

Rapport du Comité d'Évaluation Scientifique du DAPNIA - 1995

ÉDITORIAL



Le programme scientifique et technique du DAPNIA implique des engagements à long terme accompagnés de la mobilisation de moyens importants – des enga-

gements qu'il faut donc bien peser et bien maîtriser. Ce programme s'élabore par étapes ; c'est un processus inévitablement complexe qui est l'objet d'un travail permanent au fil des ans.

Dans le domaine de la recherche fondamentale, dont relève la majorité des activités du département, l'initiative part, en général, des physiciens eux-mêmes. Leurs propositions sont examinées par des « Conseils Scientifiques et Techniques de Service » qui prennent en compte tout à la fois l'état des connaissances et les perspectives d'avancées dans le domaine considéré, les atouts de l'équipe qui fait la proposition et ceux de ses partenaires, les techniques à mettre en œuvre etc. La question des moyens est étudiée par la hiérarchie du département. Le « Comité de segment » compétent est chargé d'apprécier plus particulièrement la façon dont le projet s'intègre dans la stratégie de l'organisme CEA et de tirer les conclusions de ces diverses analyses. Finalement, le responsable de segment incorpore – ou n'incorpore pas – le projet en question dans les propositions qu'il adresse à la Direction Générale.

Dans les secteurs de la recherche finalisée – au DAPNIA il s'agit essentiellement des recherches visant le traitement des déchets nucléaires et de celles consacrées au développement des accélérateurs –, les axes prioritaires sont indiqués par la Direction Générale. Les apports du DAPNIA sont ensuite définis en fonction des compétences et des ressources propres au département.

Vu la complexité de ces procédures, il est très important d'en établir, périodiquement, un bilan global, et ce par une instance qui soit extérieure non seulement au département mais à l'organisme CEA lui-même. Cette nécessité a été réaffirmée par le conseil scientifique du CEA en automne dernier, en substance : l'évaluation scientifique au moyen de conseils indépendants constitue une des composantes majeure de la politique de qualité scientifique et technique de la recherche au CEA.

Au DAPNIA, un tel Comité d'Évaluation Scientifique a été mis en place dès 1992. Ce comité* se réunit tous les deux ans. La première réunion s'est tenue en mars 1993 sous la présidence du Professeur J. W. Cronin de l'Université de Chicago ; la seconde a eu lieu en mai l'an dernier sous la présidence du Professeur R. E. Taylor, de l'Université de Stanford. Le rapport issu de cette deuxième réunion est donné in extenso dans ce numéro spécial de « ScintillationS ». Il inclut des recommandations importantes.

Il s'agit donc de l'avis – sollicité – de personnalités de très haut niveau sur les orientations scientifiques du DAPNIA et la façon dont celui-ci gère ses ressources pour réaliser les projets qu'il a retenus. Il n'y a donc pas lieu de commenter un tel rapport mais plutôt de rechercher la meilleure façon de le prendre en compte, et pour ce faire, dans un premier temps, de lui donner une très large diffusion.

Jacques Haissinski
(Chef du DAPNIA)

* Composé de Jacqueline Bergeron (ESO), Giorgio Brillanti (CERN), James Cronin (Université de Chicago), Pierre Darriulat (CERN), Claude Detraz (IN2P3), Jonathan Grindlay (Centre d'Astrophysique, Harvard), Enzo Iarocci (Frascati), Rubilgh Mössbauer (Université de Munich), Philippe Quentin (CERN, Bordeaux), Richard Taylor, Président (SLAC), René Turley (CEA/Saclay), Heinrich Völk (MPI, Heidelberg), Thomas Wälcher (Université de Mayence) et Björn Wiik (DESY).

Introduction

La deuxième réunion du Comité d'Évaluation Scientifique du DAPNIA a pris place à Saclay, du 10 au 12 mai 1995. Les travaux du Comité ont beaucoup bénéficié des rapports qui lui ont été fournis par le Chef du DAPNIA, Prof. J. Haissinski, et par les divers services qui forment le département.

Le DAPNIA représente une composante essentielle de l'activité scientifique française en astronomie, en physique nucléaire et en physique des particules. Il assure un « leadership » de haut niveau scientifique et technique dans ces domaines. Les deux années qui viennent de s'écouler ont été fructueuses : de grandes quantités de données intéressantes ont été collectées. Pendant cette période, le DAPNIA s'est engagé dans la préparation de plusieurs projets nouveaux, garantissant ainsi qu'il continuera à jouer un rôle important dans de nouvelles initiatives (européennes pour la plupart) dans divers secteurs de recherche fondamentale en physique. La plupart de ces nouvelles initiatives, si ce n'est toutes, feront intervenir les remarquables groupes techniques qui constituent l'une des plus grandes forces du DAPNIA.

L'arrêt du SSC par le Congrès Américain en 1993 et l'approbation du LHC en décembre 1994 auront des effets à long terme sur la physique des particules : ces décisions font de l'Europe l'acteur principal dans ce domaine dans un avenir prévisible. Il est déjà clair que des responsabilités techniques importantes seront confiées au DAPNIA à la suite de l'approbation du LHC. À terme, le LHC constituera le domaine d'activité d'une majorité de physiciens des particules du département. Assurer une évolution sans heurt du programme du DAPNIA de son état actuel jusqu'à la mise en route de l'accélérateur et des détecteurs du LHC constitue un défi pour le département.

Les autres services de physique du DAPNIA n'ont pas été touchés par des événements aussi lourds de conséquences, encore que l'approbation de la mission INTEGRAL par l'ESA en 1993 suivie presque immédiatement du retrait du groupe américain – qui

était de taille relativement grande – a eu aussi des effets significatifs sur le DAPNIA. Les physiciens nucléaires apprennent à vivre sans accélérateur qui leur soit propre : ils sont maintenant actifs en des lieux tels que le CERN, GANIL, MAMI, SLAC et CEBAF. CEBAF se trouve aujourd'hui dans la phase de mise en route de l'accélérateur. Son énergie a dépassé la valeur nominale de 4 GeV, ouvrant ainsi un nouveau domaine d'énergie aux études qui requièrent un faisceau d'électrons de 100% de cycle utile.

