

Préambule

Le LAPP est l'un des 18 laboratoires de l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), institut du CNRS qui regroupe les moyens liés à ces deux domaines de recherche, et dont il reçoit la quasi-totalité de son budget d'équipement et de fonctionnement. Le LAPP accueille également le laboratoire de physique théorique LAPTH.

Le LAPP a le statut d'Unité Mixte de Recherche (UMR) entre le CNRS et l'Université de Savoie, dans le cadre d'un contrat quadriennal dont le premier renouvellement s'est effectué en 1999. Dans le cadre d'un Département de Recherche rattaché à la Présidence de l'Université, le LAPP confirme ses liens déjà anciens avec l'Université de Savoie.

Le LAPP compte environ 200 personnes. Sur les 150 permanents, près de 70 sont chercheurs CNRS ou enseignants-chercheurs et 80 sont des personnels techniques et administratifs. Il s'y ajoute, en équivalent temps-plein, une quarantaine de visiteurs et de doctorants (étudiants préparant une thèse). Enfin, plusieurs dizaines d'étudiants (40 à 50 selon les années, IUT, Maîtrise, Ecoles d'Ingénieurs, DEA...) séjournent chaque année au laboratoire pour des stages d'une durée de un à six mois.

INTRODUCTION

Créé en 1976, le LAPP est un laboratoire jeune et dynamique dont la notoriété s'affirme toujours plus. A travers son programme expérimental qui aborde pratiquement toutes les grandes questions posées actuellement en physique des particules, il confirme que le pari de créer un laboratoire de pointe dans un site éloigné de la capitale et proche du CERN a été largement gagné.

Les équipes de recherche, en collaboration avec 48 pays, assurent au laboratoire un rayonnement international toujours plus apparent dans ses retombées scientifiques, humaines et économiques tant sur l'agglomération d'Annecy que sur le département de Haute Savoie.

La vie du laboratoire est organisée autour, d'une part, d'expériences en cours de prises de données, produisant les informations qui seront analysées pour répondre aux grandes questions posées par la physique et, d'autre part, d'expériences en construction qui nous donneront des moyens d'investigation performants pour la prochaine décennie. Les services techniques du laboratoire sont optimisés autour de ces deux activités.

Ce rapport couvre la période 1998-1999. Il donne une description des activités du laboratoire concernant la recherche et les technologies associées, l'enseignement et la formation. Il présente l'état des structures de fonctionnement et du personnel du laboratoire fin 1999. Un lecteur curieux des détails

n'y trouvera probablement pas tout ce qu'il aimerait connaître, nous l'invitons donc à prendre contact avec les responsables des activités décrites, ils auront à cœur de le satisfaire.

LES EXPÉRIENCES EN PRISE DE DONNÉES

Au cours des deux années couvertes par ce rapport, cinq expériences du laboratoire ont enregistré des données. Trois expériences sont consacrées à l'étude des collisions e^+e^- , deux auprès du LEP (CERN, Genève) : ALEPH et L3, et une au SLAC (Stanford, USA) : BaBar. Deux autres expériences sont installées auprès du SPS du CERN, l'une dédiée à la recherche des oscillations neutrinos: NOMAD, et l'autre à la recherche du plasma de quarks et de gluons: NA50

Les expériences auprès des collisionneurs e^+e^-

Le LEP dont l'énergie vient de dépasser les 200 GeV par faisceau, a été l'un des éléments phare de ces deux années. Les équipes du LAPP ont eu des contributions majeures à la fois dans l'analyse des données, le fonctionnement et l'amélioration des appareillages.

• ALEPH

Tandis que le groupe continuait ses nombreuses tâches d'intérêt général pour l'expérience, il s'est concentré, pour ce qui est de la physique et de l'analyse des données, sur les problèmes relatifs au modèle standard et au-delà: analyses finales sur les données de LEP1 et, pour ce qui est des données de LEP2, il s'est tourné vers les canaux avec deux et quatre leptons dans l'état final.

• L3

Le groupe a poursuivi sa participation déterminante à la prise des données de l'expérience. Il assume des responsabilités très importantes dans le contrôle de l'acquisition, dans la surveillance en ligne, la maintenance, la calibration et l'analyse des données enregistrées par le calorimètre électromagnétique. Il a la pleine responsabilité du système de déclenchement de second niveau. La coordination générale de l'acquisition a été assurée en 1998 par un physicien du groupe. D'autre part, concernant l'analyse des données, le groupe s'est fortement investi: tests de QCD, recherche de particules supersymétriques et élaboration de générateurs d'événements. Il a présenté ses résultats, ainsi que ceux du LEP, dans de nombreux colloques à l'étranger. Le groupe participe au programme de calcul automatique des diagrammes de Feynmann.

• BABAR

L'étude de la violation de CP présente un caractère essentiel dans la mesure où, en plus d'un nouveau test du modèle standard, elle doit fournir une meilleure compréhension de

l'asymétrie entre matière et antimatière observée dans l'univers. En réalisant une mesure précise des éléments de la matrice CKM dans le système $b \rightarrow s$ on est dans une situation particulièrement favorable pour tester le triangle d'unitarité.

L'expérience BaBar a commencé à enregistrer des données courant 1999. Le groupe du LAPP, qui a construit le système de gaz alimentant le détecteur central, est impliqué dans l'identification des particules par mesure de dE/dx . Il participe activement à la prise des données ainsi qu'au travail de compréhension des performances du détecteur. De plus il participe à l'installation des différents logiciels de l'expérience au CC-IN2P3. C'est un membre du LAPP qui a assuré la coordination de la prise des données durant la mise en route de l'expérience.

Les neutrinos et l'expérience nomad

Une masse non nulle de cette particule pourrait être mise en évidence par la détection d'oscillations entre neutrinos de familles différentes. Traquées depuis déjà longtemps ces oscillations n'ont toujours pas été trouvées. L'expérience NOMAD a poursuivi cette recherche.

C'est dans un faisceau de ν_μ du CERN que l'expérience NOMAD recherche l'oscillation. L'équipe du LAPP avait pris en charge la construction du détecteur de radiation de transition à tubes proportionnels qui joue un rôle critique dans l'identification des électrons. La réussite est complète avec un détecteur permettant d'obtenir un facteur 1000 de réjection électron/pion. Le groupe participe à l'analyse des données et au software de l'expérience. L'expérience Nomad a terminé l'enregistrement de données en 1998, l'analyse est en cours et les résultats attendus avec impatience par notre communauté.

Plasma de quarks et gluons

L'expérience NA50 a poursuivi, pour ce qui concerne le LAPP jusqu'en 1999, la quête du plasma de quarks et gluons en essayant de mettre en évidence les effets du déconfinement des quarks prévus dans ce plasma. Ce déconfinement peut être relié à la forte anomalie observée antérieurement dans la production du J/ψ , confirmée depuis dans les collisions Pb-Pb. L'analyse des données Pb-Pb est encore en cours. Pour ce qui concerne le LAPP, cette expérience est maintenant terminée.

LES EXPÉRIENCES EN PRÉPARATION

Durant les deux dernières années, plus de la moitié du potentiel technique du laboratoire a travaillé sur les expériences en préparation ATLAS et CMS en relevant le défi de réaliser un travail qui ne verra son épanouissement final qu'avec la mise en service du LHC en 2005. L'autre partie du potentiel technique a travaillé avec des échéances plus proches sur les expériences BABAR, AMS et VIRGO.

• AMS

Le sujet de physique étudié de façon dominante, dans le cadre de cette expérience, est le problème de la présence d'antimatière dans l'univers. Le but premier est de mesurer

directement la composante d'antimatière du rayonnement cosmique en plaçant un spectromètre magnétique sur la station orbitale Alpha. Ce spectromètre et les détecteurs associés permettront d'aborder avec grande efficacité d'autres sujets, notamment l'étude de neutralinos (particules supersymétriques qui pourraient représenter une part importante de la matière noire), ainsi que la mesure des distributions des noyaux composant le rayonnement cosmique primaire. L'expérience se déroule en deux phases, dont l'une a déjà eu lieu:

- Un premier vol a eu lieu en juin 1998 dans la navette Discovery. En plaçant un détecteur assez semblable à l'instrument final sur une orbite comparable à celle de la future station Alpha, il a permis de mesurer les bruits de fond, de tester l'appareillage et de réaliser une première moisson de résultats concernant le rayonnement cosmique. Ces résultats, obtenus avec les données collectées en une dizaine de jours, ont conduit à réviser la vision jusqu'ici communément admise sur certaines propriétés de ces rayons cosmiques.

- Dans une deuxième phase prévue en 2003, l'appareil final sera installé sur la station spatiale Alpha où il prendra des données pendant plusieurs années.

En 1997 le groupe du LAPP a réalisé, en collaboration avec l'ISN de Grenoble, un détecteur à aérogel qui a fonctionné de façon tout à fait satisfaisante lors du vol test de 1998.

• VIRGO

La détection des ondes gravitationnelles est un défi posé aux physiciens depuis maintenant 80 ans, VIRGO relève ce défi. Avec les technologies actuelles, poussées à leurs limites, une première détection semble enfin à la portée des expérimentateurs.

L'interféromètre géant de la collaboration franco-italienne VIRGO (CNRS-INFN) est en phase de construction à Cascina, près de Pise. Cet interféromètre, doté de bras de 3km, sera opérationnel en 2002, sensiblement en même temps que le détecteur américain équivalent LIGO.

Le groupe du LAPP a pris en charge la construction de la partie centrale de la chambre à vide, de l'ensemble de détection du signal et du système de calibration du détecteur. Il contribue de façon déterminante au logiciel d'acquisition des données et de simulation de l'expérience.

D'ores et déjà, l'ensemble de détection et la partie centrale de l'interféromètre sont en place à Cascina, où ils ont été installés par l'équipe du LAPP.

• ATLAS ET CMS

La recherche du boson de Higgs, motivation principale pour la construction du LHC, est le moteur de cette action de longue haleine qui doit s'épanouir en 2005. L'enjeu est grand, les expériences et les collaborations le sont aussi. Le LAPP est résolument tourné vers ce futur qui, outre le boson de Higgs, va ouvrir des possibilités nouvelles telles que la recherche de particules supersymétriques dans des domaines encore vierges ou tout simplement l'exploration de l'inconnu avec le côté exaltant qu'il représente.

Le LAPP participe aux expériences ATLAS et CMS. Dans les deux cas la contribution du laboratoire porte de façon principale sur la calorimétrie électromagnétique.

Le groupe ATLAS a pris d'importantes responsabilités dans la mécanique, l'électronique et l'informatique liées au calorimètre à Argon liquide d'Atlas. Le LAPP s'est doté des infrastructures nécessaires au pliage d'électrodes, à l'assemblage, câblage et tests à chaud et à froid des 16 modules que comporte un 1/2 tonneau, c'est-à-dire la moitié du calorimètre électromagnétique central de l'expérience. Ce travail de montages et de tests à froid a débuté en 1999.

Le groupe CMS, quant à lui, a conçu et construit un banc prototype de tests des cristaux du calorimètre électromagnétique, il participe aussi à l'électronique et à l'informatique associée.

LES SERVICES TECHNIQUES

L'intendance des activités scientifiques énumérées ci-dessus est assurée au quotidien par les services techniques du laboratoire. Les services électronique, mécanique et informatique réalisent la construction et la mise en œuvre des détecteurs imaginés par les physiciens. Le service administratif gère les marchés, les achats, les finances et le personnel. Enfin, le service informatique assure à tous des moyens de calculs puissants à travers un réseau informatique performant et fiable. Les mouvements de personnels (AFIP, retraites) de ces deux dernières années ont fourni l'opportunité de repenser et de restructurer l'organisation de la plupart des services. La démarche «Qualité» initiée au niveau de l'IN2P3 et strictement appliquée dans le projet VIRGO a fait école au laboratoire : la plupart des personnes responsables ont eu l'occasion de participer aux formations montées à cet effet. Aujourd'hui, tant les services que les équipes de projet essaient de vivre cette démarche au quotidien.

