

LA PHYSIQUE À CEBAF

Des physiciens du DAPNIA viennent d'engager un programme de recherches auprès du CEBAF. Quel est ce laboratoire? Comment les recherches qu'il permettra d'entreprendre se situent-elles dans l'évolution de la physique hadronique? Quelles expériences les Français vont-ils réaliser?

CEBAF est le sigle de "Continuous Electron Beam Accelerator Facility" dont la construction se termine en Virginie aux Etats-Unis. L'originalité de cet accélérateur est de fournir un faisceau

continu et intense (200 μ A) d'électrons, à l'énergie nominale de 4 GeV. Cette énergie est obtenue en faisant circuler cinq fois ce faisceau dans deux accélérateurs linéaires de 400 MeV chacun, équipés de cavités accélératrices supraconductrices (fig. 2) : cela permet de réduire considérablement les pertes d'énergie par effet Joule et d'accélérer un faisceau continu. Le 1^{er} juillet 1994, un faisceau de 600 MeV a été obtenu dans une des salles expérimentales après un tour complet. L'énergie nominale devrait être atteinte en décembre 1994. Les performances des cavités accélératrices (en moyenne un gradient de l'ordre de 9.6 MV/m et un facteur de qualité de $7.1 \cdot 10^9$, au lieu des 5 MV/m et $2.4 \cdot 10^9$ contractuels) permettent d'envisager une augmentation de l'énergie jusqu'à 6 GeV dès 1996.

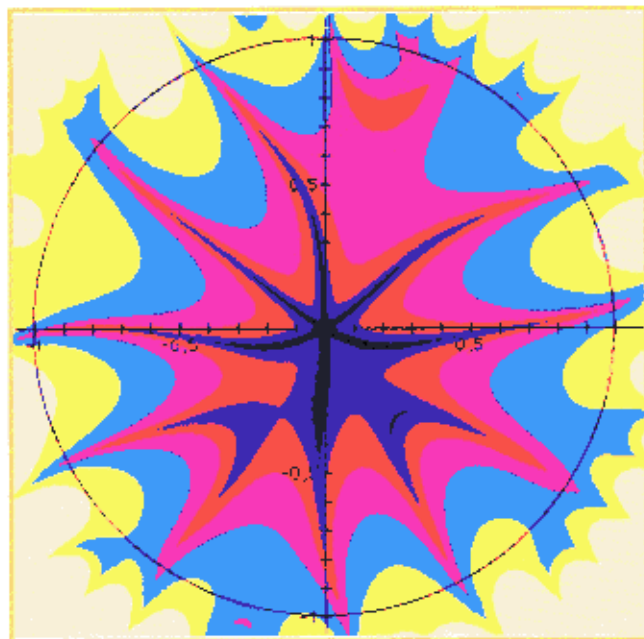


Fig.1. Fleur de magnétisme.

Cette figure montre l'homogénéité du champ magnétique du premier quadripôle de type "CEBAF Q1". Les six couleurs limitent les zones d'homogénéité $\Delta B/B = 10^{-n}$, n variant de 3 à 5,5 par pas de 0,5. Le cercle représente la zone utile de 300 mm de diamètre.

Contributions techniques du DAPNIA

- Cible "CLAS" hall B.
- Ligne deutons et polarimètre deutons (hall C), à parité avec l'ISN de Grenoble.
- Polarimètre COMPTON (hall A), avec l'INP de Lyon.
- Cartographie magnétique des quadripôles des HRS (hall A), à parité avec le LPC de Clermont-Ferrand.
- Mesure absolue de l'énergie du faisceau du hall A avec le LPC de Clermont-Ferrand.
- Détecteur Cerenkov pour les HRS (hall A), avec des laboratoires de l'INFN de Rome et Lecce.

Parallèlement, l'installation des détecteurs se poursuit dans les trois salles qui seront alimentées simultanément par le faisceau d'électrons. Le hall "A" est équipé de deux spectromètres magnétiques de haute résolution (High Resolution Spectrometers HRS). Ils permettront de réaliser des études de structure nucléaire nécessitant une très bonne résolution en énergie (de l'ordre de 100 KeV), ou bien des mesures de facteurs de forme nécessitant un contrôle très fin du transfert d'impulsion. Les premières expériences y sont prévues à l'automne 1995. Le hall "B" est équipé d'un détecteur de grande acceptance, "CLAS" (Cebaf Large Acceptance Spectro-

meter). Six bobines supraconductrices induisent un champ magnétique toroïdal. Les particules sont détectées par trois ensembles concentriques de chambres à fils situées entre ces bobines, et par des calorimètres situés à l'extérieur. L'utilisation combinée de ce détecteur et du faisceau continu d'électrons offre l'occasion unique d'étudier complètement des réactions nucléaires dans lesquelles plusieurs particules sont détectées en coïncidence. C'est un défi, à la fois sur le plan technique, mais aussi sur le plan de la conduite et l'analyse d'expériences réalisées avec une grande luminosité, de l'ordre de 10^{34} $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Les premières expériences y commenceront fin 1996. Le hall "C" n'est équipé que d'un spectromètre magnétique de résolution modeste, mais un espace suffisant est disponible pour permettre à chaque équipe d'utilisateurs d'y installer un second détecteur adapté à son expérience. C'est dans cette salle qu'est prévue la première des expériences de CEBAF, début 1995.

Quelles recherches ? Cet accélérateur et l'ensemble de détecteurs qui lui sont associés offrent à une communauté forte de 440 physiciens le moyen de répondre à toute une série de questions qui se posent en physique hadronique. La physique hadronique est issue de l'évolution naturelle d'un domaine de la physique nucléaire dans un mouvement de rapprochement avec la physique des particules. Son champ d'investigation est l'étude des systèmes hadroniques étendus (agrégats de particules en interaction forte) et de leur structure. Le problème qui se pose est commun à l'étude de tout système complexe : quelle est la description la mieux adaptée à chaque échelle d'observation ?

On distingue trois niveaux d'organisation de la matière hadronique.