Naturellement, l'activité majeure des physiciens du DAPNIA pendant ces deux dernières années a été consacrée aux nombreuses expériences auxquelles le département participe. Certaines des découvertes intéressantes faites dans ces expériences sont mentionnées plus loin dans les sections de ce rapport consacrées à chacun des services. C'est le nombre élevé et la grande qualité de ces découvertes – qui s'étendent de l'observation d'événements de production du « top » à Fermilab jusqu'à la découverte récente d'objets inattendus près du centre de notre Galaxie – qui justifient le soutien des recherches fondamentales effectuées par les chercheurs du DAPNIA.

La création du DAPNIA à partir de services scientifiques et techniques de Saclay qui étaient quasi-indépendants les uns des autres a été achevée peu de temps avant la première réunion du Comité d'Évaluation Scientifique (CES) en 1993. Dans son premier rapport, le CES avait mis l'accent sur l'importance de l'« unité intellectuelle » du département et sur la recherche d'un ensemble d'objectifs scientifiques partagés par les membres du DAPNIA. Ce rapport demandait que le département passe d'un état de compétition à un état de partenariat. De réels progrès ont été faits en ce sens depuis 1993. Il y a aujourd'hui plusieurs bonnes expériences auxquelles des physiciens de différents services participent ensemble, en travaillant sur des projets d'intérêt mutuel. La notion de responsabilité élargie de (presque) tous les services techniques semble généralement admise, et nombreux sont ceux qui estiment qu'un fort appui technique est encore disponible pour la plupart des projets. Cependant, il faut noter qu'il y a aussi des signes de tension. Le regroupement des services a été rendu particulièrement difficile par la diminution des ressources affectées au DAPNIA. Tous les services disposent de moyens réduits par rapport à ce qu'ils étaient en 1993, alors que la demande s'est accrue et que les perspectives se sont élargies. Le problème auquel la Direction doit faire face est difficile

et complexe. Les ressources diminuent à un taux qui exige des révisions des programmes en cours qu'il faut soit ralentir, soit supprimer. Dans une telle situation, on peut avoir tendance à résister au lancement de nouveaux programmes pour préserver ceux qui existent, même si ces nouveaux programmes sont plus prometteurs. Des problèmes analogues se présentent dans le domaine du personnel. La réduction des effectifs peut conduire à freiner le recrutement de jeunes talents, alors que ceux-ci forment la base de l'avenir de tout organisme de recherche.

Il y a un secteur dans lequel le DAPNIA est très en retard par rapport à la plupart des grands laboratoires de recherche d'Europe et des États Unis. Le nombre de visiteurs venant soit d'autres organismes de recherche français, soit de l'étranger, est très en dessous de la normale. Même les instituts analogues au DAPNIA qui, comme lui, ont une fraction importante de leur personnel travaillant hors du laboratoire dans des collaborations internationales, ont un flux de visiteurs bien supérieur. En apportant des points de vue différents et des idées nouvelles, les visiteurs ont souvent un grand impact sur les activités propres au laboratoire qui les accueille. Le Comité estime que le DAPNIA tirerait un grand bénéfice d'un programme de visiteurs plus soutenu, et recommande que des initiatives soient prises par le CEA pour améliorer et simplifier les procédures qu'implique un tel programme. Les services techniques ne doivent pas être exclus de ce programme de visiteurs car eux aussi tireraient profit d'échanges avec d'autres laboratoires. A tout moment il devrait y avoir au moins un visiteur dans chacun des services du DAPNIA. Un objectif raisonnable pour le département dans son ensemble est de doubler le nombre de ses visiteurs dans les deux années à venir.

Le traitement des déchets nucléaires constitue encore un problème difficile pour les pays qui utilisent l'énergie nucléaire pour produire leur électricité. Le Comité souligne à nouveau l'importance de ce problème et réaffirme que les physiciens, les ingénieurs et les techniciens du DAPNIA ont des compétences et des responsabilités spécifiques qui leur permettent de contribuer de façon substantielle à la recherche d'une solution. On peut estimer que c'est au service de physique nucléaire de prendre la direction de ces études, mais c'est au DAPNIA tout entier qu'il appartient de s'engager à un certain niveau. Même si d'importantes initiatives ont été prises ces deux dernières années, d'autres doivent venir. Des progrès

substantiels dans ce domaine sont susceptibles d'être récompensés par le renforcement de son prestige et par des ressources accrues. Le Comité encourage le département à relever ce défi et à attaquer le problème sous plusieurs angles si possible, et à ne pas se contenter de jouer le rôle d'expert sur les questions techniques qui lui sont posées. La Direction du DAPNIA devrait apporter son soutien aux agents qui travaillent sur ce questions et devrait rechercher des formes de récompense.

Somme toute, le DAPNIA apparaît comme un département vigoureux et productif, souffrant de certaines difficultés financières, mais réagissant positivement aux nombreux défis auxquels il doit faire face pour maintenir la forte tradition de recherche établie à Saclay voici cinquante ans.

Les trois volets de la recherche au DAPNIA

1. Physique des particules

Depuis la réunion de 1993 du CES, plusieurs succès scientifiques méritent une mention spéciale :

- La calibration de l'expérience Gallex qui était de la responsabilité de Saclay a conduit à une mesure totalement convaincante du flux de neutrinos solaires, et ce pour la première fois. Elle démontre qu'il y a un déficit dans ce flux et renforce les arguments en faveur d'une solution du problème des neutrinos solaires qui relève de la physique des particules.

- Les physiciens de Saclay ont contribué de façon significative aux mesures de précision du LEP qui non seulement confirment la validité du modèle standard de l'interaction électro-faible, mais qui ont aussi fourni une valeur indirecte de la masse du quark top. Les mesures du LEP confortent l'interprétation d'événements observés récemment au Laboratoire Fermi en tant que production directe de quarks top.