LA PHYSIQUE THÉORIQUE

La présence du groupe de physique théorique du LAPP est un atout majeur du laboratoire. Ce groupe qui appartient au laboratoire LAPTH, toute nouvelle UMR (CNRS-Université de Savoie), est localisé au LAPP. Il aborde la phénoménologie de la physique des particules, l'astrophysique et les problèmes plus formels de physique théorique où la supersymétrie se distingue comme préoccupation très forte partagée avec les expérimentateurs. Des échanges fructueux et permanents ont lieu entre expérimentateurs et théoriciens du laboratoire. En plus des avancées en physique théorique, c'est un enrichissement mutuel qui se produit et profite à tous.

René Morand
Sous Directeur

AUTRES ACTIVITÉS

La vocation première du LAPP est la recherche fondamentale. Beaucoup de chercheurs, d'enseignants-chercheurs et de membres du personnel technique du laboratoire consacrent néanmoins une part importante de leur activité à l'enseignement et à la formation des jeunes, soit par un enseignement effectué au LAPP, à l'université, à l'IUT, ou à l'ESIA, soit dans le cadre des formations par la recherche au cours des multiples stages effectués au LAPP non seulement dans le cadre des DEA de physique des particules ou de physique instrumentale, mais aussi dans celui des stages de formation d'élèves d'écoles d'Ingénieurs, d'IUT, de maîtrise et de BTS. On trouvera dans ce rapport la liste des thèses qui ont été soutenues au laboratoire ces deux dernières années.

Un accent important a été mis sur la communication avec le monde extérieur à la recherche. A l'occasion des manifestations «Semaine de la Science» le laboratoire a chaque année participé aux manifestations de la ville d'Annecy. Une opération «portes ouvertes», en 1998, a eu un succès remarquable de même que de nombreuses conférences sur la physique des particules données par des physiciens dans les classes terminales des lycées du département.

L'interaction du laboratoire avec le milieu local s'est renforcée avec d'importantes retombées industrielles notamment dans le cadre du contrat tripartite CNRS-Département de Haute Savoie-CERN concernant une contribution à la construction du LHC dans le cadre de crédits départementaux.

A la série des séminaires scientifiques destinés aux chercheurs s'est poursuivie une série de séminaires et de projections "tous publics" s'adressant à tout le personnel et ouverte au public.

Plusieurs événements ont marqué le chemin parcouru ces deux dernières années: la remise, à l'occasion des 20 ans de l'Université de Savoie, du titre de docteur honoris causa à C. Rubbia, la remise de la médaille de cristal du CNRS à C. Girard pour la qualité de ses travaux en mécanique et enfin la remise de la médaille de bronze du CNRS à F. Marion pour la qualité de ses travaux de recherche.

Ce sont là des signes de reconnaissance de la bonne santé de notre laboratoire, celui-ci se porte bien et peut regarder l'avenir avec optimisme.

Fin 1999, le LAPP changera de directeur, tous nos vœux à Jacques Colas, Marie-Noëlle Minard et à l'équipe qu'ils vont mettre en place.

Nous remercions particulièrement N. Berger, G. Dromby et R. Lafaye qui ont consacré beaucoup d'efforts à la mise en état de ce rapport.

Michel Yvert
Directeur

Physique Expérimentale

Les annihilations e^+e^-

Au LAPP deux groupes expérimentaux travaillent auprès du LEP, le plus grand collisionneur e^+e^- en service actuellement. Cet accélérateur circulaire de 27 km de circonférence fait partie du grand complexe du CERN. Les faisceaux d'électrons et de positrons possèdent la même énergie et entrent en collision en 4 points de l'anneau. Depuis 1995, le LEP est entré dans la phase LEP2, c'est-à-dire que l'énergie des collisions délivrées par la machine est augmentée graduellement en ajoutant des cavités accélératrices plus performantes. Ainsi, dès l'automne 1995, des énergies de 130 GeV ont été obtenues. En 1996, le seuil de production de paires W^+W^- a été atteint (161 GeV, été 96) puis le seuil de production de paires Z^0Z^0 en 1997 et ainsi jusqu'à atteindre 204 GeV en cette fin d'année 1999, proche de la valeur limite de 206 GeV qui sera atteinte en l'an 2000. En même temps que l'énergie du LEP s'élevait, la luminosité de la machine était progressivement augmentée. Ainsi, depuis le mois de juin 1999, 80 pb^{-1} à 196 et 200 GeV et 50 pb^{-1} à 202 GeV ont été collectés par expérience. Les données enregistrées à ces très hautes énergies permettent de poursuivre les études de processus prédits par le modèle standard et aussi d'effectuer des recherches directes ou indirectes de nouvelles particules à de nouveaux seuils d'énergie.

Un autre groupe travaille auprès du collisionneur e^+e^- PEP-II (SLAC, Stanford, USA). Cette machine produit des collisions depuis l'été 1999. Ses deux faisceaux d'énergie 9.0 GeV pour les électrons et 3.1 GeV pour les positrons collisionnent à une énergie de 10.58 GeV dans le centre de masse pour produire la résonance $Y(4s)$, laquelle se désintègre en une paire $B^0\bar{B}^0$ ou B^+B^- . Elle doit fonctionner à très haute luminosité, $L = 3 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, ce qui lui vaut le surnom d'usine à B.

L'étude des désintégrations de certains canaux des mésons B est directement liée à la violation de CP, observée actuellement dans le seul secteur des mésons K. La violation de la symétrie CP, bien que découverte il y a plus de 30 ans, reste encore très mal connue et constitue un problème fondamental pour la physique. Une seule expérience, BaBar, est installée sur la zone d'interaction e^+e^- .

Expérience ALEPH au LEP

Participation du LAPP

Physiciens : B. Pietrzyk, R. Barate, D. Buskulic, I. De Bonis, D. Decamp, P. Ghez, C. Goy, S. Jezequel, J.P. Lees, M.N. Minard

Ingénieur : D. Dufournaud

Doctorants : F. Martin, E. Merle, B. Trocmé

Stagiaire : B. Trocmé

Collaboration

Collaboration internationale regroupant 32 instituts dont 6 laboratoires français : LAPP Annecy, LPC Clermont-Ferrand, CPPM Marseille, LAL Orsay, LPNHE Ecole Polytechnique Palaiseau, CEA-DAPNIA Saclay.

Dates clés

1986 : le LAPP rejoint l'expérience ALEPH

1989 : début de la prise de données

1995 : évolution vers LEP 200

Abstract

From 1998 to 1999, the LAPP group has pursued its activities in the ALEPH collaboration. The analyses of the standard model and beyond the standard model physics are made using LEP 2 and LEP 1 data. In addition, the group actively participates to many general purpose tasks of the experiment.

Présentation générale

Le groupe du LAPP participe à la prise de données au collisionneur e^+e^- LEP 2 qui a augmenté son énergie par paliers entre 189 et 202 GeV. Le groupe travaille activement au contrôle de la bonne qualité des données et à leur analyse. Avec les données de LEP1, l'analyse des paramètres de la résonance Z a été finalisée et celle de la durée de vie du méson B_s est en cours d'achèvement. La majeure partie de l'activité du groupe est désormais consacrée à l'analyse des événements de LEP 2 avec deux et quatre fermions dans l'état final.

L'activité d'analyse du groupe du LAPP est basée sur les domaines suivants :

- Physique avec les données de LEP 1 :
 - ajustement des paramètres de la résonance Z
 - désintégrations exclusives des mésons B en deux mésons charmés
 - désintégrations semi-inclusives du méson B_s^0 court en deux mésons D_s
- Physique avec les données de LEP 2, avec deux fermions dans l'état final :
 - mesure des sections efficaces fermioniques et des asymétries leptoniques
 - mesure de production des saveurs lourdes et de leurs asymétries
 - interprétation en terme de nouvelle physique
 - mesure de l'énergie du faisceau du LEP
- Physique avec les données de LEP 2, avec quatre fermions dans l'état final :
 - mesure de la masse de W

- corrélations de Bose-Einstein dans les désintégrations de paires de W
- mesure des couplages chargés à trois bosons.

Analyses et résultats

a) Physique avec les données de LEP 1

Les résultats définitifs d'ALEPH sur les paramètres fondamentaux du modèle standard mesurés à LEP 1 ont été publiés en 1999. Le groupe du LAPP a joué un rôle important dans l'obtention de ces résultats en particulier pour ce qui concerne la détermination des sections efficaces hadroniques (déjà présentées dans le rapport précédent). Le groupe du LAPP a participé à l'ajustement final des paramètres de résonance Z. Les résultats d'ajustement de neuf paramètres

$M_Z(\text{GeV}/c^2)$	91.1888 ± 0.0031
$\Gamma_Z(\text{GeV})$	2.4957 ± 0.0043
$\sigma_{\text{had}}^0(\text{nb})$	41.539 ± 0.058
R_e	20.684 ± 0.075
R_μ	20.802 ± 0.056
R_τ	20.715 ± 0.063
$A_{\text{FB}}^{0,e}$	0.0188 ± 0.0034
$A_{\text{FB}}^{0,\mu}$	0.0170 ± 0.0028
$A_{\text{FB}}^{0,\tau}$	0.0166 ± 0.0028

avec le programme MIZA sont présentés dans la table. Le programme MIZA a été initié dans ALEPH puis exclusivement développé et utilisé durant les dernières années par le groupe du LAPP. Les résultats d'ajustement à la forme de résonance du Z sont comparés aux données mesurées sur la Figure 1.

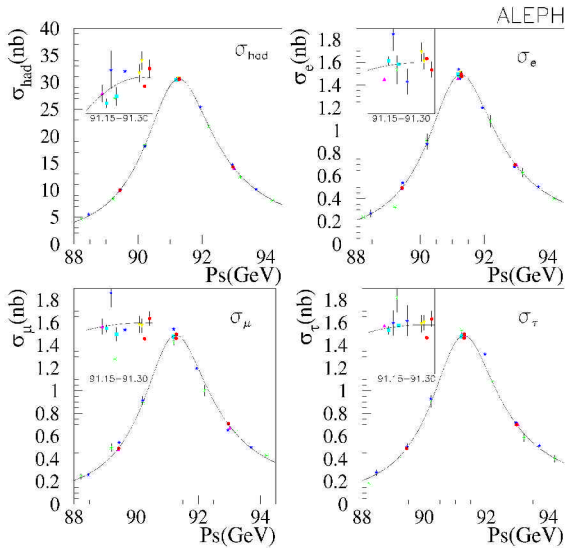


Fig 1 : Les résultats des mesures des sections efficaces hadroniques et leptoniques (e, μ, τ) à LEP 1 et des ajustements de la forme de résonance du Z.

L'analyse des désintégrations exclusives des mésons B en deux mésons charmés a été publiée. L'étude des mésons beaux étranges B_s^0 courts se désintégrant en $D_s^+ D_s^-$ et autres modes semblables a été poursuivie en utilisant l'état final semi-inclusif $\phi\phi X$. Une mesure de la différence de temps de vie entre les mésons B_s^0 courts et B_s^0 longs (analogue au système K_S^0/K_L^0) est en cours.

b) Physique avec les données de LEP 2 avec deux fermions dans l'état final

Depuis le début de la montée en énergie du LEP, à chaque palier en énergie, la mesure des sections efficaces di-fermioniques et des asymétries avant-arrière est le premier test du modèle standard effectué.

Le groupe du LAPP assure la mesure de sections efficaces hadroniques et leptoniques et des asymétries avant-arrière des di-leptons. Il est aussi engagé dans la mesure des processus $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}$ et $e^+e^- \rightarrow c\bar{c}$ à haute énergie. L'identification des quarks b et c parmi les événements hadroniques a amené à développer des techniques d'identification spécifiques, en utilisant dans des réseaux de neurones, les observables caractéristiques (cinématique, durée de vie, type de particule, charge). Le groupe assure la mesure des sections efficaces partielles R_b, R_c (voir Figure 2) et aussi la mesure des asymétries A_{FB}^b et A_{FB}^c .

L'ensemble de ces mesures est comparé aux prédictions du modèle standard et donne un bon accord dans la gamme d'énergie étudiée (voir Figure 3). D'éventuelles déviations pourraient être le signe d'une nouvelle physique.

Les physiciens du groupe participent également à plusieurs

groupes du travail dans ce domaine : combinaison des résultats des quatre expériences LEP (LEP EWWG) et étude des nouveaux logiciels de calculs et générateurs d'événements (LEP2 Monte-Carlo Workshop).

