbures (dipôles) et 400 aimants de focalisation (quadripôles) supraconducteurs. Dans le cadre de la contribution exceptionnelle de la France au projet LHC, la conception de ces quadripôles et celle de leur usine à froid ont été prises en charge par le DAPNIA et l'IN2P3.

Dans ce contexte, le STCM a étudié et construit plusieurs prototypes de quadripôles. Il est aussi chargé du transfert de technologie vers l'industrie et du suivi de la production des 400 quadripôles dont le marché vient d'être attribué par le CERN à un coût inférieur aux prévisions de 1995.

Après avoir construit deux premiers prototypes et testé de façon satisfaisante leur comportement électrique et leur qualité de champ magnétique en 1994 (*Scintillations* n° 17, 18 et 31), l'équipe en a étudié et construit trois nouveaux suite à la modification de plusieurs paramètres, notamment la géométrie du câble conducteur. Le premier a été livré au CERN en septembre 1999 et il subit des tests depuis mars 2000. Lors de la première série de tests, il a dépassé le courant nominal (11870 ampères) après un retour de l'état supraconducteur à l'état résistif (un *quench*, dans le jargon des spécialistes) à 11133 ampères. Il est ensuite monté à 13000 ampères avec deux quenches autour de 12500 ampères. Après un cycle thermique (retour à la température ambiante et redescende à 1,9 K), il a à nouveau atteint 13000 ampères sans quench. Cela prouve qu'il a gardé en mémoire son « entraînement » et récompense le travail de toute l'équipe projet du DAPNIA (STCM, SGPI, SIG). Les deux autres prototypes seront testés au CERN et au CEA avant la fin de l'année 2000.

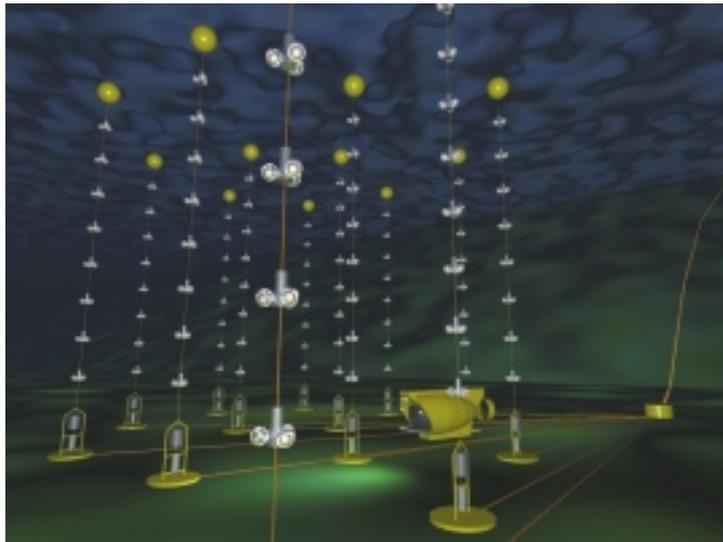
Marc Peyrot (STCM)

## Ligne dans le fond

Dans la nuit du 25 au 26/11/1999, une ligne test pour le programme ANTARES de détection sous-marine de neutrinos (n° 33 et 41) a été déployée avec succès au large de Marseille par 1100 m de profondeur. Point final d'une R & D de trois ans, cette ligne de hauteur 350 mètres a été reliée à la côte par un câble électro-optique de 37 kilomètres.

Cette ligne est équipée de 8 photomultiplicateurs et d'instrumentation essentiellement vouée à l'étude de son comportement mécanique. Après quelques difficultés pour établir la communication avec la côte *via* le câble, la ligne a été mise en fonctionnement. Après 2 mois de tests et de prises de données, les signaux transmis à la côte ont été analysés et permettent de reconstruire des trajectoires de muons formés lors de chocs neutrinos-protons.

**ANTARES**  
Vue d'artiste de lignes de détection des muons produits par l'interaction des neutrinos avec les protons de l'eau de mer, au fond de la Méditerranée.