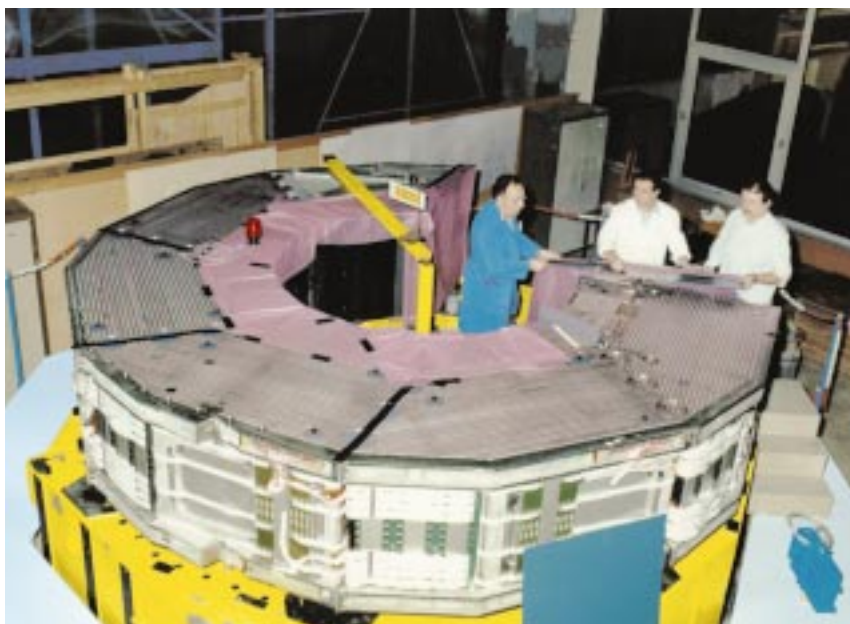
- Les ingénieurs et les physiciens de Saclay ont joué un rôle majeur dans la construction et la mise en œuvre du détecteur H1 auprès de HERA. Le porte-parole de cette expérience est J. Feltesse du SPP. Au cours des deux années passées, des mesures nouvelles et intéressantes ont été effectuées avec succès sur la structure du proton.

Le Service de Physique des Particules a répondu à un certain nombre de recommandations formulées dans le rapport établi il y a deux ans par le

Comité. Le Comité s'était inquiété du fait que le SPP avait des effectifs insuffisants dans certains de ses secteurs d'activité. Dans certaines expériences, les physiciens de Saclay étaient tellement pris par l'instrumentation à fournir qu'ils étaient dans l'incapacité de participer pleinement aux analyses et d'en récolter les fruits scientifiques. Ce problème a été pris en compte en mettant un terme à un certain nombre d'expériences, et par une approche prudente des nouveaux projets dans le domaine de l'astrophysique. Les activités du SPP dans D-Zéro, CP-Lear, OPAL, GALLEX et NMC seront achevées en 1997. Les développements actuels consacrés à l'astrophysique des neutrinos de haute énergie (NESTOR) et à la recherche directe de matière noire seront achevés à la fin de 1996 ; la décision éventuelle de poursuivre ces activités devrait être prise en 1997.

La physique des particules est aujourd'hui d'une nature telle qu'elle exige une programmation à long terme. Une photographie de la planification pour 1998 fournit la base d'un programme scientifique qui s'étend bien au delà du siècle. Ce programme comprend ALEPH et DELPHI à LEP-200, la participation à CMS et à ATLAS auprès du LHC, l'expérience NA48 sur la violation de CP, l'expérience H1 à HERA, une expérience sur les mésons B dénommée BaBar (dont l'approbation est l'objet de discussions), et l'expérience EROS de recherche de matière noire qui entrera dans sa seconde phase avec le télescope dédié EROS/MARLY. Le nombre total d'activités distinctes sera encore plus réduit dans le futur, lorsque le LHC sera mis en œuvre. Il est prévu qu'environ la moitié des physiciens du SPP se consacreront au LHC tandis qu'une fraction encore plus importante des ressources financières disponibles seront affectées à ce programme.

La haute priorité donnée au LHC peut avoir des conséquences significatives sur le reste du programme si la planification n'est pas établie avec beaucoup de soin. Le Comité a accordé une attention particulière à l'impact du programme LHC sur les ressources du DAPNIA, et sur le plan de charge



Partie d'un calorimètre du détecteur H1 en cours de montage avant d'être installé auprès du collisionneur HERA à Hambourg

des services concernés. La grande constante de temps qui s'attache à toute composante du programme LHC (bien au delà d'une décennie lorsque l'on prend convenablement en compte les périodes de maintenance et le fonctionnement) exige une évaluation très approfondie des conséquences de tout autre engagement pris dans ce domaine. Trois grands secteurs ont été examinés par le Comité : les détecteurs proprement dits, les aimants des détecteurs, et l'accélérateur lui-même.

L'engagement du DAPNIA à la fois dans ATLAS et dans CMS a été l'objet de discussions approfondies de la part du Comité. Tout en exprimant une certaine crainte quant au danger d'une dispersion excessive du département sur ces deux expériences, le Comité a apprécié le rôle essentiel joué par le DAPNIA dans la genèse et l'élaboration de ces projets et, de ce fait, a approuvé la décision de participer aux deux (sous réserve que la contribution à CMS se situe à un niveau sensiblement plus bas que celui d'ATLAS). Dans ce cadre, les plans actuels du département concernant les engagements qu'il envisage de prendre pour les détecteurs ATLAS et CMS sont apparus raisonnables au Comité. (Ils comprennent des contributions au calorimètre électron-photon à argon liquide, au spectromètre à muons et au système de déclenchement « de niveau 2 » pour ce qui est d'ATLAS ; à la calibration et au système de surveillance du calorimètre en tungstène de plomb pour ce qui est de CMS).

L'expertise exceptionnelle du STCM en matière de conception et

d'ingénierie de grands aimants supraconducteurs a conduit le DAPNIA à jouer un rôle essentiel dans la conception des aimants destinés tant à ATLAS qu'à CMS. En se situant bien au delà de l'état de l'art actuel, l'un et l'autre constituent des défis dans le domaine de la technologie des aimants. La conception inusuelle du toroïde d'ATLAS et les performances requises pour le solénoïde de CMS en font des projets très ambitieux. Le Comité a exprimé de sérieuses craintes au sujet de la prise en charge de l'ingénierie de ces deux

aimants, craignant qu'elle n'entraîne une charge globale de travail telle qu'elle mette en danger la capacité du département à conduire ces tâches à bien – ainsi que la prise d'autres responsabilités essentielles dans le domaine des aimants de l'accélérateur. Avant de s'engager dans un programme de cette ampleur, le DAPNIA doit en étudier les implications sur l'ensemble de ses ressources. Pour qu'un tel examen soit réaliste, il doit laisser des marges d'erreur raisonnables et tenir compte des aléas, et il doit inclure une estimation des effectifs disponibles qui soit fiable.