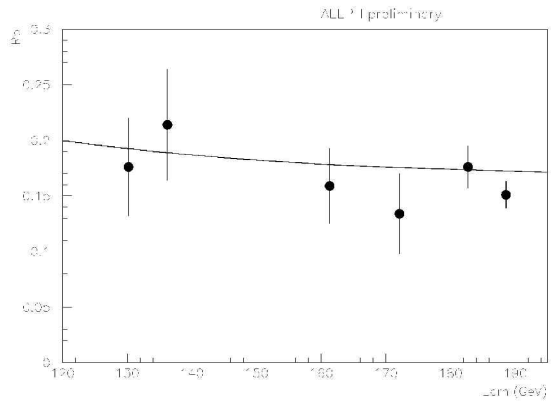


Fig 2 : Sections efficaces partielles de production de paires de quarks b R_b à LEP 2.

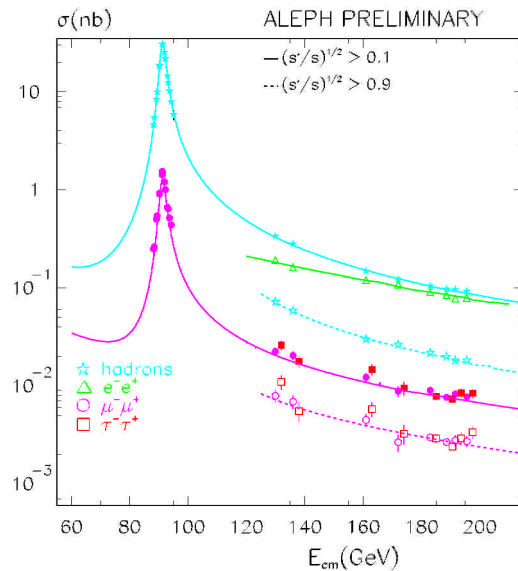


Fig 3 : Sections efficaces de production de paires de fermion à LEP 2 comparée aux prédictions du modèle standard.

Loin du pôle du Z, une contribution importante aux sections efficaces di-fermioniques provient d'événements $e^+e^- \rightarrow Z\gamma$, ou le photon provient de la radiation d'un électron/positron incident, la masse reconstruite à partir de deux fermions de l'état final est alors celle du Z, mesurée précisément à LEP 1. Ce processus est utilisé pour déterminer avec précision l'énergie des faisceaux du LEP. A l'issue de LEP 2 une précision d'environ 20 MeV sur l'énergie des faisceaux est attendue par cette méthode.

c) Physique avec les données de LEP 2 avec quatre fermions dans l'état final

Depuis 1996, les expériences LEP observent des événements provenant de la production de paires de W qui se désintègrent à leur tour hadroniquement ou leptoniquement. On obtient alors des événements à 4 quarks (4 jets), 2 quarks (2 jets) et 2 leptons ou 4 leptons. La mesure précise de la masse de W

a une importance primordiale. La comparaison du résultat de la mesure avec la prédiction du modèle standard constitue le test le plus précis des corrections radiatives électrofaibles qui dépendent entre autre de la masse du quark t et du Higgs. Une méthode originale pour la mesure de la masse a été développée par le groupe et a été comparée aux autres méthodes. Le groupe du LAPP a eu une contribution importante au développement des programmes généraux d'analyse d'ALEPH .

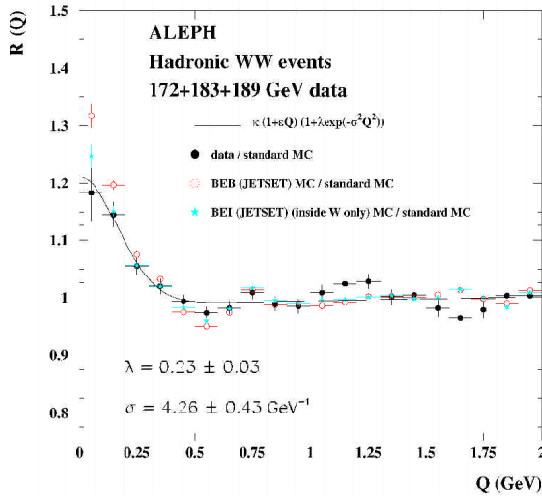


Fig. 4 : Les résultats des mesures de corrélations de Bose-Einstein entrées les produits des désintégrations de paires de W

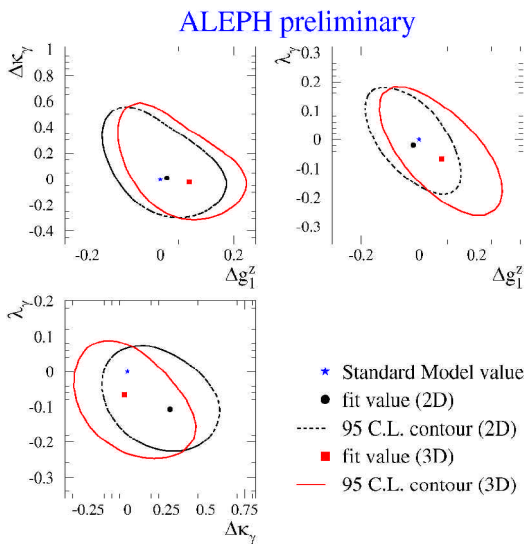


Fig. 5 : Les résultats des mesures à 183 et 189 GeV des trois paramètres qui qualifient les possibles déviations du modèle standard des couplages à trois bosons.

Dans le canal à 4 quarks, des effets subtils probablement non perturbatifs de reconnections de couleur et/ou de corrélations de Bose-Einstein entre les produits de fragmentation de quarks issus de W différents peuvent avoir lieu. L'équipe du LAPP étudie les corrélations Bose-Einstein en utilisant une méthode originale limitant les erreurs statistiques et systématiques. Ces corrélations ne sont pas observées dans les données jusqu'à présent analysées

(voir Figure 4). L'étude de ces corrélations est également importante pour la détermination des erreurs systématiques de la mesure de la masse du W.

La production de paires de W permet l'étude des vertex chargés à trois bosons $W^+W^-\gamma$ et W^+W^-Z . Dans le cadre de $SU(2) \times U(1)$, trois paramètres quantifient les possibles déviations au modèle standard. La mesure est basée sur celle de la section efficace de production $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ et des angles de production des quatre produits de désintégration. Pour cette mesure, le LAPP travaille sur l'ensemble des canaux de désintégration (voir Figure 5) et participe au groupe de travail de combinaison des résultats des expériences LEP et Tevatron.

Collaboration IN2P3-Pologne

Depuis plusieurs années, le groupe collabore avec les théoriciens de Cracovie qui ont développé les générateurs essentiels pour la physique du LEP (KORALZ, BHLUMI, BHWIIDE, KORALW, KK...). Les résultats du travail sur la précision théorique d'ajustement des paramètres de résonance Z ont été publiés dans deux articles :

- On the precision of calculations of initial state radiation in the Z line-shape fits, S. Jadach, B. Pietrzyk and M. Skrzypek, Phys. Lett. B456 (1999) 77.
- Initial-final-state interference in the Z line-shape, S. Jadach, B. Pietrzyk, E. Tournefier, B.F.L. Ward and Z. Was, Phys. Lett. B465 (1999) 254.

Le travail continue sur les différents générateurs des physiques pour LEP2 (paires des fermions et des W).

Tâches d'intérêt général

Les chercheurs du LAPP contribuent activement aux tâches générales d'ALEPH depuis de nombreuses années. En suivant l'ordre historique des étapes aboutissant à la production d'un résultat de physique, les participations notables du LAPP à l'effort général de la collaboration lors des deux années écoulées sont les suivantes :

- Avant et pendant la prise de données: représentation de la collaboration auprès de la machine du LEP («LEP contact») en 1998 et 1999.
- Prise de données («shifts») .
- Calibration du détecteur: participation à la calibration en ligne (avec une source de ^{55}Fe) du ECAL.
- Gestion complète des programmes concernant le ECAL: calibration du ECAL (depuis 1991); la montée en énergie du LEP depuis 1995 a rendu inapplicable la méthode de calibration utilisée à LEP 1 à partir d'événements «Bhabha»; des méthodes nouvelles, basées sur les événements $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma \rightarrow e^+e^-e^+e^-$ permettent d'atteindre une intercalibration de 0.4% et une calibration absolue de 0.7%.
- Le contrôle de qualité de données en ce qui concerne l'identification des électrons et des gammas.
- La détermination de l'énergie du LEP pour chaque prise de données en tenant compte des corrections propres à ALEPH et de sa luminosité instantanée.

- Générateurs d'événements: collaboration avec plusieurs auteurs de générateurs d'événements pour l'adaptation de leurs programmes à l'environnement software d'ALEPH. Ceci concerne particulièrement les générateurs WW pour lesquels les physiciens du LAPP sont maîtres d'œuvre.
- Outils généraux d'analyse: responsabilité entière de la mise à jour régulière et complète de l'ensemble des programmes d'ALEPH au CC-IN2P3 grâce à un ingénieur du LAPP. En plus de la mise à jour du software d'Aleph, nous essayons de profiter des nouvelles possibilités techniques offertes par le Centre (Redwood, machine Linux). Le groupe utilise intensivement le Centre pour produire des événements simulés pour LEP 2.

Enfin, plusieurs chercheurs du LAPP occupent des responsabilités dans l'organisation générale de la collaboration (membre du bureau des "speakers", responsable de groupe ou de sous-groupe d'analyse).

Rapports

Nous indiquons ci-dessous les rapports internes et les contributions aux conférences explicitement signés par les physiciens du groupe ALEPH du LAPP ou par un groupe d'analyse auquel ils participent :

Rapports internes

Determination of M_w in the $4q$ channel with different jet and pairing algorithms

Ph. Ghez, ALEPH 98-034 PHYSIC 98-015

A combination of preliminary electroweak measurements and constraints on the standard model

LEP Electroweak Working Group (M.N. Minard, B. Pietrzyk), ALEPH 98-037 PHYSIC 98-018

Measurement of the $e^+e^- @ c\bar{c}$ cross-sections at $\sqrt{s} = 183 \text{ GeV}/c^2$

C. Goy, ALEPH 98-043 PHYSIC 98-022

New selection of the $e^+e^- @ t^+t^-$ processes. Measurement of the cross sections and forward-backward asymmetry at 183 GeV

E. Merle, ALEPH 98-051 PHYSIC 98-024

Study of W^+W^- à $lnqq$ events for triple gauge coupling measurement at 183 GeV

S. Jezequel, ALEPH 98-077 PHYSIC 98-030

Measurement of Bose-Einstein correlations between W decay products at $172, 183$ and 189 GeV

F. Martin, ALEPH 98-093 PHYSIC 98-042

Measurement of the cc forward-backward asymmetry at $\sqrt{s} = 183 \text{ GeV}/c^2$

C. Goy, ALEPH 99-002 PHYSIC 99-002

Fits to measurements of line shapes and forward-backward asymmetries

B. Pietrzyk, ALEPH 99-043 PHYSIC 99-021

Combination of LEP 2 difermion results

LEP EWWF difermion subgroup, E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 99-082 PHYSIC 99-030

Complementary informations on the paper "Measurement of the Z resonance parameters at LEP"

ALEPH electroweak group, B. Pietrzyk, ALEPH 99-086 PHYSIC 99-033

Determination of $M_w(4q)$ using a NN-based fitting technique

Ph. Ghez, ALEPH 99-096PHYSIC 99-042

Measurement of R_b and A_{FB} at $\sqrt{s} = 189 \text{ GeV}$. Update with respect to the Winter conference note

C. Goy, ALEPH 99-106 PHYSIC 99-049

A measurement of the decay width difference in $B_s\bar{B}_s$ system

R. Barate, ALEPH 99-108 PHYSIC 99-051

Measurement of the Bose-Einstein correlations between W decay products using an analysis "à la DELPHI"

F. Martin, ALEPH 99-109 PHYSIC 99-052

Contributions aux conférences

Study of fermion pair production in e^+e^- collisions at $130-183 \text{ GeV}$

E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 98-021 CONF 98-011

Production of D_s^{+} and D_s^{*0} mesons in hadronic Z decays*

R. Barate, D. Buskulic, ALEPH 98-022 CONF 98-012

Preliminary determination of LEP centre-of-mass energy from Z -gamma events

M.N. Minard, ALEPH 98-048 CONF 98-022

Study of fermion pair production in e^+e^- collisions at $130-183 \text{ GeV}$

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 98-060 CONF 98-031

A study of the width difference in the $B_s\bar{B}_s$ system

R. Barate, ALEPH 98-064 CONF 98-034

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, B. Pietrzyk, ALEPH 98-065 CONF 98-035