Au niveau le plus fondamental, les constituants élémentaires sont les quarks qui interagissent en échangeant des gluons. La théorie correspondante, la Chromodynamique Quantique (QCD en anglais), est considérée aujourd'hui comme la théorie de base des interactions fortes. Elle possède deux propriétés originales aux importantes conséquences : la liberté asymptotique et le confinement. Les quarks interagissent d'autant moins qu'ils sont plus proches. A moins d'un dixième de

fermi, cette force devient si faible qu'on peut la traiter comme une petite perturbation : c'est le domaine de la liberté asymptotique où QCD a été vérifiée avec beaucoup de précision par des expériences réalisées à haute énergie et n'a pas encore été mise en défaut. Toutefois, les porteurs de l'interaction, les quarks et les gluons, n'ont jamais été observés à l'état libre : ils sont confinés dans les hadrons. Séparer un quark de ses compagnons requiert une énergie qui augmente très vite avec la distance. Économique, la nature préfère créer des hadrons. C'est le phénomène d'hadronisation pour lequel il n'existe aujourd'hui aucune théorie mais seulement des modèles phénoménologiques.

Le second niveau d'organisation est celui des quarks constituants. Lorsque l'échelle d'observation est de l'ordre de 0,1 à 0,3 fermi, les quarks s'habitent d'un nuage de gluons et de paires de quarks et d'antiquarks. Ces quarks constituants apparaissent dans la première étape du processus d'hadronisation, et ce sont eux qui se lient pour former les hadrons que l'on observe dans la nature. À ce niveau, la force de couleur (d'où "chromodynamique") est la manifestation de l'interaction forte.

Le troisième niveau est précisément celui où ces hadrons interagissent et forment les systèmes nucléaires constitués de baryons (les nucléons et leurs états excités, que l'on peut observer à l'état libre contrairement aux quarks) qui échangent des mésons. Ce sont ces mésons qui véhiculent l'interaction forte à cette échelle et donnent naissance aux forces nucléaires. Cette description est particulièrement adaptée à l'échelle de 1 fermi et plus, c'est-à-dire pour des distances comparables ou supérieures à la taille du nucléon. Les physiciens nucléaires français et tout particulièrement ceux du CEA ont contribué très largement au fondement de cette image de la matière dans les années 70-80, tant à l'Accélérateur Linéaire de Saclay (ALS) et à Saturne qu'auprès d'autres machines européennes (Mayence, par exemple).

Pourquoi la sonde électromagnétique ? Dans cette quête de la structure sous-jacente de la matière hadronique et de l'articulation entre ces trois niveaux d'organisation, les faisceaux continus d'électrons de grande énergie jouent un rôle de premier plan. L'interaction électromagnétique est bien connue et de nature différente de l'interaction forte que l'on veut étudier. C'est une sonde aux effets précis et bien localisés. Une frappe chirurgicale, en quelque sorte... Les faisceaux continus facilitent ou rendent possibles la réalisation d'expériences "exclusives" où la détection en coïncidence des particules émises per-

met de sélectionner et d'identifier les phénomènes les plus intéressants. L'augmentation de l'énergie permet d'affiner le pouvoir de résolution, inversement proportionnel à la quantité de mouvement transférée. À une énergie de l'ordre de 1 GeV correspond une finesse d'observation de l'ordre de 1/2 à 1 fermi, qui révèle les échanges de mésons entre nucléons : c'était le domaine de l'ALS, et c'est celui de Mayence. Une énergie de 15 à 30 GeV permet de séparer des détails bien plus fins qu'un dixième de fermi. Cette résolution permet d'interagir directement avec les quarks et les gluons "nus" : c'est le domaine de l'accélérateur "ELFE" (Electron Laboratory For Europe), actuellement en discussion. À l'énergie intermédiaire de 4 à 6 GeV correspond un pouvoir d'analyse de l'ordre de 0,1 fermi susceptible de révéler le niveau intermédiaire, celui des quarks constituants : c'est le domaine de CEBAF qui fondera sur des bases solides la description de ce niveau tout en raffinant notre compréhension de la matière hadronique à l'échelle mésons-baryons dans la limite des basses énergies de son faisceau, et en abordant grâce à ses plus hautes énergies le domaine des quarks et des gluons "nus".

Quels seront les thèmes principaux abordés à CEBAF ? 70 expériences ont déjà été approuvées pour les trois premières années de fonctionnement. Elles sont de deux types.

Les premières sont des extensions d'expériences déjà réalisées à plus basse énergie mais qui bénéficieront des performances nouvelles et de l'énergie plus élevée. On peut ranger dans cette catégorie l'étude des corrélations à courtes distances entre les nucléons dans les noyaux, la détermination précise des facteurs de forme des noyaux et des nucléons (voir *courrier des lecteurs n°18, NDLR*), ainsi que l'étude de la spectroscopie et de la structure des mésons et des baryons.

Les expériences du second type explorent des domaines pratiquement vierges en tirant parti des possibilités nouvelles offertes par CEBAF. J'en retiendrai trois.

Tout d'abord, la production d'étrangeté. Puisque le quark étrange s , et les mésons K ou les hypérons Λ et Σ (particules qui en possèdent une et que l'on nomme pour cela particules étranges) ne sont pas des constituants dominants de l'état fondamental des noyaux, les réactions de production d'étrangeté offrent un moyen privilégié d'étude de la matière hadronique en y introduisant une "impureté" (le quark s , par exemple) et en observant comment elle se propage et comment réagit le noyau. C'est une méthode courante dans l'étude des systèmes complexes. D'un autre côté, il

n'est pas exclu que l'étrangeté soit cachée sous forme de paires de quarks et antiquarks étranges (paires $s\bar{s}$) dans les nucléons et les noyaux. Un choix judicieux des réactions et des conditions cinématiques devrait permettre de séparer et étudier ces deux aspects. Je m'attends à des surprises dans ce domaine.

Ensuite, les expériences réalisées aux limites de CEBAF, et plus particulièrement à l'énergie maximale. À cette énergie, les photons se couplent directement aux quarks. C'est là où les expériences "exclusives" devraient permettre de bien étudier le niveau "quarks constituants" et d'aborder leurs relations avec les quarks "nus". Dans ce domaine, je m'attends à d'encore plus grandes surprises.