Les contributions du DAPNIA à l'accélérateur lui-même reposent sur la grande réputation internationale du STCM et sur une longue tradition de collaboration avec le CERN dans le domaine de la construction d'accélérateurs. Lorsque le LHC a été approuvé en décembre de l'année dernière, la France a proposé qu'une fraction de sa contribution au programme LHC en tant que «*État Hôte*» soit faite sous forme d'une participation à la construction de l'accélérateur. Les membres du Comité ont conscience du fait que la contribution exacte du DAPNIA dans ce domaine étant encore l'objet de discussions, il serait prématuré d'en commenter les détails. Tout en approuvant sans réserve la participation du DAPNIA à la construction du LHC, le Comité recommande que cette contribution soit l'objet de l'attribution de ressources supplémentaires de la part du Gouvernement, estimant qu'il n'a jamais été dans l'intention du CERN que la contribution exceptionnelle de la

France se fasse au détriment des activités de recherche du DAPNIA.

Compte tenu des activités projetées pour le LHC, la décision de participer à la recherche de la violation de CP dans le système des mésons B est susceptible d'accroître la tension des ressources du DAPNIA, même si le volume de l'effort est relativement réduit puisqu'il est comparable à celui fait pour d'autres expériences non-LHC, comme NA48. En vue d'une diversification et compte tenu de l'importance qui s'attache à la compréhension de la violation de CP, la participation à BaBar est une initiative naturelle de la part des physiciens du SPP dont l'engagement dans cette physique relève d'une longue tradition. De plus, BaBar offre une activité de grande qualité qui prendra place bien avant que le LHC ne démarre. En tant que membre de la collaboration BaBar, le DAPNIA sera partie prenante dans la conception et la construction d'un appareillage d'un type nouveau destiné à l'identification des particules, un domaine où les compétences du SPP et des groupes techniques sera extrêmement précieuse. La participation française à BaBar comprend des collaborateurs provenant de plusieurs laboratoires de l'IN2P3; l'ensemble de ces participants devrait constituer un groupe assez fort pour jouer un rôle vital dans l'expérience, aux côtés des autres grands groupes de physiciens impliqués dans le détecteur BaBar.

Une fois l'expérience GALLEX achevée, il sera important d'examiner s'il peut y avoir de nouvelles lignes de recherche en physique des neutrinos – soit en lançant une nouvelle expérience qui puisse mesurer le spectre des neutrinos solaires, soit en participant à une autre expérience auprès d'un accélérateur (au delà de Nomad) pour explorer la question de la masse des neutrinos.

La collaboration entre le SPP et le SAP en vue de poursuivre l'exploration de la nature de la matière noire complète les trois autres thèmes scientifiques majeurs qui sont étudiés aujourd'hui au sein du DAPNIA, à savoir :

- La recherche de l'origine de la brisure de symétrie,
- La recherche de l'origine de la violation de CP,
- La mesure des masses des neutrinos,
- La recherche de la nature de la matière noire.

Ces thèmes figurent parmi les

questions les plus pressantes aujourd'hui en physique et en astrophysique.

2. Astrophysique

Par l'importance de sa participation à plusieurs missions de l'Agence Spatiale Européenne, le Service d'Astrophysique (SAP) joue un rôle essentiel dans la contribution française à l'astronomie spatiale. Certaines activités récentes du SAP en astronomie ont eu un impact majeur sur notre compréhension de la structure du Soleil, des objets compacts de notre Galaxie et de la structure à grande échelle de l'Univers. Pour l'essentiel, ces résultats ont été obtenus grâce à des instruments spatiaux dont plusieurs ont été réalisés par le SAP, et d'autres instruments dans lesquels la participation du SAP a été plus modeste, y compris quelques programmes dans lesquels des membres du SAP étaient des observateurs invités (guest observers). Des programmes complémentaires d'observation au sol – dont certains ont été lancés en vue de futures expériences spatiales – ont aussi conduit à de nouvelles découvertes.

Les résultats scientifiques les plus marquants de ces deux dernières années ont été :

- la découverte d'objets Galactiques superlumineux, dont l'étude a été poursuivie à diverses longueurs d'onde ;
- la démonstration que le centre de la Galaxie n'est pas un noyau actif avec un trou noir en activité, en utilisant les données de SIGMA ;
- la mise en évidence d'objets très jeunes (proto-étoiles?) enfouis dans des nuages moléculaires ;
- l'observation de la région interne du disque protoplanétaire de l'étoile β -Pictoris, mettant en évidence un « trou » autour de l'étoile qui indique peut-être la présence de planètes géantes ;
- des progrès réalisés dans la modélisation théorique du Soleil, applicable aux observations de neutrinos solaires faites avec GALLEX.

Programmes d'astronomie spatiale

Étant donné la tradition et les politiques du CEA et du SAP, les programmes spatiaux ont bénéficié d'une haute priorité au DAPNIA. Les expériences sont sélectionnées au sein du programme national français et du programme de l'ESA de façon à rentabiliser les atouts scientifiques et techniques du DAPNIA. Le SAP joue



Lancement du satellite SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) de l'Agence spatiale européenne par Ariane V, le 2 décembre 1995 à Kourou. Le satellite porte l'expérience franco-espagnole GOLF (Global Oscillations of Low Frequencies) destinée à des mesures de "sismologie" solaire.

maintenant un rôle majeur dans trois grands projets de l'ESA qui doivent être lancés successivement :

ISO a été lancé à la fin 1995. Ses objectifs scientifiques principaux concernent le milieu interstellaire, la formation des étoiles, les « galaxies à flambées de formation stellaire » (starbursts galaxies) et l'évolution des galaxies. Le SAP a la responsabilité de construire, tester et calibrer la caméra infrarouge ISOCAM, l'un des quatre instruments scientifiques du satellite. Le SAP sera aussi actif dans l'analyse des données de l'expérience. Le SAP a obtenu de nombreux succès dans la compétition portant sur le temps d'utilisation des quatre instruments d'ISO, qui s'ajoute au temps d'observation qui était déjà garanti sur ISOCAM. Le Comité pense que la forte implication dans ISO doit être main-

tenue tout au long de la phase d'analyse des données et de la calibration, et ce jusqu'au programme d'observation. Même si le programme d'observation a déjà été défini pour ISO, nous encourageons le SAP à étendre ses efforts de collaboration dans l'analyse et la modélisation des données en provenance du satellite.

XMM devrait être lancé en 1999. C'est une mission de spectroscopie X consacrée à l'étude du milieu interstellaire chaud, des supernovæ, des amas de galaxies et des quasars. Le SAP joue un rôle décisif dans la phase de développement de la caméra EPIC et dans la préparation du "Science Survey Center" qui doit être installé à Leicester (GB). Une participation soutenue à ce programme est importante pour prolonger les succès précédents du SAP dans le domaine de l'astronomie X.