Charged particle multiplicity in W -pair decays

B. Pietrzyk, ALEPH 98-066 CONF 98-036

LEP 1 results on Z resonance parameters and lepton forward-backward asymmetries

M. N. Minard, B. Pietrzyk, ALEPH 98-068 CONF 98-038

Measurement of the W mass in e^+e^- collisions from 161 to 189 GeV

P. Ghez, ALEPH 99-017 CONF 99-012

Fermion pair production in e^+e^- collisions at 189 GeV and limits on physics beyond the standard model

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 99-018 CONF 99-013

Measurement of triple-gauge-boson couplings at $183-189 \text{ GeV}$

S. Jezequel, ALEPH 99-019 CONF 99-014

Multi-parameter fits of triple-gauge-boson couplings using data at $172-189 \text{ GeV}$

S. Jezequel, ALEPH 99-025 CONF 99-019

Charge particle multiplicity and momenta in e^+e^- à W -pair decays at 189 GeV

B. Pietrzyk, ALEPH 99-026 CONF 99-020

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, B. Pietrzyk, ALEPH 99-027 CONF 99-021

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, B. Pietrzyk, ALEPH 99-061 CONF 99-036

Determination of the LEP centre-of-mass energy from Zg events

M.N. Minard, B. Trocmé, ALEPH 99-071 CONF 99-045

Measurement of triple gauge-boson couplings at $183-189 \text{ GeV}$

S. Jezequel, ALEPH 99-072 CONF 99-04

Preliminary results on standard model processes in e^+e^- collisions above 190 GeV

E. Merle, M.N. Minard, ALEPH 99-077 CONF 99-049

Vancouver 1998

Study of fermion pair production in e^+e^- collisions at 130-183 GeV and resulting limits on new physics

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, Abstract 906 Session 1

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, M.N. Minard, S. Jezequel, B. Pietrzyk, Abstract 894 Session 1

Charged particle multiplicity in W -pair decays

B. Pietrzyk, Abstract 909 Session 1

Observation of doubly-charmed B decays at LEP

R. Barate, JP. Lees, Abstract 941 Session 8

Production of D_{s1}^+ and D_{s2}^{+} mesons in hadronic Z decays*

D. Buskalic, Abstract 944 Session 3

Final results of the Z resonance parameters and lepton forward-backward asymmetries at LEP1

M.N. Minard, B. Pietrzyk, Abstract 284 Session 1

Tampere 1999

Bose-Einstein correlations in W -pair decays

F. Martin, B. Pietrzyk, Abstract 1_388

Charge particle multiplicity and momenta in $e^+e^- \rightarrow W$ -pair decays at 189 GeV

B. Pietrzyk, Abstract 1_387

Measurement of triple gauge-boson couplings

S. Jezequel, Abstract 6_399

Determination of the LEP centre-of-mass energy from Zg events

M.N. Minard, B. Trocmé, Abstract 6_391

Preliminary results on standard model processes in e^+e^- collisions above 190 GeV

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, Abstract 1_392

Measurement of the Z resonance parameters at LEP

M. N. Minard, B. Pietrzyk, Abstract 6_402

Production of D_{s1}^+ and D_{s2}^{+} mesons in hadronic Z decays*

D. Buskalic, Abstract 5_409

Measurement of the W mass in e^+e^- collisions

P. Ghez, Abstract 6_403

Study of fermion pair production in e^+e^- collisions at 130-183 GeV

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, Abstract 7_424

Fermion pair production in e^+e^- collisions at 189 GeV and limits on physics beyond the standard model

C. Goy, E. Merle, M.N. Minard, Abstract 6_694

Voir aussi liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

Expérience L3 au LEP

Participation du LAPP

Physiciens : G. Coignet, J-J. Blaising, A. Degré, D. Duchesneau, D. Perret-Gallix, S. Rosier-Lees, M. Vivargent (éméritat)

Ingénieurs, Techniciens : F. Chollet-Leflour, D. Dufournaud, G. Perrot.

Doctorants : A. Balandras, F. Brochu, X. Chereau

Collaboration

Collaboration internationale regroupant 50 instituts dont 2 laboratoires français : LAPP Annecy, IPN Lyon.

Dates clés

1982 : Acceptation de l'expérience

1982-1989 : Construction/Tests/Installation et début des prises de données à LEP1

1989-1995 : Prises et analyses de données à LEP1

1995-2000 : Prises et analyses de données à LEP2

Abstract

From 1998 to 1999 the LAPP group has pursued its activity within the L3 Collaboration. It mainly contributed to data taking, on-line monitoring, maintenance of sub-detectors, run coordination and analysis of events collected at center of mass energy varying from 183 GeV to 200 GeV with special emphasis on study of hadronic final state events, QCD tests, search for supersymmetric particles and interpretation of the results.

En 1998 et 1999 le groupe du LAPP a poursuivi sa collaboration au sein de l'expérience L3 au LEP. Il a réparti son activité entre :

- la prise de données, incluant le contrôle de sous-ensembles du détecteur
- l'analyse des données pour l'étude de réactions spécifiques.

D'autre part les physiciens du groupe ont pris des responsabilités importantes tant dans la préparation des résultats que dans leur publication. Ils ont aussi assumé des rôles clés dans l'organisation et le fonctionnement de l'expérience : un physicien est membre du comité de direction et est également responsable de la prise globale d'acquisition de données, deux physiciens sont responsables de groupes d'analyses et deux autres participent à des comités d'organisation interne.

De plus, deux physiciens ont représenté l'expérience L3 dans des groupes de travail du CERN chargés de rassembler les résultats obtenus par les 4 expériences LEP.

Enfin plusieurs physiciens du groupe participent activement au Groupement de Recherche SUSY au CNRS regroupant expérimentateurs et théoriciens français intéressés par les développements de la supersymétrie.

Acquisition de données et contrôle du détecteur

Le groupe a contribué de façon active à la prise de données ainsi qu'au fonctionnement du détecteur en assumant des responsabilités dans différents secteurs :

- Contrôle de l'acquisition globale des données ainsi que coordination générale en 1998 par un physicien du LAPP du fonctionnement de l'ensemble du détecteur et de la prise de données. Ce physicien a également participé aux

Ateliers de Chamonix au cours desquels le programme du fonctionnement du LEP est défini pour l'année en cours.

- Pleine responsabilité du fonctionnement du système de déclenchement de deuxième niveau. Ce système développé autour de la technologie de transputeurs interconnectés par deux routeurs dynamiques permet de :
 - collecter et assembler l'ensemble des données de déclenchement fournis par le premier niveau
 - rejeter une bonne partie des événements de bruits de fond.
- Surveillance en ligne, maintenance, calibration et analyse des données enregistrées par le détecteur électromagnétique. Ce dernier composé de près de 11000 cristaux de Germanate de Bismuth (BGO) permet de mesurer les énergies des électrons/photons de 100 GeV avec une résolution en énergie de 1%. La calibration en énergie est effectuée en utilisant d'une part la réaction $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ et d'autre part les photons de 17.6 MeV produits par réaction nucléaire à l'aide d'un petit accélérateur de protons (RFQ). Ce détecteur en BGO est complété dans les régions angulaires allant de 37 à 42 degrés et de 138 à 143 degrés par le calorimètre EGAP. Ce dernier, composé de plomb et de fibres scintillantes lues par des phototriodes, est calibré à l'aide d'événements $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ et $e^+e^- \rightarrow (e^+e^-)e^+e^-$.

Analyse des données et interprétations des résultats

Les données collectées par L3 ces dernières années ont permis d'améliorer nos connaissances dans de nombreux domaines: production de paires de bosons W et Z et étude de leurs propriétés, production de paires de fermions et de hadrons en général ; études de collisions photon-photon; recherches de nouvelles particules.

En 1998 et 1999 le groupe du LAPP a plus particulièrement poursuivi l'analyse des données collectées par L3 à LEP2 dans les domaines suivants :

- Etude des événements hadroniques et tests de la théorie QCD.
- Recherche de particules supersymétriques.
- Elaboration et amélioration de générateurs d'événements.

Ces travaux ont nécessité de simuler et de reconstruire un grand nombre d'événements tant sur les ordinateurs du CERN que sur ceux du CCIN2P3. En particulier la mise à jour de l'ensemble des programmes de L3 au CCIN2P3 a été assurée par un ingénieur du LAPP.

a) Étude des événements hadroniques et tests de la théorie QCD

La théorie des interactions fortes (QCD) prédit une dépendance de la constante de couplage forte α_s en fonction de l'énergie. Cette caractéristique se traduit par une modification de la structure des événements hadroniques en fonction de l'énergie mise en jeu lors de la production. L'augmentation progressive de l'énergie des faisceaux du LEP a permis d'étudier, en particulier, la variation de la constante de couplage α_s en fonction de l'énergie. Ces mesures ont ainsi pu être effectuées sur une grande gamme d'énergie avec le même détecteur ainsi que la même méthode d'analyse ce qui permet de s'affranchir de certaines erreurs systématiques. Cette étude a été démarrée par le groupe du LAPP à la fin 1995 et s'est poursuivie en étroite collaboration avec des physiciens de l'Institut TATA de Bombay. Les résultats obtenus (Fig.1) sont en bon accord avec l'évolution prédite par la théorie (la constante décroît quand l'énergie augmente) et on en déduit en particulier

$$\alpha_s(m_Z) = 0.1220 \pm 0.0015(\text{exp}) \pm 0.0060(\text{theo})$$

De plus l'étude de ces événements permet de préciser la validité des générateurs Monte Carlo utilisés pour simuler la réaction $e^+e^- \rightarrow \text{hadrons}$.

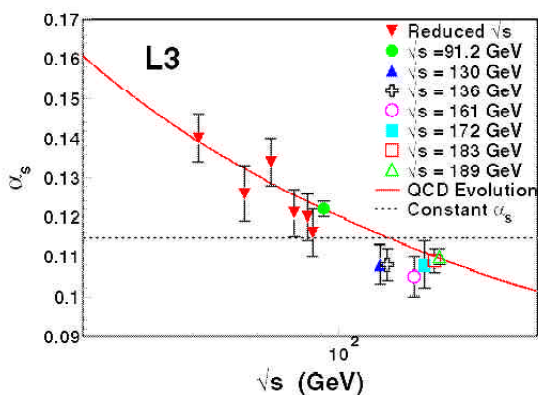


Fig. 1 : Valeurs de la constante de couplage α_s obtenues à partir des distributions de la structure des événements pour différentes énergies de centre de masse des collisions e^+e^- .

Par ailleurs le fonctionnement du LEP à des énergies dans le centre de masse supérieures à 180 GeV a permis de produire, pour la première fois dans les collisions e^+e^- , des paires de bosons Z. Le groupe du laboratoire a mis au point une analyse simple basée sur la topologie multijets pour contribuer à la mesure de la réaction $e^+e^- \rightarrow ZZ$. Cette étude est intéressante en elle-même car elle permet d'avoir des informations sur le vertex γZZ . D'autre part sa section efficace de production doit être bien mesurée (Fig.2) car cette réaction constitue un bruit de fond important pour les recherches de nouvelles particules qui auraient une masse voisine de m_Z .