Enfin, les "observables de spin". Dès le démarrage de CEBAF, le faisceau d'électrons pourra être polarisé (voir "SMC" dans le n°12 de "Scintillation") à plus de 50%, un polarimètre sera installé dans le plan focal d'un des spectromètres du hall "A" et des cibles polarisées seront disponibles. Cet ensemble unique ouvrira l'accès à la détermination de polarisations, d'asymétries et de transferts de spin dans des réactions exclusives.

Et le DAPNIA dans tout ça ?

L'implication du DAPNIA dans les programmes du CEBAF est toute naturelle. Elle sort en ligne droite de l'expertise mondiale reconnue des physiciens français dans l'étude du noyau avec la sonde électromagnétique (voir l'article sur feu l'ALS dans *Scintillation* n°1, NDLR). Beaucoup d'expériences proposées à CEBAF concernent un champ d'investigation qu'ils ont largement débroussaillé dans les années 70-80. D'autres sont basées sur des idées qu'ils ont émises. Enfin, les physiciens français sont porte-parole des expériences qu'ils proposent. Cette implication s'inscrit également dans la perspective du développement à plus long terme de la physique hadronique : c'est une étape indispensable dans le mouvement de montée en énergie vers ELFE. Nous nous y préparons en travaillant dans le domaine des quarks constituants et en maîtrisant les techniques de réalisation et d'analyses d'expériences exclusives nécessitant un faisceau intense et continu, de forte luminosité ainsi qu'un détecteur de grande acceptation. C'est dans cette perspective qu'ont été choisis les thèmes autour desquels les équipes françaises se sont regroupées. La priorité a été donnée aux expériences qui ne pouvaient pas actuellement être réalisées en Europe. Le DAPNIA et l'IN2P3 ont établi une étroite collaboration, élargie dans la mesure du possible à des équipes européennes. Trois thèmes ont émergé.

MACHINE CONFIGURATION

CEBAF

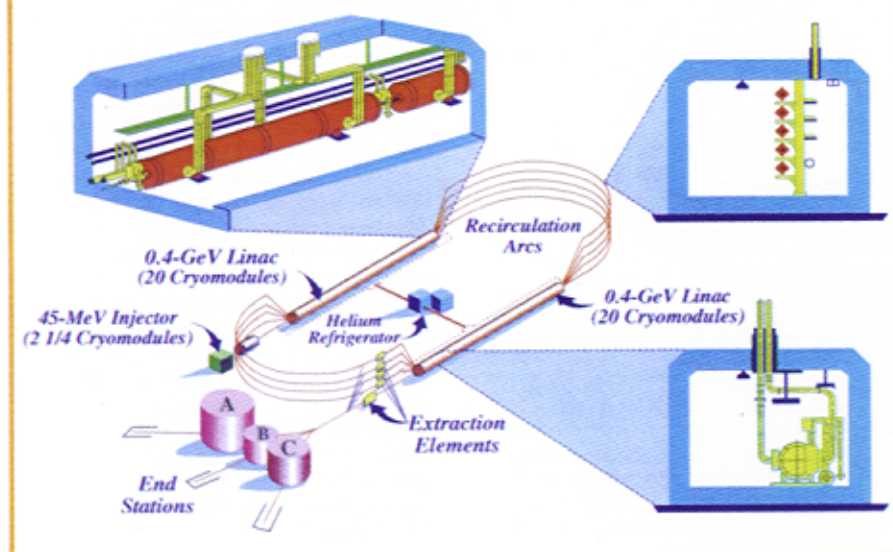


Fig. 2. Vue synoptique de l'accélérateur CEBAF.

Le premier concerne l'étude des gluons dans la matière hadronique au moyen de la production par photons de mésons tels que le méson Φ dans le détecteur CLAS. Il tire partie de deux points forts de CEBAF : l'étrangeté, puisque le méson Φ est formé d'une paire $s\bar{s}$ et l'énergie du faisceau. Les groupes d'instrumentation du DAPNIA ont la responsabilité de la conception, de la construction et de la mise au point de la cible cryogénique qui sera utilisée dans cette expérience.

Le second thème vise à déterminer la présence possible d'une composante $s\bar{s}$ dans le proton au moyen d'une expérience de "violation de la

parité" réalisée avec les spectromètres magnétiques du hall "A". Là aussi, deux points forts : l'étrangeté encore, mais aussi la détermination de l'asymétrie dans la diffusion élastique d'électrons polarisés. Les "instrumentalistes" du DAPNIA auront en charge les conception, construction et réalisation d'un polarimètre Compton, et sont déjà impliqués dans la construction de détecteurs Cerenkov, la mesure de champ dans les quadripôles des spectromètres et la mesure absolue de l'énergie du faisceau d'électrons.

Le troisième thème vise à déterminer, d'une part, certains facteurs de forme du nucléon par "diffusion Compton" et, d'autre part, à séparer les trois

facteurs de forme du noyau de deutérium (ou deuteron, noyau formé d'un proton et d'un neutron). Le polarimètre correspondant, "POLDER", a été construit par une équipe de l'ISN de Grenoble et a déjà été utilisé à Saturne. Par ailleurs, des groupes techniques de Saclay participeront à la réalisation de la ligne magnétique de détection des deutons.

Cette présence des physiciens français à la frontière de notre connaissance durant les cinq ou dix années à venir devrait leur permettre de conserver le rang qu'ils ont toujours eu et de continuer à tenir le rôle moteur qui a toujours été le leur dans la communauté internationale des physiciens du noyau.

Jean-Marc Laget (SPbN)

Les deux masses froides des quadripôles supraconducteurs "CEBAF Q1", éléments des spectromètres à haute résolution (HRS) du hall A, construits sous contrat par le STCM, ont été testés avec succès à Saclay les 9 juin et 6 juillet. Le gradient (voir n° 18, page 7) de 6,4 tesla par mètre est atteint au courant de 3250 ampères. La qualité du champ est excellente, les niveaux des harmoniques sont meilleurs que les spécifications. Les quadripôles vont être maintenant montés dans leurs cryostats puis équipés de leurs circuits magnétiques. Les essais finaux auront lieu à la fin de cette année.