INTEGRAL doit être lancé vers 2002. Les premiers objectifs scientifiques de cette mission sur les rayons γ concernent une compréhension approfondie des objets compacts et de l'interaction entre les rayons cosmiques et le milieu interstellaire. Le SAP s'est vu récemment attribuer un rôle dominant dans le développement technique de l'imageur et du spectromètre pour cette mission, à quoi s'ajoute une participation au Centre de Données qui sera installé à Genève. Des travaux sont déjà entrepris au SAP dans des études de modélisation d'astrophysique nucléaire, dans la perspective des recherches qui seront faites avec INTEGRAL. Il s'agit d'une mission importante. La participation du SAP et des services techniques du DAPNIA s'annonce cruciale pour son succès à venir.

À plus long terme, des efforts significatifs de R&D sur les bolomètres sont nécessaires pour les missions COBRAS-SAMBA et FIRST. (Les buts scientifiques de la première concernent l'étude de l'anisotropie du fond de rayonnement diffus en micro-ondes, et ceux de la seconde, l'étude de la formation des étoiles, de l'état physique du milieu interstellaire et de l'évolution des galaxies et des quasars). En tant que mission du niveau « pierre angulaire » dans le plan "Horizon 2000" de l'ESA, l'instrumentation destinée à la mission FIRST sera sélectionnée vers la fin de la décennie. L'échelle de temps de la mission COBRAS-SAMBA sera peut-être fixée par le processus de sélection du programme NASA-MIDEX. Une participation à ces missions peut être considérée comme une suite naturelle des activités du SAP dans ISO.

Le SAP a un rôle plus modeste dans deux autres missions spatiales : l'expérience GOLF sur SOHO consacrée aux études de la structure du Soleil, et

l'expérience CIRS sur CASSINI qui étudiera l'atmosphère de Saturne et de Titan. Pour ces deux projets, en particulier pour CIRS, nous recommandons plus d'efforts de collaboration avec des groupes extérieurs pour effectuer l'analyse des données en provenance de ces missions.

Programmes d'astronomie au sol

Le SAP envisage de nouvelles expériences au sol, complémentaires des programmes spatiaux existants ou futurs. Ces expériences ont une haute priorité scientifique et bénéficient du savoir-faire scientifique et en instrumentation du SAP et du SPP. Le projet MEGACAM est une caméra CCD de grand format proposée pour équiper le télescope Canada-France-Hawaii. À la suite de la fructueuse expérience EROS, il s'agirait d'un nouveau programme instrumental et scientifique commun au SAP et au SPP visant l'étude de la distribution de la matière sombre, la détection de supernovæ de grand décalage vers le rouge, et l'étude de l'évolution des galaxies et des amas de galaxies. Un second projet est VISIR, un imageur-spectrographe fonctionnant dans la bande 10-20 microns pour le VLT-ESO. L'étude de la « phase A » a été achevée et un accord final devrait être conclu avec l'ESO d'ici la fin de l'année. Ce programme serait un des prolongements majeurs d'ISO. Le Comité recommande la poursuite des participations à ces deux expériences.

Le SAP a encore un programme au sol, relativement limité, sur l'astronomie γ de très haute énergie dans le cadre des projets ASGAT et CAT. La participation du SAP est réduite au regard de la dominance scientifique et technique de l'IN2P3. Le Comité avalise la poursuite de la participation à CAT.

Résumé

L'implication soutenue du SAP dans les programmes d'astronomie spatiale joue un rôle central dans la participation française aux programmes de l'ESA. Des résultats scientifiques importants sont en cours d'acquisition aussi bien à partir de missions spatiales que d'instruments au sol. Le Comité est impressionné par les nombreuses réalisations du SAP et par son rôle de premier plan en astronomie infrarouge, X et γ . L'implication du SAP dans INTEGRAL est un nouveau développement majeur et le Comité pense que la participation du SAP exigera des contributions significatives de la part d'autres services du DAPNIA. Avec l'arrivée de données de haute qualité en provenance d'ISO, XMM et INTEGRAL, davantage de res-

sources devront être consacrées, au sein du SAP, à la modélisation et à l'interprétation des résultats. Le rôle du SAP dans les missions XMM et INTEGRAL justifie de modestes accroissements d'effectifs dans les équipes qui s'intéressent à l'accrétion sur des objets compacts et qui ont une expertise dans ce domaine.

3. Physique Nucléaire

Depuis la dernière réunion du Comité d'Évaluation Scientifique, plusieurs résultats significatifs ont été obtenus par le SPHN. Parmi ceux-ci, il y a lieu de noter, en particulier, les mesures des fonctions de structure de spin du nucléon au CERN et au SLAC et la première observation de l'« évaporation nucléaire » à l'aide de l'appareillage INDRA au GANIL.

Le Service de Physique Nucléaire couvre un spectre à la fois large et divers d'activités qui s'organisent autour de deux axes principaux :

- structure nucléaire et matière nucléaire,
- physique hadronique.

Étude de la structure nucléaire et de la matière nucléaire

Pour l'essentiel, l'engagement du DAPNIA dans ces activités est maintenant centré au GANIL. Le détecteur INDRA a été mis en route avec succès et des résultats intéressants sont d'ores et déjà disponibles. L'évaporation nucléaire "complète" évoquée ci-dessus implique la rupture de noyaux lourds en fragments qui ne comprennent que des particules α , des neutrons et des protons. Il s'agit là d'un état extrême de l'excitation nucléaire qui sera un sujet d'étude nouveau et important dans le domaine des collisions d'ions lourds. On s'attend à ce que des résultats significatifs concernant l'équation d'état des noyaux chauds soient obtenus au GANIL dans les deux ou trois années à venir. Le détecteur INDRA sera utilisé pour l'étude des noyaux chauds jusqu'en 1988, après quoi, il pourrait être utilisé auprès d'autres accélérateurs.

Les dispositifs délivrant des faisceaux radioactifs SISSI (déjà en fonctionnement) et SPIRAL (en construction) offrent des perspectives de physique uniques et attrayantes. Nombre de mesures qui peuvent être faites avec ces équipements présentent un grand intérêt pour les astrophysiciens qui étudient la formation originelle des noyaux lourds dans les étoiles.