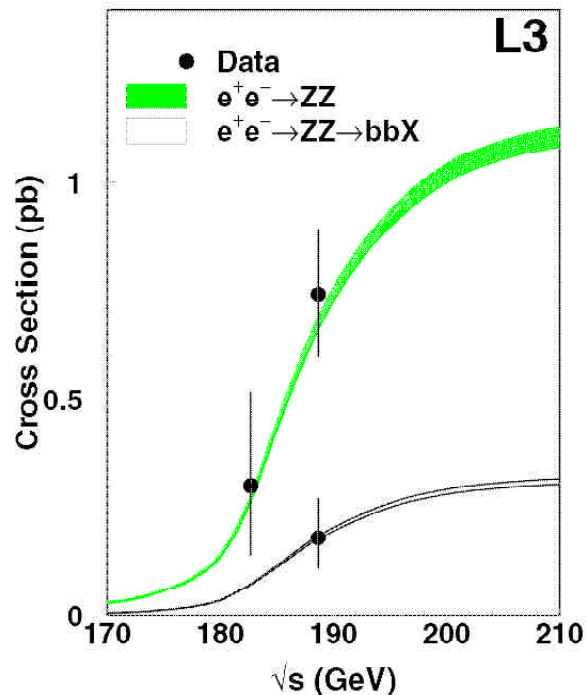


Fig. 2 : Mesures de sections efficaces de production $e^+e^- \rightarrow ZZ \rightarrow \text{hadrons}$ et $e^+e^- \rightarrow ZZ \rightarrow bbX$ comparées aux prédictions du Modèle Standard.

b) Recherche de particules supersymétriques

Des problèmes de cohérence interne du modèle standard imposent de le considérer comme un modèle de basse énergie d'une théorie plus fondamentale: la supersymétrie. Cette théorie prévoit l'existence de nouvelles particules : à chaque boson est associé un nouveau fermion, et à chaque fermion un nouveau boson. Ainsi sont recherchés : des leptons scalaires ($\tilde{\ell} = \tilde{e}, \tilde{\mu}, \tilde{\tau}$), des quarks scalaires (\tilde{q}), des charginos c_1^\pm, c_2^\pm partenaires des bosons chargés W^\pm et H^\pm et enfin des neutralinos $c_1^0, c_2^0, c_3^0, c_4^0$, par ordre de masse croissante, partenaires des bosons neutres γ, Z et H .

Les montées successives en énergie du LEP ont permis l'accès à des masses de particules de plus en plus élevées. En effet, les particules recherchées sont produites en paires dans les réactions du type

$$e^+e^- \rightarrow \tilde{\ell}^+\tilde{\ell}^-, e^+e^- \rightarrow \chi_1^+\chi_1^-, e^+e^- \rightarrow \chi_1^0\chi_1^0.$$

Les physiciens du groupe ont pris une part très importante d'abord à l'obtention des résultats publiés à $\sqrt{s} = 183$ GeV et 189 GeV, puis à l'analyse des données collectées à $\sqrt{s} = 192$ GeV, 196 GeV et 200 GeV.

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux prédits par le modèle standard. Des limites sur la section efficace de production des différentes particules supersymétriques en fonction de leurs masses ont alors été déduites pour les trois hypothèses suivantes :

a) Le c_1^0 est supposé être la particule supersymétrique la plus légère ne se désintégrant pas et interagissant faiblement avec la matière. Dans ce cas les particules supersymétriques devraient se désintégrer en particules du modèle standard plus un c_1^0 . Exemple : $\tilde{\ell}^\pm \rightarrow \ell^\pm \chi_1^0$ ou $\chi_{i^\pm} \rightarrow \bar{f} f \chi_1^0$ (ou f = fermion).

Dans le cas des neutralinos l'étude des réactions $e^+ e^- \rightarrow \chi_i^0 \chi_j^0$ suivies de $\chi_{ij}^0 \rightarrow \bar{f} f \chi_1^0$ a également été effectuée.

Dans le cadre de l'extension supersymétrique minimale du modèle standard de nouveaux contours d'exclusion dans l'espace des paramètres ainsi que des nouvelles limites sur les masses des particules supersymétriques ont été obtenus. A titre d'exemple la limite, en fonction du paramètre $\tan\beta$ du modèle, pour la masse des électrons scalaires, \tilde{e} , est indiquée figure 3.

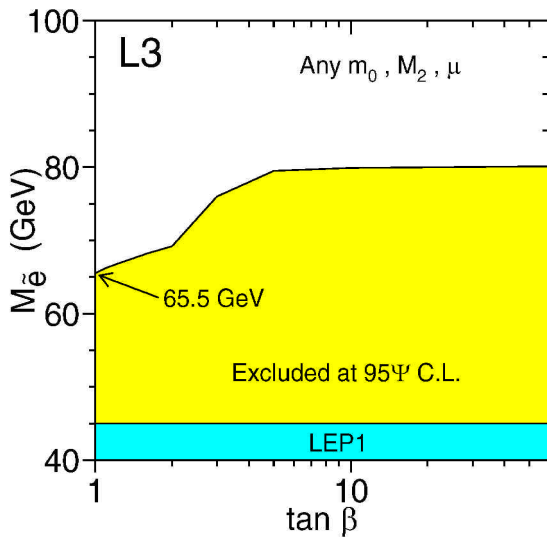


Fig 3 : Limite inférieure sur la masse du \tilde{e} en fonction de $\tan\beta$ obtenue avec les données collectées à $\sqrt{s} = 189$ GeV dans le cas où le c_1^0 est la particule stable la plus légère.

Dans ce cas on peut noter qu'une limite absolue sur la masse du neutralino le plus léger, candidat possible pour la matière noire, a été obtenue :

$$m_{c_1^0} > 32.5 \text{ GeV}$$

indépendante de la valeur des paramètres du modèle (figure 4).

b) Le gravitino \tilde{G} , partenaire supersymétrique du graviton est la particule supersymétrique la plus légère et le c_1^0 se désintègre en photon et gravitino. Une recherche de leptons scalaires via la réaction $e^+ e^- \rightarrow \tilde{\ell} \tilde{\ell} \rightarrow \ell \gamma \tilde{G} \ell \gamma \tilde{G}$ a été entreprise (Fig. 5). Cette étude qui se poursuit constitue une partie du travail de thèse d'Arnaud Balandras.

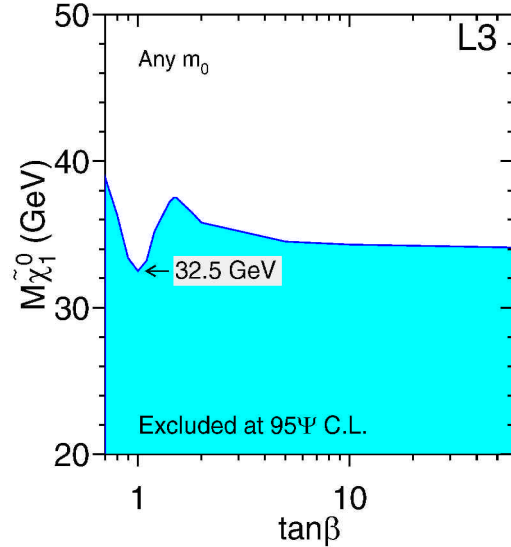


Fig 4 : Limite sur la masse du neutralino le plus léger, $m_{c_1^0}$, obtenue dans le cadre du modèle standard supersymétrique minimal.

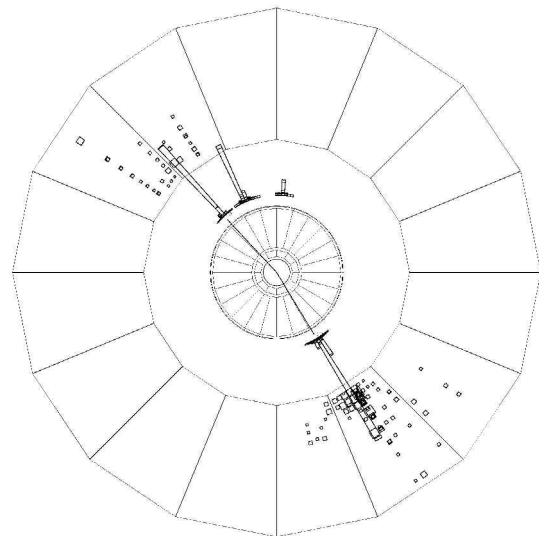


Fig 5 : Exemple d'événement sélectionné par la recherche de leptons scalaires si l'on suppose que le gravitino est la particule supersymétrique la plus légère.

c) Les particules se désintègrent en violant un nouveau nombre quantique la R-parité, directement ou indirectement, en trois fermions et plus. En particulier les désintégrations de chargino et de neutralino avec violation du nombre baryonique donnant lieu à des topologies avec plusieurs jets dans l'état final ont été recherchées. Cette étude constitue la partie principale du travail de thèse de Frédéric Brochu.

Les limites établies pour les masses des neutralinos les plus légers c_1^0 et c_2^0 ainsi que pour le chargino le plus léger c_1^\pm sont indiquées Figure 6.

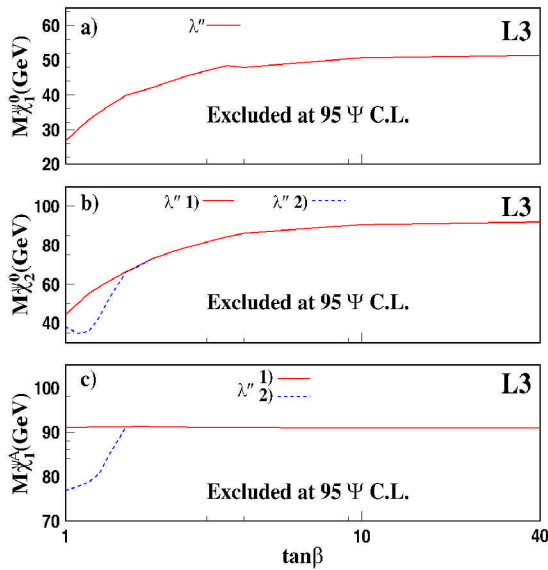


Fig 6 : Valeurs limites des masses des neutralinos (c_1^0 , c_2^0) et du chargino (c_1^\pm) déterminées dans le cadre des désintégrations avec violation du nombre baryonique.

c) Elaboration et amélioration de générateurs d'événements

Le groupe du LAPP joue un rôle important dans l'installation et l'utilisation de nouveaux générateurs d'événements développés dans le cadre de la collaboration CPP (Calcul en Physique des Particules, voir dans ce rapport). Celle-ci a pour objectif de développer des programmes généraux de calcul des diagrammes de Feynman (GRACE et CompHEP) permettant de construire le code des générateurs d'événements.

Le logiciel "Grc4f" réalisé avec GRACE permet de générer tout processus de type $e^+e^- \rightarrow 4$ fermions au LEP. Tous les diagrammes (plus de 2500) sont pris en compte, les corrélations de spin assurées et les masses de fermion incluses. Ce générateur a permis, en particulier, de mener une analyse détaillée de la production de W^\pm dans la région très à l'avant du détecteur, région cinématique sensible au vertex trilineaire de bosons de jauge. La section efficace de production d'un seul W a été déterminée avec précision. Des limites sur les anomalies possibles de ce type de vertex ont ainsi pu être estimées. Un autre domaine où ce générateur a joué un rôle important concerne la physique à deux photons et celle de la création radiative de paires de fermions.

L'étude des couplages quadratiques a pu être menée grâce à la complémentarité de trois logiciels: LanHEP, CompHEP et GRACE. Le premier a permis de passer de façon automatique de l'expression compacte du Lagrangien aux règles de Feynman et aux couplages, le second d'établir l'expression de l'élément de matrice des processus $e^+e^- \rightarrow WW\gamma$ et $e^+e^- \rightarrow Z\gamma\gamma$ et enfin le dernier de créer le générateur d'événements. Les neuf paramètres vérifiant la conservation

de nombres quantiques C et P ont pu être analysés individuellement et en corrélation. Des limites expérimentales pourront ainsi être établies pour la première fois grâce aux mesures du LEP. Rappelons que toute déviation par rapport à zéro de l'un de ces paramètres impliquerait l'existence d'un nouveau type d'interaction.

Les modèles supersymétriques ont aussi été introduits dans ces logiciels et le générateur "Susy23" qui est le seul incorporant des processus de 2 particules donnant 3 particules : il est en cours d'utilisation pour la recherche d'électrons scalaires dans le processus $e^+e^- \rightarrow e\tilde{e}c_i^0$. Un nouveau générateur "Grcgpair" qui traite la production de paires de charginos $e^+e^- \rightarrow c_i^+c_i^-$ et leurs désintégrations a été réalisé. On a ainsi montré l'importance des corrélations de spin dans les distributions angulaires.