Claude Lesmond (STCM)

BRÈVES ... - BRÈVES ...

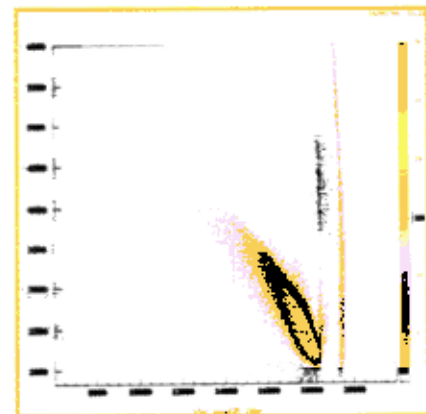
Premières mesures à haute résolution de diffusion élastique et d'échange de charge avec des faisceaux exotiques

La première expérience d'échange de charge (p,n) induite par un faisceau instable a été réalisée au GANIL du 6 au 14 mars 1994 par une équipe composée de physiciens du CEA et de l'IN2P3. Cette expérience inaugurait la Source d'Ions Secondaires Supraconductrice Intense, SISSI, qui permet d'augmenter l'intensité des faisceaux instables d'un ordre de grandeur, (environ un facteur 10).

L'association de SISSI et du spectromètre à perte d'énergie SPEG nous a permis de réaliser un certain nombre d'autres "premières" avec des faisceaux secondaires instables: mesure des distributions angulaires de diffusion élastique, inélastique et d'échange de charge jusqu'à des angles inférieurs à 1°, et

ceci avec une résolution en énergie $\Delta E/E$ de l'ordre de 10^{-3} , soit un gain de plus d'un ordre de grandeur par rapport aux autres installations dans le monde. Ces mesures sont fondamentales pour étudier la structure des noyaux loin de la vallée de stabilité. La diffusion élastique permet d'obtenir le potentiel d'interaction noyau-noyau. Les réactions d'échange de charge permettent d'accéder au rayon des noyaux et sont donc particulièrement intéressantes pour les noyaux les plus riches en neutrons dont les rayons s'écartent de la systématique établie pour les noyaux stables. Les performances obtenues au cours de cette expérience avec les faisceaux de ^6He , ^{10}Be , et ^{11}Be ouvrent des perspectives très intéressantes pour l'avenir.

N. Alamanos, F. Auger,
V. Fekou-Youmbi, B. Fernandez,
A. Gillibert et J.L. Sida, (SPbN).



Angle de diffusion en fonction de la position sur la focale du spectromètre SPEG des particules de ^{10}Be diffusées sur une cible de CH_2 .

SIG : AUTO-PORTRAIT D'UN SERVICE



Ensemble de qualification du moteur TELS A pour le futur accélérateur TTF.

Cet article présente de façon générale le SIG car je n'ai pas une connaissance suffisante de tous les groupes pour écrire un article plus approfondi. Je souhaite que chaque groupe prenne le relais pour détailler son activité dans un prochain numéro de Scintillation².

Les trois lettres SIG représentent le Service d'Instrumentation Générale issu de la dernière restructuration. Il regroupe des personnes venues d'horizons divers ayant un dénominateur commun : l'instrumentation. Le service se partage en quatre groupes qui évoluent dans les disciplines suivantes :

- l'automatisme,
- l'électronique,
- l'électrotechnique et les systèmes asservis,
- l'informatique.

La difficulté première pour un nouveau service est de se créer une identité et d'être reconnu dans son environnement. Ces étapes ont maintenant été franchies au terme de quelques belles réalisations auprès d'expériences ou projets (SMC, GALLEX, PMC, RD3, CIRS, TESLA, Stations d'essais cryogéniques...)

Cependant, un grand nombre de physiciens et d'astrophysiciens n'a pas encore connaissance de tout le support que peut leur apporter le SIG.

Nous sommes un service de support technique en instrumentation générale pour les services de physique et les autres services techniques, qu'il ne faut pas assimiler à prestataire de service. Nous devons être un partenaire à part entière. Pour une meilleure efficacité, il est important que nous soyons associés aux projets dès leur démarrage. En effet, l'évo-

lution du niveau de recherche entraîne des contraintes techniques et technologique nécessitant des recherches et développements "amont" spécifiques.

Un exemple : l'adaptation et la qualification d'un motoréducteur fonctionnant sous vide à 4 K pour l'accord des cavités accélératrices de TTF (photo). Il est donc indispensable que nous soyons associés aux choix techniques que nous aurons à mettre en œuvre. Cette manière de travailler nous implique davantage dans la vie du projet et, d'une certaine façon, provoque une motivation supplémentaire qui ne peut être que bénéfique. Bien-sûr, ce mode de fonctionnement concerne principalement les projets importants ou ceux qui nécessitent des développements particuliers. Pour des petites applications, notre but est de fournir une prestation de qualité avec un temps de réponse très court.

La diversité ainsi que les antécédents de nos équipes conduit à une complémentarité qui permet de prendre en charge des ensembles complets liés directement aux disciplines représentées mais aussi des dispositifs spécifiques tels qu'une station d'électrolyse, une centrale de gaz ou de systèmes optiques de positionnement de précision.

Nos domaines d'activités principaux sont :

- la réalisation de modules électrotechniques et électroniques avec une spécificité pour l'électronique logique et analogique de précision
- le contrôle-commande informatique par micro-ordinateur pour les petites applications ou sur stations de travail pour le pilotage d'ensembles complexes
- la mise en œuvre d'automates programmables pour la gestion des processus industriels.

Nous retrouvons l'ensemble des ces spécialités dans le cadre des projets (CEBAF, CMS, EPIC, ATLAS, TTF, Mesures magnétiques...) auxquels nous participons actuellement.

Pour conclure, je dirai simplement : "N'attendez pas d'avoir dépassé le stade du projet pour venir nous voir. Nous avons des propositions techniques à vous faire."