C'est une première mondiale pour ce type d'expérience en mer.

Fortes de ce résultat, les équipes de la collaboration sont maintenant engagées dans l'étape suivante : la réalisation du « dixième de kilomètre carré », un détecteur composé de 13 lignes équipées en tout de 1170 photomultiplicateurs. Un beau dossier figure dans *Sciences et Vie Junior* d'avril 2000.

**COUP D'ŒIL...** Sur *Le Figaro* qui, dans son numéro du 14/12/99, a tiré un bel article sur ANTARES : « La pêche au neutrino ». La presse est bien faite : des rédactrices plus que potables découvrent nos neutrinos, puis se penchent sur notre

campagne et sa longue pêche sous-marine... Nous sommes émus de voir ainsi la praique des « NDLR » façon *ScintillationS* se faufiler dans une presse où se fourre un aussi beau titre. Félicitations à nos amis d'ANTARES, ces grands pêcheurs au neutrino qui crawlent près des grands fonds et retirent leur pêche du flot avant que leurs câbles ne soient rouillés. Espérons que ce genre de papiers bien condensés sensibilisera nos autorités à la pêche de 2000, les incitant à encore mettre la main à la poche pour amener encore des neutrinos. Qui sait, tel ou tel honoré par Nobel trouvera cela enfin excitant en se branchant à l'eau sur <http://antares.in2p3.fr>.

## Le Gluon d'Honneur

**Le premier Gluon de l'année est décerné, malgré tout notre respect pour Alfred Nobel, à l'un de ses lauréats, Pierre-Gilles de Gennes, pour une sentence que rapporte le numéro de janvier 2000 de « Sciences et Avenir » : « Il faudra accélérer l'agonie de domaines essoufflés comme la physique nucléaire, la physique des solides ou la chimie quantique. » Un « erratum », paru dans le numéro de mars du même journal, remplace « accélérer l'agonie » par « limiter », mais maintient le terme « essoufflés ».**

**On a connu ce genre d'oracle aussi péremptoire qu'aventureux à la fin du siècle dernier. Cela n'a rien ajouté à la gloire de leurs auteurs, Lord Kelvin en tête. Une science est essoufflée quand elle n'a pratiquement plus rien à découvrir. Les « essoufflés » de Kelvin avaient nom Becquerel, Roentgen, Marie et Pierre Curie etc. Et un peu plus tard, Einstein... Espèce peut-être disparue, mais qui sait ? L'exemple du siècle dernier devrait inciter à plus de circonspection.**

## Pan ! sur le Becquerel

Ayant sans doute trop anticipé sur les libations festives, le porte-parole de *ScintillationS* s'est emmêlé les satellites en se fiant aux lignes 14-16, colonne 1, page 6 du rapport du Comité d'évaluation (n° 44) : « ...le SAp devrait évaluer soigneusement s'il peut mener de front Glast, *Integral/XMM* et *First*. ». Ledit porte-parole a cru bêtement que INTEGRAL et XMM ainsi soudés dans le texte faisaient fusée commune, et les a fusionnés à deux reprises : dans une légende du n° 44 et dans une brève du n° 45 : « La première image d'ISGRI ». Faute de vérifier ses sources, il a pris un bouillon.

Ce double bogue de l'an 2000 a suscité une légitime émotion dans la communauté astrophysicienne. Le coupable renouvelle ses plus vives excuses à l'équipe d'ISGRI, un moment inquiète que sa caméra soit déjà en orbite sans qu'on l'en ait avertie, et adresse les mêmes excuses à tous les membres du DAPNIA impliqués dans les deux collaborations INTEGRAL et XMM. Ses excuses s'étendent à toute personne ayant approché XMM et donc au personnel d'Ariane-Espace qui aurait le droit de montrer son Kourou, se sentant suspecté donc lésé d'avoir embarqué un faux bagage.