Notes Internes 1998-1999

MC study of ISR photon identification in hadronic events and reduced CM energy determination in e^+e^- collisions at 183 GeV
F. Brochu, D. Duchesneau, L3 note 2212

QCD results at $\sqrt{s} = 183$ GeV
S. Banerjee, Sw. Banerjee, D. Duchesneau, L3 note 2228

Search for scalar leptons, charginos and neutralinos in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 183$ GeV
A. Favara, S. Rosier-Lees, L3 note 2231

Progress on the combination of QCD observables at LEP1.5 and LEP2.
The LEP QCD Working Group, D. Duchesneau, L3 note 2245

Recherche de charginos et de neutralinos avec le détecteur L3 au LEP.
X. Chereau, L3 note 2262

Search for scalar leptons in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 183$ GeV
A. Favara, S. Rosier-Lees, L3 note 2287

Search for charginos and neutralinos in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 183$ GeV
A. Favara, S. Rosier-Lees, L3 note 2288

Single and multi-photons events with missing energy in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 183$ GeV
A. Favara, S. Rosier-Lees, L3 note 2289

Search for neutralino and chargino decays with R parity violation in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 161-183$ GeV
A. Favara, S. Rosier-Lees, L3 note 2291

Search for R-parity violating neutralino and chargino hadronic decays in e^+e^- annihilation at $\sqrt{s} = 183$ GeV
F. Brochu, L3 note 2337

QCD results at $\sqrt{s} = 189$ GeV
S. Banerjee, Sw. Banerjee, D. Duchesneau, L3 note 2364

An optimized cut-based analysis for the study of ZZ decaying into 4 hadronic jets at $\sqrt{s} = 189$ GeV
F. Brochu, D. Duchesneau, L3 note 2386

Search for scalar leptons, charginos and neutralinos in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 189 \text{ GeV}$

A. Favara, S. Rosier-Lees, L3 note 2396

Colour reconnection studies in $e^+e^- \rightarrow W^+W^-$ events at $\sqrt{s} = 189 \text{ GeV}$

D. Duchesneau, H.J. Lee, P. de Jong, L3 note 2406

QCD studies and determination of α_s using hadronic event structures from 30 GeV to 189 GeV

S. Banerjee, S.W. Banerjee, D. Duchesneau, S. Sarkar, L3 note 2414

Search for scalar leptons in GMSB models in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 189 \text{ GeV}$

A. Balandras, L3 note 2433

Rapports

Lower bound for the standard model Higgs boson mass from combining the results of the four LEP experiments.

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., CERN-EP/98-046; 1 April 1998. L3 preprint 146. The LEP Working Group for Higgs Boson Searches, ALEPH, DELPHI, L3, OPAL.

A combination of preliminary electroweak measurements and constraints on the standard model

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., CERN-EP/99-15; 8 Feb. 1999. L3 preprint 170. The LEP Collaborations, ALEPH, DELPHI, L3, OPAL, the LEP Electroweak Working Group and the SLD Heavy Flavour Group and Electroweak Groups.

Limits on Higgs boson masses from combining the data of the four LEP experiments at energies up to 183 GeV

Four LEP Collaborations, M. Acciarri et al., CERN-EP/99-060; 26 April 1999. L3 preprint 175. The LEP Working Group for Higgs Boson Searches ALEPH, DELPHI, L3 and OPAL

Voir aussi liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

Calcul Automatique des Diagrammes de Feynman, Générateurs d'événements

Participation du LAPP

Expérimentateurs : D. Perret-Gallix, G. Coignet, S. Rosier-Lees,

Théoriciens : P. Aurenche, G. Bélanger, F. Boudjema, J.P. Guillet, V. Lafage (actuellement au KEK)

Collaboration CPP¹ (Calcul en Physique des Particules)

LAPP Annecy, LAPTH Annecy, LPTHE Orsay, LPNHE Ecole Polytechnique Palaiseau, LPNHE Université Paris 6 et 7, LPM Montpellier, KEK Tsukuba, IM-SDRASNosovibirsk, INP Moscou, JINR Dubna [1,2]

Dates clés

1993 : Début du programme INTAS

1996 : Début du programme PICS² 397

1999 : Collaboration CPP

Abstract

The number of Feynman diagrams involved in the computation of any physics observable increases dramatically with the center of mass energy, the number of final state partons and the required accuracy. A collaboration between theorists and experimentalists has been set up to develop methods and computing tools to assist physicists in these very involved and error prone computations. Packages, like GRACE and CompHEP, embedding all aspects of a typical computation: diagram generation, elaboration of the amplitude code, multi-dimensional phase space integration and event generation, have been developed. One additional step toward automation completeness has been reached with the program LanHEP implementing the derivation of Feynman rules and couplings from the Lagrangian compact expression. New models can be easily implemented in addition to those already available: full Standard Model and Minimal Supersymmetry (MSSM). A first version of a higher order automatic computation, GRACE-L1 (for one-loop) is being tested. Several ready-to-use event generators have been made available for: 4-fermion processes (Grc4f), multi-photon final states, MSSM processes (Susy23, GrcCGpair) or two-gamma physics (ggps1,2). A detailed study of the anomalous quartic couplings has been done for LEP. Recent developments include contributions to the Large Hadron Collider, the Linear Collider and the Muon Collider workshops. The CPP international collaboration (France-Japan-Russia) has been supported, in France, by a PICS and, at the European level, by an INTAS grant.

Les programmes de simulation d'événements sont devenus un outil indispensable en physique des hautes énergies, non seulement pour guider la conception des détecteurs, mais aussi pour interpréter les résultats expérimentaux. Ils permettent, en quelque sorte, de déconvoluer les résultats bruts des biais introduits par le détecteur et de comparer ainsi les mesures réalisées aux prédictions théoriques. Le signal physique ayant été simulé, il faut aussi évaluer les contributions de processus parasites venant dégrader la qualité du signal recherché. Pour l'analyse d'un processus donné, on doit donc disposer d'une importante panoplie de générateurs d'événements tant pour le processus «signal» que pour les nombreux processus parasites. De plus, lorsqu'il s'agit d'analyser les données d'expériences de précision, la «simulation» doit être réalisée avec un soin tout particulier dans la mesure où les incertitudes finales dépendront aussi des erreurs statistiques et systématiques introduites par cette étape de l'analyse.

Chaque processus de physique est décomposé en une série de sous processus représentés par les diagrammes de Feynman contribuant à l'état final étudié. Cependant, le nombre de diagrammes augmente très fortement avec l'ordre de l'approximation théorique, le nombre de particules de l'état final, la précision requise et l'énergie dans le centre de masse. La complexité de chaque calcul est aggravée par la prise en compte des masses et des effets de spin. Dans le cas de QCD (en particulier pour le LHC), les calculs au-delà de l'ordre dominant sont souvent nécessaires, mais leur complexité rend

impossible un calcul systématique par les méthodes conventionnelles. Il est donc essentiel de développer des techniques d'automatisation de l'ensemble des calculs conduisant à la détermination des sections efficaces et à l'élaboration des générateurs d'événements.

Des physiciens du LAPP et d'autres laboratoires du CNRS [1] se sont engagés depuis plusieurs années dans une collaboration internationale (France-Japon-Russie) aujourd'hui appelée CPP dans le but de développer les bases théoriques de la procédure d'automatisation, d'élaborer les générateurs d'événements utilisés dans le cadre de la physique au LEP et aux futurs collisionneurs (LHC, LC) et d'évaluer les principales implications expérimentales des processus physiques ainsi générés.

Elaboration de nouveaux générateurs pour les expériences au LEP, LHC, LC et MC.

Les études suivantes ont bénéficié des progrès réalisés par l'automatisation décrite dans la section suivante :

- Physique $\gamma\gamma$ au LEP: après la mise en oeuvre d'un générateur de jets [3] l'étude des jets dans les interactions $\gamma\gamma$ a été effectuée à la précision des logarithmes au-delà de l'ordre dominant (next-to-leading order) et comparée aux résultats de Tristan et HERA.

¹<http://wwwlapp.in2p3.fr/cpp/cpp.html>

²PICS : Programme International de Collaboration Scientifique

- Physique 4-fermions : les 76 processus $e^+e^- \rightarrow 4$ -fermions comme $e^- \nu_{ud}$ ou $e^+e^- e^+e^-$ ont été calculés avec GRACE et incorporés dans un seul générateur d'événements (Grc4f). Celui-ci prend en compte les masses des fermions et les effets d'hélicité. La divergence due à la violation de jauge introduite par la largeur du W est régularisée ce qui permet de générer les processus dits à simple W [4,6]. Le couplage à 3 bosons et les possibles anomalies ont ainsi pu être étudiés. Les corrections radiatives sont incorporées pour les diagrammes dans la voie s par QEDPS qui reproduit les distributions angulaires des photons. La prise en compte des diagrammes dans la voie t a été faite pour certains canaux et sera généralisée à l'ensemble des processus.
- Supersymétrie : en complément du générateur Susy23 incorporant 23 processus comportant des états finals à 2 ou 3 particules [5], GrcCGpair est spécialisé dans la production de paires de chargino et de leurs désintégrations. La figure 1 montre l'importance de prendre en compte l'intégralité des effets de spin dans les corrélations azimutales comme c'est le cas pour GrcCGpair.
- Production de gammas avec énergie manquante : un générateur $e^+e^- \rightarrow \nu\bar{\nu}n\gamma$ ($n=1,2$ photons durs et n' photons radiatifs), important en particulier pour estimer le bruit de fond dans la recherche de candidats supersymétriques, a permis une étude au LEP des couplages anormaux à trois bosons $ZZ\gamma$ et l'évaluation des limites sur les paramètres $G_\gamma, \Delta\lambda_\gamma$ et $\Delta\kappa_\gamma$.
- Couplages quartiques au LEP : la combinaison des différents outils a permis l'étude des 9 paramètres entrant dans les couplages quartiques anormaux conservant C et P qui contribuent aux processus $ee \rightarrow WW\gamma$ et $ee \rightarrow Z\gamma\gamma$. LanHEP a généré l'ensemble des couplages et des règles de Feynman, CompHEP a produit l'élément de matrice et GRACE a donné la cinématique et la génération d'événement [7]. La figure 2 montre la dépendance de la section efficace $ee \rightarrow WW\gamma$ pour 2 de ces paramètres en corrélation.
- Interactions $\mu\mu$: GRACE a permis le développement rapide de nombreux générateurs, deux corps radiatif ($\mu\mu \rightarrow XX\gamma$) ou $\mu\mu \rightarrow 4b$ pour la physique sur collisionneur de muons [8].
- Développement d'une bibliothèque d'événements «PevLib» produits par CompHEP pour la physique au LHC [9].

Développement des outils pour faciliter l'automatisation du calcul des diagrammes

L'autre activité complémentaire de la collaboration peut être illustrée par la mise au point de l'application appelée GRACE (groupe du KEK), automatisant l'ensemble des tâches afférentes à l'élaboration d'un calcul complet: un générateur de diagrammes (plusieurs boucles), le calcul des diagrammes (au niveau de l'arbre) par la méthode des amplitudes d'hélicité, l'intégration multidimensionnelle sur l'espace de phase et le générateur aléatoire d'événements. Une interface conviviale avec

PAW++ (grc) permet de calculer, de façon interactive, les processus ($2 \rightarrow 2,3,4$), de visualiser les sections efficaces différentielles et de construire le générateur d'événements.

Un autre programme CompHEP développé par le groupe de Moscou aborde ce calcul en mettant en oeuvre des techniques de calcul symbolique. La définition des modèles de physique est ici réalisée de façon automatique grâce à LanHEP. Ce programme transforme, par calcul symbolique, l'expression compacte d'un Lagrangien en l'ensemble des règles de Feynman et des couplages. Ces informations sont ensuite utilisées par CompHEP pour générer l'élément de matrice correspondant au processus souhaité.

Les calculs aux ordres supérieurs (une boucle) sont réalisés par le programme GRACE-L1 (en test) pour les processus $2 \rightarrow 2$ et certains $2 \rightarrow 3$ comme, par exemple, $e^+e^- \rightarrow b\bar{b}$; $e^+e^- \rightarrow W^+\mu\nu_\mu$ [10]. L'utilisation de la jauge non-linéaire, permettant de simplifier les calculs et de valider le résultat, est maintenant possible.

Nous étudions la faisabilité de générateurs QCD au-delà de l'ordre dominant qui devraient jouer un rôle important pour les expériences LHC.