Patrick Lamare (SIG)

Le SIG : ni prestataire, ni prêt à s'taire (NDLR)



Contrôle - commande de l'aimant supraconducteur SMC.

LE FUTUR DE L'ASTRONOMIE INFRAROUGE SPATIALE

Le satellite ISO (Infrared Spatial Laboratory, voir "ScintillationS" n° 14-15, page 4, NDLR) n'est pas encore lancé. Il le sera en septembre 1995. Mais la préparation de l'après ISO est déjà largement commencée. De nombreux projets sont en cours d'étude, soit en Europe soit aux Etats Unis. Le point sur tous ces développements a été fait lors d'un atelier international qui s'est déroulé fin avril au SAP à Saclay (voir n° 18, page 6). Environ 75 personnes de toutes nationalités ont participé à cet atelier. Depuis, plusieurs réunions à l'ESA, en mai et juin ont permis de préciser un peu le cadre dans lequel elles pourraient se faire.

Le contexte français et européen

Le paysage est délimité par les plans de l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Le plan principal s'appelle Horizon 2000. Il s'appuie sur 4 pierres angulaires, et 4 missions intermédiaires. Les 4 pierres angulaires sont Soho (lancement en 1995), un satellite dédié à l'observation du Soleil, XMM (1999), un satellite d'observations en rayons X, Rosetta (2002), une mission destinée à l'étude des comètes, et FIRST (2006), une mission en infrarouge lointain et submillimétrique (de 50 microns au millimètre). Seules 2 missions intermédiaires ont été sélectionnées, Cassini-Huyghens (1997) pour l'étude de Saturne et Titan et INTEGRAL (2002). La seule mission "sûre" dans ce domaine est donc FIRST.

Pour les missions intermédiaires en discussion, une mission infrarouge /submillimétrique appelée COBRAS/SAMBA vient d'être acceptée pour une étude de faisabilité dans le cadre de la mission M3, en compétition avec 4 autres. Elle est destinée à l'étude des anisotropies à petite échelle du rayonnement cosmologique à 2,7 K (voir glossaire). La sélection aura lieu en 1996 pour un lancement en 2003-2004. Rien n'est encore décidé pour la mission M4 qui volera après FIRST.

Parallèlement à ce programme, l'ESA lance une réflexion sur l'après Horizon 2000, le programme Horizon 2000+. Deux nouvelles pierres angulaires sont en discussion, l'une

d'entre elles pourrait être EDISON, un télescope de grande taille, 1,5 à 2 m destiné à l'infrarouge moyen, (3 à 100 microns). Le vol serait en 2010.

Le CNES, de son côté, lance une étude sur des petites missions. Dans ce cadre, il poursuit une étude de SAMBA, en parallèle avec l'étude ESA.

Le contexte américain et japonais

De leur côté les Américains tentent de poursuivre un programme d'observations en Infrarouge. Malheureusement, comme en physique des particules, la remise en cause annuelle des budgets de la NASA leur interdit d'avoir une politique suivie. Le meilleur exemple est SIRTIF, une mission analogue à ISO, mais qui avait démarré quelques années avant ISO. Aujourd'hui, cette mission n'est toujours pas acceptée, malgré le très fort soutien des scientifiques américains. Dans le meilleur des cas, SIRTIF pourrait voir le jour en 1996 avec un vol en 2001-2002. Les Américains ont en projet un télescope infrarouge embarqué sur un avion, SOFIA et une petite mission WIRE dans le cadre des Small Explorer, analogue aux petites missions du CNES.

Les Japonais, quant à eux, proposent un satellite infrarouge avec un télescope de 1m de diamètre. Ce projet devrait être accepté en 1995 pour un vol en 2000 - 2001.

Les avancées technologiques

ISO est une mission qui fut acceptée en 1983. Elle utilise la technologie disponible au milieu des années 1980. Les nouvelles missions reposent toutes sur des nouvelles technologies disponibles à l'heure actuelle. Les avancées ont été spectaculaires dans deux domaines, les détecteurs et le refroidissement du télescope.

Les plus gros détecteurs d'ISO sont ceux d'ISOCAM qui ont 32 x 32 points élémentaires. A l'époque, le développement du détecteur pour la voie grande longueur d'onde d'ISOCAM par le LETI/LIR apparaissait comme un pari technologique audacieux. Aujourd'hui, le même laboratoire travaille sur un 128 x 192 et des 256 x 256 com-

mencent à être disponibles aux Etats Unis. A plus courtes longueurs d'onde, on peut acheter sur catalogue des 256 x 256 et les premiers 1024 x 1024 font leur apparition dans les laboratoires. A plus grandes longueurs d'onde, là où ISO ne dispose que de mono-détecteurs, éventuellement regroupés mécaniquement, des mosaïques sont disponibles avec des caractéristiques de bruit et de sensibilité meilleures que les mono-détecteurs. En 10 ans, il y a eu une révolution complète de la technologie des détecteurs infrarouge. Elle permettra de faire des instruments plus simples, en remplaçant des cryomécanismes par des détecteurs de plus grande taille.

Le télescope et les instruments d'ISO sont refroidis par de l'hélium superfluide, le principe est simple. Le seul problème est qu'on ne peut pas emporter des quantités infinies d'hélium. ISO en emporte 2500 litres, ce qui est sans doute un maximum. Evidemment, lorsque l'hélium s'est évaporé, les instruments ne sont plus refroidis, et la mission s'arrête. Pour ISO, cela représente 18 mois d'opérations. Plusieurs approches sont envisagées pour augmenter ce temps de vie. La première consiste à envoyer le satellite très loin de la terre, de manière à diminuer la charge thermique due au rayonnement terrestre. Pour cela, il faut disposer de moyens de transmission plus performants que ceux qui existent pour ISO. L'autre option consiste à refroidir le télescope passivement par une série de baffles rayonnant la chaleur dans l'espace. EDISON a été un précurseur dans ce domaine. Les études montrent que de cette manière, il est possible de refroidir un télescope de 1,7 m de diamètre à 30 K, à condition d'être très loin de la Terre, et d'être patient. Il faut environ 6 mois pour refroidir le télescope. Par contre, après, on a une durée de vie infinie. L'apparition de machines cryogéniques en circuits fermés qualifiées spatiales permet d'obtenir un surcroît de puissance pour refroidir les détecteurs et certaines parties des instruments aux 2-3 K nécessaires au bon fonctionnement de ces appareils.