L'avenir des recherches sur les états nucléaires à l'aide d'abord d'EUROGAM puis d'EUROBALL s'annonce très prometteur. Les expériences au Tandem post-accélééré ont cessé avec

la fermeture de cet accélérateur, mais elles peuvent être poursuivies auprès d'accélérateurs nouveaux ou existants en Europe, en particulier au VIVITRON de Strasbourg.

L'étude de la structure nucléaire et de la matière nucléaire est le champ de recherche le plus directement relié à la demande de plus en plus pressante d'une méthode adéquate de traitement des déchets nucléaires. (L'étude des états extrêmes de la matière nucléaire peut être d'un intérêt particulier à cet égard.) Il serait donc judicieux de renforcer les groupes travaillant au DAPNIA dans ce domaine et de les inciter à transmettre leur savoir aux nouvelles générations de physiciens.

Le SPhN continue à faire des mesures systématiques de processus

domaine. Des progrès considérables ont été réalisés dans ces mesures portant sur le spin. Certains désaccords expérimentaux qui existaient précédemment ont été résolus et quelques unes des spéculations théoriques les plus exotiques qu'avaient suscitées ces données ont été éliminées. Des données plus nombreuses et meilleures sont attendues du SLAC et aussi du CERN en 1995 et 1996. Un nouveau programme d'expériences de diffusion de particules polarisées vient de débiter à DESY1 ; il doit aussi produire des données en 1996.

A la fin 1996, les activités du SPhN dans les programmes relatifs au spin seront arrêtées pour concentrer des ressources sur CEBAF, le nouvel accélérateur d'électrons de 6 GeV à grand cycle utile, situé en Virginie aux USA.

Le SPhN mène trois expériences relativement différentes au CEBAF. Deux de ces expériences (la Diffusion Compton Virtuelle et la Photoproduction de Mésons Vecteurs) sont fondées sur des propositions françaises et sont considérées comme tout à fait importantes pour le programme CEBAF2.

Le projet ELFE est d'intérêt primordial pour les physiciens nucléaires du DAPNIA, mais les progrès ont été lents au cours des deux dernières années. Cette proposition d'accélérateur d'électrons de 15 à 30 GeV reste dans un état assez fluide. À la suite d'une étude des objectifs de physique d'une telle

machine, le Comité NuPECC, au cours d'une réunion qui s'est tenue en 1994, a estimé « incontournable » le dossier physique et recommandé que « des actions appropriées soient engagées pour progresser vers la construction en Europe d'une machine fournissant des faisceaux d'électrons de grand cycle utile et de haute brillance dans le domaine des 15 à 30 GeV ». Les physiciens de la communauté européenne intéressés par ce projet n'ont pas encore répondu de façon forte et cohérente à cette déclaration de NuPECC, peut-être parce que la structure de base de cet accélérateur et les possibilités de sa réalisation ne sont pas encore assez claires. Le Comité pense qu'un soutien plus large doit encore être trouvé dans le cadre européen

avant qu'un projet réaliste puisse être proposé. Certains membres du Comité se sont demandé si une machine à électrons de haute énergie est bien la meilleure façon d'atteindre les buts de physique assignés à ELFE.

Les activités qui vont prendre place à CEBAF vont vraisemblablement accroître l'intérêt qui s'attache aux expériences de plus haute énergie qui pourraient être faites avec ELFE, surtout si l'énergie du CEBAF est poussée au delà de 6 GeV.

Résumé

Le SPhN est une composante importante du DAPNIA. Une grande partie de son travail est étroitement liée à la mission centrale du CEA. Comme le reste du DAPNIA, il mérite renforcement et encouragement.

1 À ce jour, le DAPNIA n'est pas partie prenante de ce programme (Note de l'Éditeur).

2 La mesure de t_{20} sur le deuton est une autre proposition française à CEBAF dont l'importance a été jugée du même niveau que celle des deux autres expériences citées ici (Note de l'Éditeur).

Les Services Techniques

Les Services Techniques du DAPNIA sont une composante essentielle de la force scientifique du département. Le regroupement de divers services techniques qui existaient avant que le DAPNIA ne soit créé a été un succès. Parmi les exemples récents de réalisations importantes figurent l'expertise inégalée du STCM en matière de production de quadripôles supraconducteurs pour le SSC, le LHC, CEBAF, etc., et en matière de conception d'aimants pour les détecteurs du LHC ; les travaux du SIG sur la source qui a permis de calibrer GALLEX ; les premiers développements du SED en vue des détecteurs du LHC ; les travaux du SEI sur les caméras CCD pour EROS/MARLY et la R&D conduite à bien par ce service sur l'électronique durcie pour le LHC ; la réalisation d'ISOCAM par le GERES. Le crédit de ces succès doit être étendu au SGPI qui assure la conception, la planification et l'ingénierie de la plupart des expériences du DAPNIA. (Les réalisations du SEA sont traitées séparément dans la section suivante de ce rapport.) Après leur réorganisation, les services ont maintenu les grandes traditions de leurs prédécesseurs de Saclay, et la réputation mondiale des groupes techniques mis au service de la physique des particules, du noyau, des accélérateurs et de l'espace, se maintient à un très haut niveau. Malgré les sérieuses difficultés liées à la réduction des ressources, la Direction du DAPNIA est parvenue à mainte-



Le spectromètre magnétique à haute résolution "HRS" dans le hall "A" de CEBAF en Virginie (États-Unis). Les quadripôles supraconducteurs de ce spectromètre ont été construits sous contrat par le STCM.

nucléaires, mesures nécessaires à l'évaluation de divers procédés de traitement des déchets radioactifs.

Physique hadronique

Les quelques années passées ont été le témoin d'une réorientation dramatique du SPhN consécutive à la fermeture de l'ALS. Depuis cette fermeture, les groupes de physiciens de haut niveau qui travaillaient sur cette machine ont transféré leur centre d'intérêt sur divers accélérateurs qui existent en Europe et au delà, notamment MAMI, le CERN et le SLAC.

Les mesures des fonctions de structure du nucléon dépendant du spin au CERN et au SLAC ont été les faits marquants de cette activité dans ce

nir les excellentes performances et la motivation de ces équipes.