Dans le cas des processus au niveau de l'arbre, les règles de Feynman du MSSM ont été introduites dans GRACE [11]. Ainsi, tout processus (MSSM) pour un nombre quelconque de particules dans l'état final peut être généré par la méthode des amplitudes d'hélicité dans le cas massif. Tous les éléments de matrice $2 \rightarrow 3$ et $2 \rightarrow 4$ ont été vérifiés. La seule limitation réside dans l'implémentation de la cinématique gérant les singularités et dans le temps de calcul nécessaire à l'intégration multidimensionnelle.

Avec la complexité des processus (par exemple $e^+e^- \rightarrow e^+e^- \rightarrow b\bar{b}\mu\nu_\mu$ [13]) le temps de calcul devient de plus en plus grand. Nous avons mis en place des techniques de calcul parallèle suivant le standard PVM, nous permettant d'utiliser aussi bien un parc de stations de travail qu'une machine massivement parallèle [14]. De nombreuses présentations ont été effectuées dans les conférences ou workshops suivants : Symposium sur les calculs automatiques* (Tokyo), AIHENP 99 (Crète)* [14], International Workshop on Linear Colliders (Sitges), QFTHEP'99 (Moscou)*, LEP2 Workshop (CERN)*, LHC Workshop (CERN)*, Muon Collider (CERN), QCD les Houches 99*, GDR-SUSY* [12].

Pour plus d'information sur ces sujets et d'autres dans le domaine de l'intelligence artificielle appliquée en physique, on peut consulter les comptes-rendus des workshops internationaux (AIHENP) [15] dont le sixième a eu lieu à Héraklion (Grèce). Le prochain se tiendra à Fermilab (Chicago) du 16 au 20 octobre 2000.

Cette collaboration a bénéficié du support financier d'un PICS (France-Japon-Russie) pour une durée de trois ans. Un programme INTAS, Europe-Russie, avec une dizaine de groupes européens a permis de mener à bien l'informatisation des groupes russes. Une demande de soutien CERN-INTAS a été acceptée. Le groupe japonais est financé par le «Monbusho» (Kakenhi) de 1999 à 2003.

* Des membres de la collaboration CPP font partie du comité d'organisation.

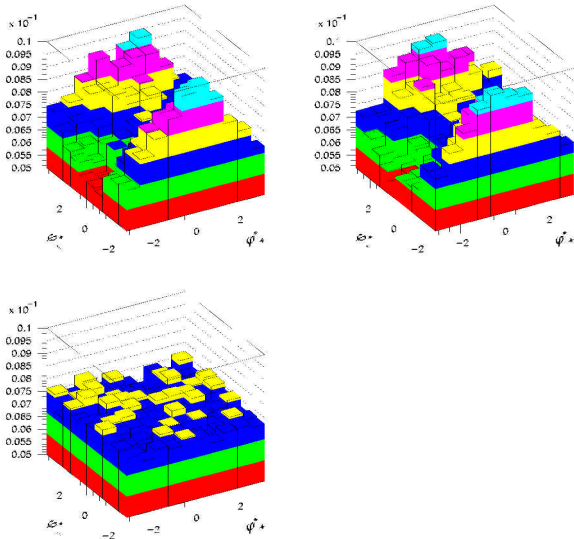


Fig 1 : Corrélation azimutale des plans de désintégration des charginos (en haut, à gauche calcul complet, à droite, diagrammes résonants, effet de spin complet, en bas, termes diagonaux seulement).

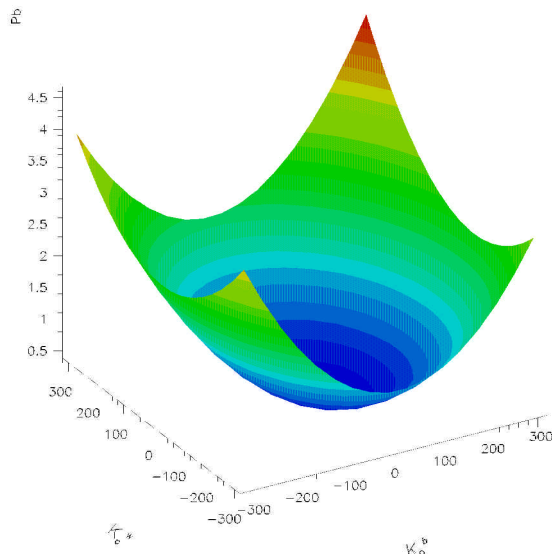


Fig 2 : Couplage Quartique Anormaux : dépendance de la section efficace $ee \rightarrow WWg$ à 200 GeV en fonction de 2 des 9 paramètres conservant C et P.

RÉFÉRENCES

[1] Collaboration France (ENSLAPP, LAPP, LPTHE, LPNHE-X, LPNHE, LPM) Japon (KEK) Russie (JINRINP IMSDRAS):
 J. Fujimoto, T. Ishikawa, M. Jimbo, T. Kaneko, K. Kato, S. Kawabata, T. Kon, M. Kuroda, Y. Kurihara, T. Munehisa, N. Nakazawa, Y. Shimizu, H. Tanaka, K. Tobimatsu, Japon
 P. Aurenche, G. Bélanger, F. Boudjema, G. Coignet, M. Fontannaz, J.P. Guillet, F. Kapusta, V. Lafage (Postdoc

pour 2 ans au KEK), G. Moulataka, D. Perret-Gallix, S. Rosier-Lees, R. Tanaka, France

D. Shirkov et coll. (JINR, Dubna), S. Ilyin et coll. (INP, Moscow), I. Ginzburg et coll. (Inst. Math. Siberia, Novosibirsk) Russie.

[2] INTAS 92-035, INTAS 93-1180, INTAS 93-1180-ext. (10 groupes Européens et 3 groupes Russes) M Fontannaz, P. Chiappetta, D. Perret-Gallix (coordinateur), D. Broadhurst, J. Fleischer, K. Kramer, M Boehm, P. Casalbuoni, Von Schlippe, J. Vermaseren, S. Ilyin, D. Shirkov, I. Ginzburg.
 [3] *g-g* event generators, Yellow Report CERN 96-01 V2, p. 211.
 [4] Event generators for WW physics, Yellow Report CERN 96-01 V2, p. 30.
 [5] Event generators for discovery physics, Yellow Report CERN 96-01 V2, p. 335.
 [6] GRC4F V1.1: a Four-fermion event generator for e^+e^- collisions, J. Fujimoto et al., Comp. Phys. Comm. 100 (1997) 128-156
 [7] Bosonic Quartic Couplings at LEP2, G. Belanger, F. Boudjema, Y.; Kurihara, A. Semenov, KEK-CP-087; LAPTH-744-99 hep-ph/9908254.
 [8] Studies of muon storage ring at CERN, A. Blondel, J. Ellis, B. Autin, Editors Yellow rep. CERN 99-02.
 [9] V.A. Ilyin et al., /afs/cern.ch/cms/physics/PEVLIB.
 [10] Automation of loop amplitudes in numerical approach, J. Fujimoto et al. NIM A 389 (1997) 301-304.
 [11] The Grace system for the Minimal Supersymmetric standard model, Tanaka et al. NIM A389 (1997) 295.
 [12] <http://wwwlapp.in2p3.fr/boudjema/GDR/gracesusy0.html>.
 [13] $ee \rightarrow b\bar{b}u\bar{u} \nu_\mu$ with a ν_μ production, Yuasa, F et al., KEK-Preprint-97-42.
 [14] PVM-GRACE, Yuasa et al. NIM A389 (1997) 77-80.
 [15] <http://wwwlapp.in2p3.fr/aihep/aihep/html>.

New Computing Techniques in Physics Research I, First International Workshop on Software Engineering, Artificial Intelligence and Expert Systems in High Energy and Nuclear Physics, Lyon March 19-24 1990, Eds D. Perret-Gallix, W. Wojcik.

New Computing Techniques in Physics Research II, La Londe-les-Maures January 13-18 1992, Ed. D. Perret-Gallix.

New Computing Techniques in Physics Research III, Oberammergau (Germany) October 4-8 1993, Eds K.H. Becks, D. Perret-Gallix.

New Computing Techniques in Physics Research IV, Pisa (Italy) April 3-8 1995, Eds B. Denby, D. Perret-Gallix.

New Computing Techniques in Physics Research V, Lausanne (Switzerland) September 2-6 1996, Eds M. Werlen, D. Perret-Gallix.

Expérience BaBar sur le collisionneur PEP-II à SLAC

Participation du LAPP

Physiciens : Y. Karyotakis, B. Aubert, D. Boutigny, I. de Bonis, J-M. Gaillard, J-P. Lees, J-Y. Nief, V. Tisserand

Ingénieurs, Techniciens : A. Bazan, M. Berthet, B. Camberlin, J.M. Dubois, T. Leflour, S. Lieunard, J. Orrit, P. Petitpas

Visiteur : A. Jérémie

Doctorants : R. Lafaye, P. Robbe

Stagiaires : N. Charvin, P. Gras, P. Wachtarczyk, P. Robbe, F. Weber

Collaboration

Collaboration internationale regroupant 78 instituts dont 5 laboratoires français: LAPP Annecy, LAL Orsay, LPNHE Ecole Polytechnique Palaiseau, LPNHE Université Paris 6 et 7, CEA-DAPNIA Saclay

Dates clés

1993 : SLAC décide de construire une usine à mésons B

1995 : L'expérience BaBar est approuvée par les comités

1999 : Premières collisions et prises de données

Abstract

The observation of CP violation effects in the $B^0\bar{B}^0$ system is one of the last untested sector of the standard model. The aim of BaBar is to study the CP violation and improve our knowledge of the CKM matrix elements. The experiment takes place at SLAC and began to take data in may 1999. A group of LAPP physicists contributes to this experiment. They have built the gas system of the central drift chamber and participate actively to the first data taking and to the analysis.

Présentation générale

La violation de CP, mise en évidence pour la première fois en 1964, reste encore un phénomène relativement mal connu, et qui n'a été observé à ce jour que dans le système des mésons K^0 . Dans le cadre du modèle standard, son origine est liée à l'existence d'un terme complexe dans la matrice de mélange entre quarks; ce modèle prédit ainsi que des asymétries mesurables liées à ce phénomène, devraient se manifester dans certaines désintégrations (rares) des mésons B^0 vers un état propre de CP. Les exemples les plus connus en sont les désintégrations $B^0 \rightarrow J/\psi K^0_S$ ou $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$. La mesure de ces asymétries permettra d'améliorer considérablement notre connaissance des éléments de la matrice CKM. Elle permettra également de nouveaux tests de la validité du modèle standard: dans certains modèles, la description de la violation de CP est modifiée par la présence de nouvelles particules et de nouveaux couplages ; cette nouvelle physique pourrait être mise indirectement en évidence par l'existence d'incompatibilités entre les valeurs des asymétries violant CP mesurées dans les différents canaux accessibles à l'expérience.

L'observation et l'étude des violations de CP dans le système des mésons B ont justifié le lancement de deux programmes expérimentaux, l'un aux USA et l'autre au Japon, incluant le développement d'accélérateurs capables de produire chaque année plusieurs dizaines de millions de mésons B^0 , et la construction de détecteurs pour en analyser les désintégrations. L'expérience BaBar, installée sur l'anneau PEP-II à SLAC, doit étudier la violation de CP dans le système des mésons B. Les effets prédits par le Modèle standard sont importants et expérimentalement observables. L'expérience est capable de

mesurer les côtés et deux des angles (α et β) du triangle d'unitarité dans un grand nombre de canaux, et de mettre à l'épreuve les prévisions du modèle standard. Elle sera ainsi capable d'identifier la signature d'une nouvelle physique. La construction de BaBar s'est achevée fin 1998. Après une première phase où le fonctionnement du détecteur a été testé en rayons cosmiques, les premières collisions e^+e^- ont été enregistrées à la fin du mois de mai 1999. Depuis cette date, les performances de l'accélérateur n'ont cessé de s'améliorer, dépassant même les prévisions du calendrier de mise en route. A la fin septembre 1999, la luminosité intégrée enregistrée par l'expérience s'élevait déjà à presque 800 pb^{-1} , correspondant à plus de 800000 désintégrations $e^+e^- \rightarrow Y(4S) \rightarrow BB$.