Les nouvelles missions infrarouges seront donc très différentes d'ISO, détecteurs de grande taille, peu de cryomécanismes, et refroidissement hybride : passif pour le télescope

et les machines, cryogéniques pour les détecteurs. Le tout permettra d'obtenir des instruments plus fiables dans un satellite à longue durée de vie. S'il est difficile de savoir quelles seront les missions qui voleront d'ici 10 ans, il est clair que l'astronomie infrarouge spatiale ne s'arrêtera pas avec ISO. Ce sera certainement un des axes majeurs d'études dans les 20 prochaines années. L'atelier tenu au Sap a démontré la vitalité de ce sujet. Le Sap espère bien tenir sa place dans ces prochaines missions, dans la continuité de l'effort entrepris pour ISO.

Laurent Vigroux (Chef du Sap)

GLOSSAIRE. - *Lorsqu'un phénomène physique n'est pas le même dans toutes les directions de l'espace, on dit qu'il y a anisotropie. Exemple : les propriétés optiques des cristaux dans lesquels la lumière ne se propage pas à la même vitesse dans toutes les directions. Le rayonnement cosmologique à 2.7K est le résidu refroidi par l'expansion de l'Univers du découplage entre les photons et la matière peu après le Big-Bang. Prévu par le Russe Gamow en 1949, il avait attiré l'attention de ses découvreurs, les Américains Penzias et Wilson en 1965, précisément parce qu'ils l'avaient, avec les moyens de mesure de l'époque, trouvé d'intensité constante quelle que soit la direction d'observation. Ils en avaient déduit qu'il ne provenait pas de corps célestes. La température de 2.7K permet de dater le grand boum à 15 milliards d'années. Mais on a découvert des anisotropies dans ce rayonnement. A grande échelle, elle traduisent le mouvement du système solaire et de la Galaxie par rapport à des repères plus fixes. Et récemment, la sonde COBE en a mesuré à petite échelle (quelques degrés d'arc), qui seraient la signature de ce qui s'est passé lors de la formation des premières galaxies. En quelque sorte, des grumeaux dans la soupe primordiale.*

Voir ci-contre et page 7, "Poussière de planètes" et "La comète et Jupiter", deux exemples en observation terrestre de l'intérêt fondamental de l'astronomie infrarouge. Infrarouge troisième millénaire : 2001, l'aide aussi de l'Espace...

La rédaction

POUSSIÈRES DE PLANÈTES

(Y a-t-il des planètes en gestation à 50 années-lumière de la nôtre?)

La prestigieuse revue internationale "NATURE" vient de publier un papier de Pierre-Olivier Lagage et Eric Pantin, du Sap : "Déficit de matière dans le disque de poussières proches de l'étoile β Pictoris : possible indication de la présence de planètes". "ScintillationS" a le plaisir de reproduire le communiqué adressé à la presse à la suite de cette remarquable observation.

"Il y a dix ans, le satellite infrarouge américain "IRAS" découvrait, à la surprise générale, que de nombreuses étoiles sur la séquence principale (*), tel notre Soleil, étaient entourées d'un disque de poussières à partir desquelles des planètes pourraient se former.

"Très vite, des astrophysiciens se sont rendus compte que s'il y avait des planètes dans de tels disques, elles pourraient laisser leur empreinte sur la structure spatiale du disque. Une des conséquences prédites, notamment par un groupe d'astrophysiciens de l'Observatoire de Meudon, est l'absence de matière à l'intérieur de l'orbite de la planète.

"Depuis, les observateurs se sont échinés à obtenir des images du disque. Dans le domaine des longueurs d'ondes visibles, la lumière de l'étoile est tellement éblouissante qu'il a été impossible, jusqu'à présent, d'observer le disque à l'intérieur de 40 UA (Unité Astronomique) de l'étoile. Dans l'infrarouge thermique, la situation est différente : le disque est aussi brillant que l'étoile. Par contre, il a fallu attendre les développements technologiques récents dans le domaine des détecteurs pour voir l'éclosion d'instruments capables de fournir des images du ciel dans l'infrarouge thermique. C'est une de ces caméras ("TIMMI", pour "Thermal Infrared Multi-Mode Instrument", NDLR) construite par le service d'Astrophysique de Saclay pour l'ESO (European Southern Laboratory) et équipée de détecteurs fabriqués au LETI-LIR de CEN Grenoble, qui a été utilisée par les astrophysiciens de Saclay pour connaître la structure du disque près de l'étoile β Pictoris. Grâce à une résolution spatiale sans précédent sur cet objet : 5 UA,

soit la distance Soleil-Jupiter, un déficit de matière dans la partie interne du disque a pu être mis en évidence.

"Ce déficit de matière a pu être interprété à partir des modèles actuels décrivant l'interaction gravitationnelle d'une planète sur un disque de poussières. Notons toutefois que l'unicité de l'interprétation n'a pas été montrée. Donc, la performance observationnelle est indéniable, mais l'interprétation en terme de planètes est à prendre avec précautions. D'autres observations sont prévues pour contraindre encore plus les modèles".

GLOSSAIRE.

Distance de β Pictoris à la Terre: 16 parsecs (environ 50 années-lumière)

1 parsec = 3,26 années-lumière

1 année-lumière = $9,46 \cdot 10^{12}$ km (un peu plus de 63.000 unités astronomiques)

1 unité astronomique (distance TERRE-SOLEIL) = 1,49 108 km. 5 UA, c'est un peu plus de 40 minutes de lumière, et environ $1,5 \cdot 10^{-6}$ de la distance Terre - β Pictoris.