Les réductions d'effectifs imposées au DAPNIA ont un impact direct, négatif, sur tous les services techniques. Les difficultés dues aux réductions globales de personnel et du budget de fonctionnement ont été d'autant plus grandes que ces réductions ont porté, pour l'essentiel, sur le personnel technique. La baisse d'appui technique qui en a résulté a entraîné des changements dans la façon dont les groupes fonctionnent et ont diminué leur efficacité globale. Compte tenu des coupures qui ont été imposées, il est clair que le niveau global de l'engagement du DAPNIA dans les projets à venir devra être ajusté et des difficultés apparaîtront peut-être dans la réalisation des projets déjà engagés. Il est regrettable que les coupures aient eu à suivre des directives concernant les différentes catégories de personnel. Le Comité estime que si des réductions supplémentaires doivent être faites, les divers secteurs du département doivent être traités distinctement en prenant en compte leurs tâches spécifiques. Il n'y a pas, a priori, de « meilleure » valeur du rapport techniciens/ingénieurs ou ingénieurs/physiciens dans ces groupes. Des réductions supplémentaires, si elles sont nécessaires, ne doivent pas être guidées par des ratios fixés à l'avance, mais doivent être conduites de façon à maximiser l'efficacité de chacun des services du DAPNIA. Il nous semble que, suite aux réductions récentes, le rapport techniciens/ingénieurs n'est plus optimal et est susceptible d'être réajusté. Un appel accru à de la main d'œuvre « commerciale » pourrait être utile au DAPNIA pour remplir ses engagements actuels et futurs dans les domaines techniques – mais ceci exigerait davantage de crédits, ce qui est manifestement incompatible avec les restrictions financières actuelles. A plus grande échelle, l'appel à de la main d'œuvre industrielle non seulement serait un moyen efficace de maintenir les capacités techniques uniques du DAPNIA, mais pourrait aussi contribuer à des transferts technologiques vers l'industrie française.

La mise sur pied et le maintien de groupes techniques de grande qualité n'est pas une tâche facile – de tels groupes dépendent beaucoup de quelques chefs de file qui assurent l'équilibre entre la réalisation des tâches courantes et le développement de savoir-faire et de nouvelles techniques nécessaires aux expériences à venir. Même des groupes techniques qui ont obtenu de grands succès sont des entités fragiles qui peuvent être facilement affaiblies. Dans son

précédent rapport, le CES avait insisté pour que le département anticipe les problèmes qui apparaissent lorsque des agents exceptionnels atteignent l'âge de la retraite dans les services techniques. Plusieurs cas de ce type se sont présentés ; d'autres sont imminents. Nous réitérons notre recommandation que des mesures spéciales soient prises pour réduire ces difficultés lorsqu'elles apparaissent. (À titre d'exemple de mesure qu'il doit être possible de prendre, on peut effectuer un recrutement anticipé de façon à assurer un recouvrement raisonnable entre la personne qui part à la retraite et son ou sa remplaçant(e).)

L'importance des groupes techniques dans le bilan global du DAPNIA en recherche fondamentale est certaine. Les compétences techniques dont disposent les physiciens du DAPNIA facilitent leur participation à des collaborations qui effectuent des expériences de premier plan dans les divers domaines d'intérêt du département. Ces expériences sont alors améliorées grâce aux contributions des services techniques, et aussi grâce aux compétences en analyse apportées par les physiciens du DAPNIA. Une baisse du support technique entraîne une réduction des capacités d'intervention du DAPNIA dans les activités scientifiques qui, après tout, constituent sa principale raison d'être. Il est nécessaire de prendre des mesures coordonnées concernant les deux sortes de ressources, humaines et financières, chaque fois qu'apparaît un changement brutal de disponibilités dans l'une ou dans l'autre.

Le Comité a débattu certaines questions touchant à l'organisation des groupes techniques. Le système actuel semble bien marcher – les groupes techniques ont la réputation de répartir leur aide de façon équilibrée, et le groupe de planification centrale est accepté par les groupes techniques en charge des opérations. (Le GERES jouit d'un statut particulier, du fait qu'il est directement rattaché au SAp. Des raisons techniques justifiant cette situation ont été présentées et, même si ce statut particulier est le motif de quelques plaintes de la part des autres services, la prolongation de cette situation semble raisonnable tant que la productivité reste à un niveau élevé.)

Une certaine pression se manifeste pour apporter des changements dans le mode de fonctionnement dans le cas des projets les plus grands – certains chefs de projets estiment que l'efficacité serait supérieure si du personnel était affecté de façon permanente aux projets, tandis que les chefs de service préfèrent en général disposer de flexibilité dans l'affectation

du personnel. De tels débats ne sont pas inusuels, et le mieux est sans doute de ne pas donner de directives trop rigides dans ce domaine, mais plutôt d'apporter une réponse au cas par cas, en souhaitant que chaque camp soit suffisamment tolérant et flexible pour que le rendement soit aussi élevé que possible.

Pendant la prochaine décennie, les groupes techniques du DAPNIA auront à assurer un énorme volume de travail dont une large fraction est indispensable pour préserver la place enviable qu'occupe le DAPNIA dans la communauté scientifique française. (En plus des grands défis qui font suite à l'approbation du LHC, il est clair que les demandes des astrophysiciens à plusieurs services sont croissantes.) Les groupes techniques méritent un appui très fort et des encouragements de la part de tous les niveaux de la Direction et de la part des scientifiques auxquels ils apportent leur aide.

Étude des accélérateurs

Les activités actuelles du Service d'Étude des Accélérateurs sont centrées sur les applications de la supraconductivité RF aux grands accélérateurs linéaires à électrons. Le SEA est devenu l'un des acteurs majeurs de la vaste collaboration internationale qui conçoit un collisionneur e^+/e^- de 500 GeV (TESLA) fondé sur des cavités en niobium supraconducteur. De tels accélérateurs sont susceptibles d'avoir une importance exceptionnelle pour l'avenir de la physique des particules en Europe. En plus de recherches fondamentales effectuées à Saclay, le SEA contribue de façon majeure à la construction d'un prototype d'accélérateur supraconducteur de 500 MeV qui est en cours d'installation à DESY, le « TESLA Test Facility » (TTF). Le groupe international TTF est actuellement dirigé à DESY par Bernard Aune, du DAPNIA. Les travaux consacrés à TTF ont pour but d'une part de développer la technologie appropriée au projet TESLA de 500 GeV et d'en démontrer la validité, et d'autre part de fournir une base solide pour estimer le coût de ce projet. Le SEA contribue aussi de façon substantielle à d'autres travaux de conception liés à cette machine TESLA-500 GeV.