## Un « Parc Mirabelle » à Protvino (Russie)

Une année après le voyage des " anciens " de la mission Mirabelle à Protvino, (*Scintillations n°43*) le Parc Mirabelle situé en face de la Maison de la Culture de la ville a été inauguré le 23 Novembre 1999 en présence

du Maire de Protvino, du Directeur de l'Institut de Physique des Hautes Energies (IPHE), de membres russes du Comité de jumelage des villes d'Antony et de Protvino, de collègues de l'IPHE et de représentants du DAPNIA.

Le ciel était gris, la plaine était blanche mais la chaleur amicale dégagée par cette inauguration nous a fait oublier les moins quinze degrés.



Après les discours chaleureux rappelant les objectifs de cette expérience de physique, symbole de rapprochement et d'ouverture entre les deux pays, on procéda à l'inauguration d'une plaque " Parc Mirabelle " aux accents des deux hymnes nationaux



joués par une fanfare militaire.

Ainsi la grande aventure que fut cette mission Mirabelle du CEA dans l'URSS des années soixante est-elle pérennisée en Russie par cette plaque. Elle rappellera à tous les promeneurs les souvenirs inoubliables, les amitiés nouvelles et, pour certains, des liens forts tissés entre nos deux peuples lors de cette grande collaboration.

Notre pensée a aussi été vers ceux qui depuis nous ont quitté.

Josette Lebars et  
Daniel Cacaut (STCM),  
Claude Curé (SGPI)

Groupe franco-russe : le maire de Protvino, le directeur adjoint de l'IPHE, les trois auteurs de l'article et d'autres Français, sous la plaque émaillée modèle «Ville de Paris»

## Dominique Pouillet

Dominique Pouillet s'en est allé.

Le parcours de Dominique est original : de formation littéraire, il rejoint en 1972 la grande famille des vacataires du CEA et apporte tous ses soins au dépouillement des clichés des chambres à bulles (*Scintillations n° 26, 27*). Une dizaine d'années plus tard, reconversion oblige, Dominique intègre le groupe d'informatique du DPhPE et s'essaye en parallèle à la confection artisanale du cuir. Enfin, délaissant cuirs et programmation, il entre définitivement dans l'équipe de Documentation d'Odile Lebey au DPhPE et continue au SGPI.

Dominique laisse le souvenir d'un homme cultivé aux multiples passions, amoureux du

cinéma, des arts, de l'Asie, en particulier le Sri-Lanka, son pays d'adoption. Que ses proches sachent que ce souvenir vit aussi en nous.



Dominique Pouillet avec Arthur Clarke, l'auteur de "2001, l'Odyssée de l'Espace".

Peu le savent : cet homme de lettres laisse un livre où il cherche à faire partager l'une de ses passions, celle peut-être où il excellait le plus : « Le Boomerang », écrit en collaboration avec Jean-Luc Porquet, écrivain et journaliste au *Canard Enchaîné*, et paru aux éditions Hoëbeke.

L'exemplaire qu'il a donné à notre bibliothèque offre cette émouvante et magnifique dédicace :

« Puissent ces quelques notes d'un passionné de l'éternel retour détourner un bref instant l'attention des sorciers de l'infiniment petit et des grands anneaux de la science moderne, vers des cercles très anciens aux dimensions de l'homme. » Dominique Pouillet, le 20 septembre 1989.

## Lauriers du DAPNIA

### Prix DAPNIA de la communication –

Deux prix ont été décernés en 1999. Un premier a été attribué à un sextuor du STCM composé de Antoine Daël, Jean Deregé, Michel Gagné, Bernard Gastineau, Marc Peyrot (également de *Scintillations*) et Joël Touet qui, au sein d'une active équipe de 22 communicants, a réalisé une superbe exposition, au bâtiment 198, sur les réalisations cryomagnétiques majeures de son service. On vous recommande chaudement la visite. L'autre prix est revenu à Joël Martin (SPhN et *Scintillations*), et par ricochet à toute l'équipe de notre journal. La dernière réunion du comité éditorial a été bien arrosée... Merci aux membres des jurys bien

matheux. Ils sont bien sensés et savent aussi communiquer.