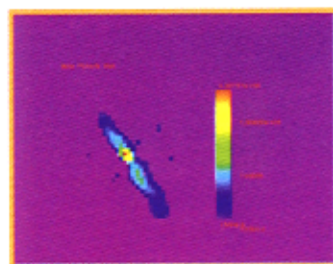
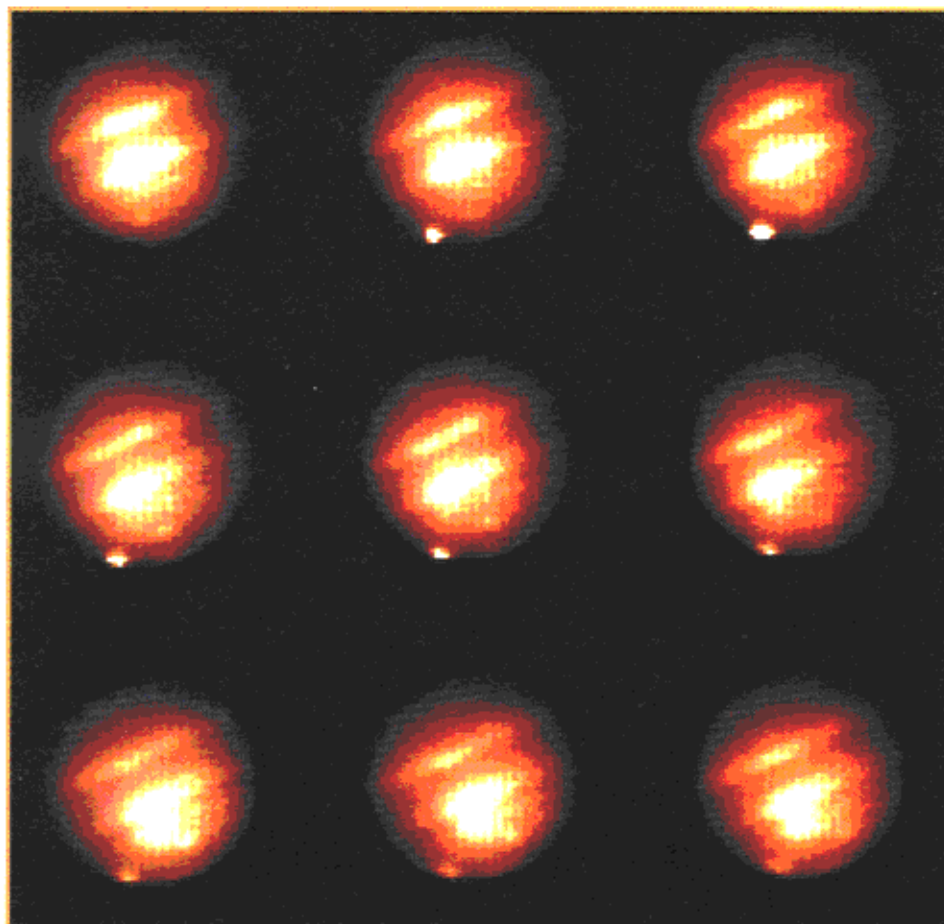


Image à la longueur d'onde de 10 microns du disque de poussière entourant l'étoile β Pictoris. L'étude de l'émission infrarouge fait apparaître un déficit de poussière dans un rayon de 5 unités astronomiques (orbite de Jupiter) autour de l'étoile. Ce déficit peut être causé par l'existence de planètes mais les données disponibles actuellement ne permettent pas de le conclure avec certitude.

(*) - On peut classer les étoiles sur un certain diagramme en fonction de leur masse et de leur luminosité. Les étoiles "ordinaires" du type Soleil s'y placent en gros sur une droite appelée "séquence principale" le long de laquelle elles se déplacent au cours de leur vie. On peut ainsi évaluer l'âge d'une étoile du type Soleil en train de brûler tranquillement son hydrogène, d'après sa position sur la droite.



LA COMÈTE ET JUPITER



Film de l'impact H (CEA DSM DABNIA/Sap)

Film de l'impact "H" sur Jupiter d'un fragment de la comète Shoemaker-Levy, le 18/07/94 à 19 h 42, Temps Universel, par la caméra infrarouge (10 μ) CAMIRAS fabriquée au Sap et montée sur le "Nordic Optical Telescope" (le NOT, 2,5 mètre de diamètre) situé aux Canaries.

Une comète qui passait trop près de Jupiter a fini par s'y brûler. Du 16 au 23 juillet, toute la communauté astronomique plus des curieux de tous bords ont regardé le cataclysme avec passion. La comète s'était cassée en 23 morceaux lors du premier passage près de Jupiter. Les morceaux sont tombés successivement sur Jupiter, déclenchant des éruptions gigantesques qui ont laissé des traces sur la surface bien après les impacts.

Pierre-Olivier Lagage a été le grand organisateur de la campagne

d'observations de ces cataclysmes, effectuées à 10 microns avec les caméras infrarouge développées au Sap. Les observations ont été conduites en parallèle de trois observatoires : le télescope NOT (Nordic Optical Telescope) aux Canaries sous la conduite de Pierre-Olivier Lagage, le télescope de 3.6 m de l'ESO (European Southern Observatory) au Chili avec Marc Sauvage, et une équipe de l'observatoire de LYON, à Hawaii sur le télescope CFH (Canada-France-Hawaii).

Les résultats les plus spectaculaires proviennent des observations faites

aux Canaries et au Chili. Bien que les collisions se soient déroulées sur la face cachée de Jupiter, la violence des éruptions, combinée à la rotation rapide de Jupiter (9,8 h), fait que les jets de matière chaude ont été parfaitement détectés. L'image montre l'impact H, un des plus brillants, et se lit comme un livre, de gauche à droite et de haut en bas. Il y a 2 minutes entre chaque image. Devant l'éruption, on remarque un point chaud qui correspond à l'impact précédent. L'analyse scientifique de ces images obtenues il y a quelques jours n'est évidemment que très préliminaire. Les lecteurs de "ScintillationS" seront tenus au courant des résultats obtenus.