Divers autres projets d'accélérateurs, incluant ELFE, les accélérateurs destinés au traitement des déchets nucléaires et les systèmes d'accélération appropriés aux sources de lumière de quatrième génération sont susceptibles de bénéficier grandement de ces développements de pointe en supraconductivité.

Recherche et Développement au SEA

Les activités de R&D au SEA sont organisées selon trois lignes principales :

- Supraconductivité RF,
- Techniques d'accélération,
- Dynamique des faisceaux.

Un programme de recherche étendu est conduit par un groupe comprenant une vingtaine d'ingénieurs, autant de techniciens, des visiteurs et des étudiants.

Supraconductivité

Bien que les travaux sur les cavités RF supraconductrices n'aient commencé au DAPNIA qu'en 1987, le groupe de supraconductivité du SEA est devenu l'un des plus avancés dans ce domaine. Ses succès sont dus à la compétence de ses membres, la volonté de la Direction du DAPNIA de lui apporter un soutien convenable et le fait que ce groupe peut s'appuyer sur l'expertise et les connaissances présentes à Saclay dans de nombreux domaines connexes tels que la cryogénie, les sciences des matériaux et d'autres encore.

Les travaux de ce groupe présentent un bon équilibre entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Pour atteindre ce dernier objectif, il a construit une installation de traitement des cavités qui est à la pointe de la technologie et qui a fourni avec régularité des cavités supraconductrices ayant d'excellentes performances. Cette installation a une valeur unique dans la poursuite des efforts consacrés à l'amélioration continue de la fabrication de cavités ainsi qu'à l'amélioration des techniques de traitement. L'expérience acquise à Saclay a été essentielle dans l'installation à DESY, par la collaboration TTF, de la chaîne de traitement. En utilisant cette installation, des gradients supérieurs à 25 MV/m ont été obtenus avec des cavités 9-cellules.

Techniques d'accélération

Pour disposer d'un système de test intégré, le groupe « Techniques d'accélération » du SEA a construit MACSE, un petit accélérateur linéaire utilisant des cavités supraconductrices en Nb. MACSE a permis au SEA de développer et de tester des composants cruciaux pour un système accélérateur, notamment un système d'accord à froid de cavités, des coupleurs de puissance, des coupleurs de modes RF élevés et d'autres éléments, et ce dans un

environnement « accélérateur ». Grâce à cette expérience, le groupe a joué un rôle majeur dans le développement et la construction d'éléments essentiels du prototype TESLA Test Facility. Avec l'IN2P3, le groupe a conçu et construit l'injecteur pulsé à bas courant qui doit être installé plus tard cette année sur le linac de test TTF à DESY.

Dynamique de faisceau

Le groupe « Dynamique de faisceau » s'est attaqué avec succès à deux des questions les plus importantes dans le domaine de la conception des collisionneurs linéaires :

- comment accélérer des paquets denses d'électrons dans un accélérateur linéaire tout en conservant les propriétés des paquets,
- comment focaliser le faisceau à des dimensions de l'ordre du nanomètre.

Ce groupe effectue des travaux qui se situent au plus haut niveau et ne cesse d'apporter des contributions majeures à la conception de collisionneurs linéaires de haute énergie.

Résumé

Pour récolter tout le bénéfice du travail déjà fait et mener à bien le projet TTF, les efforts du SEA doivent être focalisés sur TTF et sur le programme expérimental qui prendra place auprès de ce prototype dans les 4 ou 5 années à venir. Fondé sur l'expérience acquise dans la construction et la mise en œuvre de TTF, un rapport de faisabilité d'un collisionneur d'électrons et positrons de 500 GeV sera écrit en 1997/98.

Les travaux du SEA sont également très utiles au projet d'accélérateur ELFE proposé en physique nucléaire. ELFE supraconducteur pourrait soit constituer une partie du collisionneur de 500 GeV, soit être construit comme une machine indépendante.

L'expérience et les compétences du SEA lui permettent de contribuer de façon importante au projet SOLEIL, tout particulièrement si le système RF fait appel à des cavités supraconductrices. Si le SEA et le DAPNIA prennent des responsabilités majeures dans ce projet, il pourrait être nécessaire d'affecter plus de ressources et de renforcer le service.

Le SEA est l'un des groupes les plus actifs et les plus compétents au monde dans le domaine de la

supraconductivité RF. Ce groupe a une expérience étendue en physique des accélérateurs, notamment pour ce qui est de la conception et de la mise en œuvre de ces machines. Depuis la dernière évaluation du CES, ce service a obtenu de grands succès dans ses importantes contributions tant au développement de la supraconductivité RF qu'à la conception de grands collisionneurs linéaires. Les réalisations passées et les perspectives futures justifient que le DAPNIA et le CEA lui accordent un appui soutenu.

CONCLUSION

Au cours des deux dernières années, le DAPNIA a continué à faire de la science de grande qualité. Plusieurs initiatives nouvelles ont été prises qui feront jouer au DAPNIA un rôle majeur dans de futurs projets internationaux. Les contraintes financières font qu'il est de plus en plus difficile au DAPNIA d'apporter son soutien à toutes les expériences auxquelles les physiciens du département pourraient participer et faire ainsi des contributions exceptionnelles à la science mondiale. Les forces traditionnelles des services techniques du DAPNIA sont encore intactes, mais il y a lieu de se préoccuper des réductions de personnel et de la charge de travail que de grands projets tels que le LHC font peser sur certains services. De nets progrès ont été faits dans les efforts visant l'« unité intellectuelle » des diverses composantes du DAPNIA, mais il reste beaucoup à faire. Le DAPNIA reste un laboratoire unique et puissant sur la scène de la recherche française ; il contribue au prestige international que la France a acquis dans les domaines de la physique nucléaire, de la physique des particules et de l'astrophysique.

CEA - DIRECTION DES SCIENCES DE LA MATIÈRE

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

Jacques HAISSINSKI

COMITÉ ÉDITORIAL :

Joël MARTIN (porte parole),

Claire ANTOINE,

Pierre BORGEAUD

Michel BOURDINAUD,

François BUGEON, Rémi CHIPAUX

Gilles COHEN-TANNOUDJI,

Claude LESMOND, Elizabeth LOCCI,

Marc SAUVAGE, Jean-Claude SCHEUER

Angèle SÉNÉ, Christian VEYSSIERES

RÉDACTION :

Maryline ALBÉRA

MAQUETTE ET MISE EN PAGE :

Christine MARTEAU

Dépôt légal mai 1996