**Prix Daniel Guinier « jeunes Chercheurs 2000 » de la SFP** – Il vient d'être remis à Hervé Aussel (SAP) pour sa thèse dirigée par Laurent Vigroux : « Formation et évolution des galaxies observées dans l'infrarouge moyen ». En voilà une bonne, de thèse !

**Prix Thibaud de l'Académie des Sciences, Belles-lettres et Arts de Lyon.** L'un des trois prix Thibaud 2000 est attribué à Marc Dejardin (SPP) pour ses travaux sur la transformation, mesurée à CPLEAR, au CERN, du méson  $K_0$  en son antiparticule et vice-versa. Ces expériences, extrêmement délicates car elles mesurent des nanopouillèmes de picofréquents, ont montré que la probabilité de trans-

formation du  $K^0$  en anti  $K^0$  était différente de celle de la transformation dite « renversée par le temps » de l'anti  $K^0$  en  $K^0$ . En très très gros, on ne trouve pas la même probabilité lorsqu'on mesure directement la seconde transformation, et lorsqu'on passe à l'envers le film de la première, voyant ainsi également l'anti  $K^0$  se transformer en  $K^0$  ! Cet ahurissant résultat prouve expérimentalement une propriété du monde des particules appelée *violation de la conservation par renversement du temps*, prédite théoriquement mais jamais observée. Cette manifestation spectaculaire de la dissymétrie entre la matière, la nôtre, et l'antimatière, qui a disparu après le Big-Bang, aidera peut-être à comprendre cette disparition. Bravo Marc !

## Commissions et Colloques

### La dernière conférence « IEEE » du millénaire

L'Institute of Electrical and Electronics Engineers organise en 2000 pour la première fois en Europe ses deux conférences annuelles : « Nuclear Science Symposium » et « Medical Imaging Conference ».

C'est à Lyon du 15 au 20 octobre, sous la présidence de Patrick Le Dû, (tel : 0 69 08 40 73, ledu@hep.saclay.cea.fr), du SPP. Pour plus ample information : <http://NSS2000.mi.infn.it/>

Rémi Chipaux (SED)

## Va et vient

**Décembre 1999** – Bertrand Morin (SAp) passe annexe 1. Toutes nos félicitations. Cette fin d'avant-dernière année du millénaire voit neuf départs à la retraite, départs négociés, ou « IG 119 » : Roger Coquillard (SGPI), Arlette Dauba (SGPI), Dominique Iannone (STCM), Jean-Pierre Jacob (SDA), Noëlle Loas (DAPNIA/DIR), Jeannine Mégret (SPP), Emmanuelle Murcia (SED), Jean-Marie Rousseau (SIG), Serge Tissier (SIG). On leur souhaite bonne chance pour leur 2000 ! Bienvenue aux trois petites nouvelles et aux trois petits nouveaux du mois (la parité est respectée) : Nathalie Besson (SPP), Delphine Botte (DAPNIA/DIR), Thierry Boussuge (SIG), Frédéric Druillole (SEI), Valérie Gautard (SIG), Sophie Salasca (SED). Bienvenue aussi à Serge Palanque, muté de DSM/UGS à DAPNIA/DIR.

**Janvier 2000** – Le Nouvel An nous amène Michel-Yves Bertrand, muté de la DCC au SGPI et Frédéric Pinsard recruté au SAp. Deux mutations internes : Maryline Besson (reviens nous voir à *ScintillationS* !) passe de DAPNIA/DIR au SGPI et Jean-Philippe MOLS, du SGPI au SED. Bienvenue et bonne chance ! Les retraités du mois : Rémi Burgel (SDA), Jean-Louis Hamel (SEA), Claude Lesmond (STCM) (un ancien de *ScintillationS*) et Bernard Lucas

(SEI). Stéphane Fartoukh (SEA) est détaché au CERN. Bonne continuation à tous les partants.