Le Service d'Astrophysique

Ce feu d'artifice cométo-jovien a inspiré à un membre de la rédaction de "ScintillationS" ce petit poème aux 21 énigmes (une par ligne ou "vers", parfois deux) :

FAITS COSMIQUES (chauds et incandescents)

En la voyant passer, la belle Jupiter,
On sent la comète, on evalue sa côté.
L'abîme est dans l'attente, Oh! la comète coule!
Tout s'éboule, du coup, dans un faux grondement
Sortant de sombres boues, des astronomes l'ouissent
Où disant que les "bips" manqueraient à l'appel!
Et toujours bien câblés, regardant la comète
Perturber cette énorme masse pantelante,
Et que va devenir l'orbite dans ce cas?
Planté sur son balcon, le physicien s'avant
Qui aime tellement observer les photons
Feste spatialement les tables masses chaudes,
L'abîme qui se tasse, l'orbite qui s'efface,
Enfin, sa langue bousse au fond du tout qui bruisse

BRÈVES... - BRÈVES...

NOUVELLES DE LA S. F. P.

Dominique Goutte (SPhN) succède à Oriol Bohigas (CNRS) comme président de la division de physique nucléaire de la Société Française de Physique. Tous nos compliments.

VA-ET-VIENT

1er mai 1994 - Madame Nicole Chevalier (SAP) est mutée au CESTA. Jean-Claude Derost quitte le SEA pour DAPNIA/DIR. Daniel Desforges passe de la DRN au SED. Départ en retraite de Michel Cantin du SAP, Serge Edard et Jean Ouriet du SGPI, Jean Féneyrol de DAPNIA/DIR et Paul Garganne du SED.

1er juin 1994 - Un départ en retraite et trois recrutements : Robert Bonnefoy est remplacé par Edgard Chamaux au DAPNIA/DIR, André Lameule est recruté au STCM et André Rosowsky au SPP.

15 juin 1994 - Christophe Mayri est embauché au STCM.

27 juin 1994 - Jean-Luc Starck vient grossir les rangs du SEI.

"ScintillationS" souhaite la bienvenue à ces troupes fraîches, et bonne continuation aux "anciens".

THÈSE

Thierry Pussieux (SPhN) a soutenu le 8 juillet 1994 à Orsay : "Mesure des fonctions de structure en spin du nucléon". La crise du spin (voir "ScintillationS" n° 12) est peut-être en passe de se dénouer. Le spin des quarks contribuerait pour environ 1/3 au spin du nucléon. On attend d'autres mesures, plus précises, au CERN et au SLAC.

DISTINCTIONS

Catherine Césarsky (SAP) a été promue le 14 juillet 1994 Chevalier de la Légion d'Honneur. Toutes nos félicitations.

Ainsi qu'à Bernard Frois (SPhN), auquel vient d'être décerné une "Médaille d'Argent" du CNRS, au titre de l'année 1994.

SUR LE FRONT DE LA COMMUNICATION

Les activités de la cellule de communication du DAPNIA s'étendent au delà de "ScintillationS". Paraîtra à l'automne prochain une plaquette : "DAPNIA 93 - 94". Son but est de présenter de façon synoptique toutes les activités de physique et d'instrumentation du DAPNIA. Enjeux, expériences, réalisations, projets, collaborations internationales, présentation des services, tout, vous saurez tout sur le DAPNIA.

Elle s'ouvrira sur une "rosace" permettant d'embrasser d'un seul coup d'œil, si l'on peut dire, l'ensemble des enjeux de physique de nos trois disciplines scientifiques et de leurs zones frontières. A sa périphérie, et secteur par secteur (chaque secteur de la roue correspondant à un enjeu), figureront en vignettes les noms de toutes les expériences en cours ou en projet dans la période 1993 - 1994 où s'implique diversement le DAPNIA. En contrepoint, un texte de présentation du département par son chef, Jacques Haïssinski.

Le lecteur pourra ensuite feuilleter un carnet dont chaque page présente l'état des lieux de chaque "manip" ou collaboration auprès d'une grosse machine : EFFE, GALLEX ou ISO-CAM, par exemple, ou encore INTEGRAL, CEBAF ou ALEPH. Les grands développements techniques comme les cavités accélératrices supraconductrices ou les détecteurs gazeux photosensibles trouvent naturellement leur place dans ce carnet.

Troisième volet: dix doubles pages présentant la direction du DAPNIA et chaque service, leurs objectifs, leurs moyens, leurs perspectives, le tout abondamment illustré.

Enfin, en apothéose, la quatrième de couverture donnera la liste (il y a plus de 900 noms sur la plaquette) de tous les membres du département, (liste arrêtée fin juin 1994).

Elle s'adresse autant aux membres du département qu'à nos collègues d'autres organismes scientifiques, aux industriels, aux décideurs, à nos autorités de tutelle, et, d'une manière générale, à qui s'intéresse au DAPNIA.

Cette plaquette pourra être fruitueusement associée, au plan de la "vulgarisation" à la collection complète de "ScintillationS". Plaquette et journal sont complémentaires.

Joël Martin, porte-parole de "ScintillationS"



- LES PLUMES DU DAPNIA....

Paru en février 1994 chez Flammarion dans la collection "Dominus", un nouvel et pétillant ouvrage d'Etienne KLEIN (SEA):

"Sous l'atome, les particules"

Vivement recommandé à qui veut explorer de façon rigoureuse et plaisante l'univers corpusculaire.

Écrivez...
Écrivez...

Maryline Albéra
DAPNIA/DIR - Bât 703
Orme des merisiers
CE - Saclay
91 191 - Gif sur Yvette cedex
Tél : (1) 69 08 82 78

CEA - DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

Jacques Haïssinski

COMITÉ ÉDITORIAL :

Joël Martin (porte parole),

Claire Antoine, Françoise Auger, Pierre Besson,

Daniel Bonnerue, Michel Bourdinaud,

François Bugeon, Gilles Cohen-Tannoudji,

Bertrand Cordier, Pierre Lamare, Odile Lebey,

Claude Lesmond, Elizabeth Locci,

Marc Sauvage, Jean-Claude Scheuer

RÉDACTION :

Maryline Albéra

MAQUETTE ET MISE EN PAGE :

Henry de Lignières

Sandrine Grégoire

Dépôt légal : septembre 1994