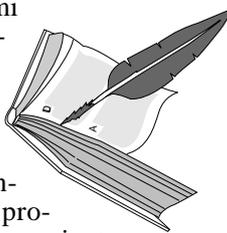
**Février 2000** – Départ en retraite pour Josette Lebars (STCM) qui nous fait un beau cadeau dans ce numéro : l'article franco-russe qu'elle a écrit avec Daniel Cacaut et Claude Curé (page 7). Philippe Bizeul (SEI) est muté au AG MRSG, à Saclay. Deux recrutements : Cédric Gourdin (STCM) et Danas Ridikas (SPHN). Bonne chance aux partants et aux arrivants.

**Mars 2000** – Trois retraités : Denise Blanc-Vacher (SEA), Serge Conat (SED, cours bien sans rester dans le sillage, Serge et dévale !) et Jean Fusellier (SEA). Dominique Sauques est muté de la DTA au SEI. Deux recrutés : Marc Blaquièrre (STCM) et Michel Luong (SEA). Le printemps commence bien...

## Plumes du DAPNIA

Ne manquez pas chez Hatier, dans la collection « *Optiques Philosophie* », ça vient de sortir : **L'infini – De la philosophie à l'astrophysique**

L'auteur, l'ami Marc Lachièze-Rey (SAp), met ses vastes connaissances au service des curieux de l'infini. Depuis les problèmes que se posaient les Grecs, jusqu'aux mathématiques infinitésimales dernier cri, il déroule un passionnant catalogue des différents infinis (du temps, de l'espace, des nombres) et de leurs particularités. Car l'infini est pluriel, selon qu'il est physique ou mathématique, par exemple. A travers les paradoxes qu'il suscite (paradoxe de Zénon d'Élée, pourquoi le ciel est noir ?), on retrouve d'autres questions physiques et philosophiques, par exemple la continuité ou les singularités. C'est expliqué dans un langage clair et concis. Cet opuscule est une référence sur le sujet. Bravo Marc !



Yves Sacquin (SPP)

Joël Martin (SPHN) a encore frappé chez Albin Michel Jeunesse avec un recueil de contrepèteries enfantines :

### Des prénoms fous, fous, fous (contrepèterie flamande)

On y lit entre autres ceci : « *Maud est cloche, Claude est moche* » (rien à voir avec nos Maud à nous ni avec un ex-ministre), « *Élizabeth hait la bêtise* » (n'y voyez aucune allusion à une membre du comité de *ScintillationS*, ni avec une ministre en exercice), ou encore « *Le beau Joël aime le beaujolais* » (aucun chef de département n'est, bien sûr, visé, ni un informaticien ni un porte-parole de journal).

Relevé dans le compte rendu du conseil d'unité d'un service du DAPNIA, ce passage sur le bourrage des imprimantes dû à des envois de type MAC : « *Désormais, certaines personnes du service (dont le chef) auront l'autorisation de purger les queues en cas de blocage.* » D'où, peut-être ce genre de question : « Qu'est-ce que cette petite manivelle, une purge ? » ou cette consigne de bouche à oreille : « Ne vous gourez pas dans les bogues. » Nul doute que nos vaillants informaticiens relèveront le gant dans le blocage...

### CEA - DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : Joël FELTESSE

COMITÉ ÉDITORIAL : Joël MARTIN (porte-parole),

Claire ANTOINE, Pierre BORGEAUD, François

BUGEON, Rémi CHIPAUX, Nathalie COLOMBEL,

Thierry FOGLIZZO, Elizabeth LOCCI, Marc PEY-

ROT, Franck QUATREHOMME, Yves SACQUIN,

Angèle SÉNÉ, Thierry STOLARCZYK,

Christian VEYSSIERE

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION : Maryline BESSON

MAQUETTE & MISE EN PAGE Christine MARTEAU

CONTACT : Joël MARTIN

Tél. 01 69 08 73 88 – Fax : 01 69 08 75 84

E.mail : jmartin@cea.fr

<http://www-dapnia.cea.fr/Com/ScintillationS/>

Dépôt légal mai 2000

35 !