Le groupe du LAPP participe à BaBar depuis la formation de la collaboration en 1993. Il a construit et est responsable du système de gaz qui alimente la chambre à dérive. Il a également construit une petite chambre servant à surveiller en ligne le gain du mélange gazeux utilisé, ainsi qu'un prototype de la chambre à dérive qui a servi à étudier les propriétés de ce mélange. Il a aussi participé à l'effort de mise en service et d'optimisation de l'accélérateur, en construisant un calorimètre en CsI utilisé jusqu'en janvier 99 pour mesurer le bruit de fond dû à l'accélérateur. Il a joué un rôle important dans l'installation des différents logiciels de l'expérience au CC-IN2P3. Enfin, depuis le démarrage de l'expérience, le groupe participe activement à l'enregistrement et à l'analyse des premières données, ainsi qu'à la compréhension des performances du détecteur. Yannis Karyotakis a été d'avril à septembre 1999 coordinateur de la prise de données, durant le démarrage et la première période de prise de données en faisceau.

Le système de gaz

Le LAPP a conçu, construit et installé le système de gaz de la chambre à dérive du détecteur BaBar. Ce système a été achevé en juin 1998 et mis en marche en septembre 1998. Depuis lors, le suivi de son fonctionnement, de son entretien, les améliorations et les modifications qui y sont apportées continuent d'être la responsabilité du LAPP, D. Boutigny assure sur site une grande partie de ces responsabilités. Les principales contraintes, ainsi que les caractéristiques techniques du système, sont décrites ci dessous :



Les racks du système de gaz avant leur expédition pour SLAC, avec certains des membres de l'équipe ayant participé à leur construction.

- a) Le mélange de gaz hélium-isobutane ($\text{He-C}_4\text{H}_{10}$) utilisé est de faible densité, ce qui permet d'obtenir une résolution spatiale voisine de $100 \mu\text{m}$ sur chaque point de mesure des trajectoires. Dans ce cas, la reconstruction des désintégrations $B \rightarrow \pi^+ \pi^-$ peut se faire avec une résolution en masse de l'ordre de $22 \text{ MeV}/c^2$. Le mélange de gaz est réglé à une proportion de 80%-20%. La distribution de la concentration de C_4H_{10} mesurée pendant plusieurs mois est ajustée par une gaussienne d'écart type 0.015%. Cette stabilité est un des éléments contribuant à l'obtention d'une résolution sur l'identification des particules chargées par dE/dx voisine de 7 % ; ceci permet de séparer les K^\pm des π^\pm jusqu'à des impulsions d'environ $700 \text{ MeV}/c$ et complète le système d'identification par lumière Chérenkov (DIRC).
- b) Le gaz est recirculé avec un débit de $15 \text{ lt}/\text{min}$, en laissant échapper à l'air $2.5 \text{ lt}/\text{min}$. Ce flux permet un brassage homogène et efficace du gaz et un passage fréquent au travers des éléments de filtration et de purification du système de gaz. A ce rythme, il faut environ 35 heures pour renouveler l'équivalent d'un volume de gaz de la chambre.
- c) La pression à l'intérieur du détecteur est maintenue constante à $4 \text{ mbar} \pm 0.017 \text{ mbar}$ au-dessus de la pression atmosphérique grâce à un système de régulation de la vitesse du compresseur qui assure la circulation du gaz.
- d) La concentration d'oxygène est aussi basse que possible pour limiter l'absorption des électrons primaires d'ionisation qui réduit à la fois les performances de la mesure du dépôt d'énergie et la résolution spatiale des traces. Le système de purification d'oxygène utilisé est un héritage du groupe NOMAD-LAPP. Il a été très rapidement

adapté et remis en service par le groupe BaBar-LAPP et inclus au système de gaz en mars 1999. Ce système de purification est basé sur une réaction chimique activée par un catalyseur au palladium chauffé à 180°C . Les produits de la réaction, de l'eau et du dioxyde de carbone, peuvent être piégés en aval dans des tamis moléculaires constitués de granules d'alumine poreuse avec de la zéolite. La concentration d'oxygène à l'intérieur du détecteur est inférieure à 5 ppm.

- f) Le degré d'humidité dans la chambre, est mesuré en permanence et peut être ajusté à un niveau constant depuis quelques ppm jusqu'à quelques fractions de pour-cent. Le niveau d'humidité souhaité est atteint à l'aide d'un humidificateur à eau, placé en dérivation de la ligne principale de recirculation. Cette technique d'humidification intervient dans la lutte contre les effets du vieillissement de la chambre à fils.
- g) Le fonctionnement et la gestion des alarmes du système de gaz sont complètement automatisés. Les alarmes sont gérées à l'aide d'un automate industriel programmable qui permet à tout moment de placer le système de gaz dans un état adapté. Le fonctionnement du système et ses paramètres sont entièrement contrôlés par ordinateur grâce au logiciel de contrôle-commande semi-industriel EPICS. Les données du système sont stockées de façon continue dans la base de données de BaBar. La totalité du logiciel et les panneaux de contrôle-commande du système de gaz ont été réalisés par le LAPP.

Le système a été connecté à la chambre à fils de BaBar en septembre 1998, et fonctionne depuis lors sans interruption. La conception suffisamment souple du système a permis de l'adapter aux différentes requêtes liées au fonctionnement du détecteur (concentration en eau, oxygène, mélange ...) et d'assurer ainsi la qualité des données enregistrées.

Prototype de chambre à fils et chambre de contrôle du gain

Un prototype de la chambre à dérive de BaBar a été construit au LAPP pour étudier différents aspects du fonctionnement de ce détecteur et en particulier, les caractéristiques du gaz utilisé. De nombreux tests au laboratoire et sur faisceau au CERN et au PSI ont été menés. Ils ont permis d'étudier la variation du

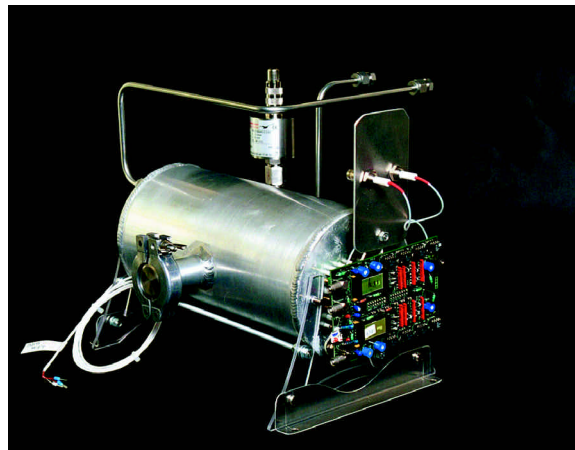


Photo de la chambre de calibration.

gain en fonction de la densité du gaz, de la concentration en isobutane, et de la haute tension. Il a également été possible d'étudier la reconstruction des traces dans les cellules hexagonales de la chambre et de procéder à différentes mesures sur la perte d'énergie par ionisation. Ces résultats sont résumés dans les notes BaBar 479 et 483.

Afin de pouvoir mesurer le gain du gaz en différents points du système, le LAPP a construit une petite chambre à dérive de contrôle. Celle-ci est constituée de cellules qui ont la même géométrie que celles de la chambre à dérive de BaBar. Deux de ces cellules sont lues par une carte pré-ampli connectée à un système d'acquisition PC/CAMAC. La position du pic induit par une source de ^{55}Fe permet de suivre l'évolution du gain au cours du temps. Un spectre est enregistré toutes les 30 minutes et le résultat de l'ajustement du pic est stocké dans la base de données par l'intermédiaire du système de contrôle EPICS. La chambre de contrôle fonctionne en permanence depuis plusieurs mois et assure un suivi efficace en temps réel de l'évolution du gain du gaz. Un développement est actuellement en cours pour remplacer le

avant et arrière de ce sous-détecteur. Les compétences acquises par le groupe du LAPP sur le système EPICS ont été mises à profit pour piloter et acquérir les données de 160 capteurs communiquant grâce au protocole CANBUS implémenté sur des micro-contrôleurs Motorola. Ces capteurs permettent de vérifier l'état de fonctionnement des différents modules d'électronique de la chambre placés près du détecteur, de leurs alimentations basses tensions et de leurs températures. Ils permettent également de contrôler la température, le niveau d'humidité et de radiation qui règnent dans l'environnement immédiat du sous-détecteur.

Développement d'un navigateur Orienté Objet

La structure Orienté Objet représentant les événements de l'expérience BaBar est complexe. Le groupe du LAPP, en coordination avec le service informatique du laboratoire, travaille sur le développement d'un outil permettant de naviguer dans cette structure et d'en afficher les différents éléments, soit dans le but de comprendre en détail un événement intéressant sur le plan de la physique, soit dans celui de trouver d'éventuelles erreurs dans le processus de reconstruction ou de calibration.

Ce développement qui s'appuie sur les techniques logicielles les plus modernes, telles que la distribution des objets sur réseau (CORBA), se fait en étroite collaboration avec les concepteurs du graphique qui travaillent autour du logiciel WIRED du CERN. Un prototype de client écrit en JAVA a permis de démontrer la faisabilité d'un tel outil.

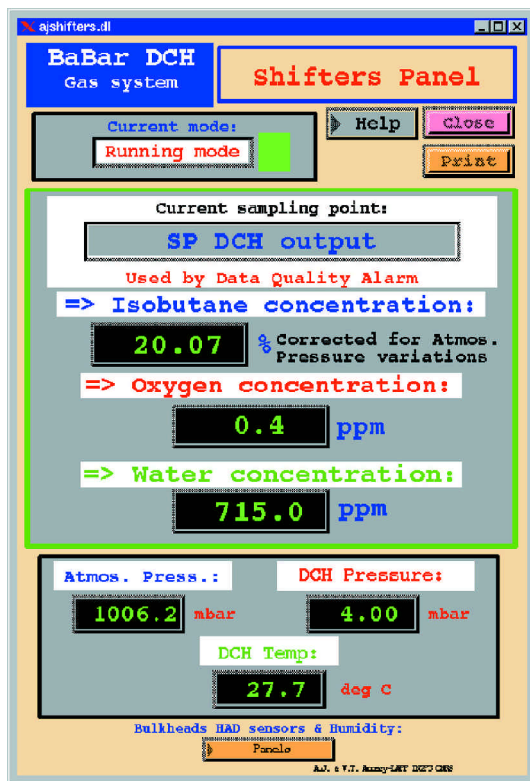
Calcul et traitement des données

Dominique Boutigny est responsable de la coordination du traitement hors-ligne des données de BaBar, ceci recouvre la production Monte-Carlo, le retraitement des données, la documentation, l'assurance qualité du logiciel et la distribution des données dans les centres extérieurs à SLAC. Les données écrites dans la base de données orientées objets (Objectivity) sont régulièrement exportées vers le Centre de Calcul de Lyon où elles sont attachées à la base de données locale. 300 GigaOctets de données correspondant à un million d'événements hadroniques sont déjà à la disposition des physiciens français. Il est prévu de rapatrier de l'ordre de 100 TeraOctets de données chaque année.

Analyse

Le groupe participe à l'étude des performances du détecteur dans les premières données: reconstruction des γ , des e^+ et des π^0 , algorithmes de reconstruction des photons convertis et des électrons faisant du bremsstrahlung, identification des particules par dE/dx et mesure de la luminosité. Il s'intéresse également à la reconstruction du mode $B \rightarrow J/\psi K_s^0$ et plus particulièrement des désintégrations $J/\psi \rightarrow e^+e^-$ et $K_s^0 \rightarrow \pi^0\pi^0$. Un autre de nos sujets d'intérêt est la reconstruction des mésons charmés, en connexion avec l'étude des désintégrations doublement charmées des B (sujet de la thèse de Patrick Robbe).

Liste des communications à des conférences en fin de rapport.



L'un des panneaux EPICS de contrôle du système de gaz.

système d'acquisition PC/CAMAC par un ensemble ADC/Analyseur multi-canaux directement piloté par EPICS.

Contrôle et commande des capteurs d'environnement de la chambre à dérive

Parallèlement aux activités sur le système de gaz de la chambre à dérive de BaBar, le groupe du LAPP a participé à l'effort de mise en place du code de contrôle et de commande des capteurs environnementaux placés directement dans les zones

Le programme neutrino

Depuis la découverte des neutrinos, l'existence d'une masse non nulle pour ces particules a suscité un intérêt toujours grandissant. De telles masses associées à des transitions entre les différents saveurs de neutrinos (qui doivent en général les accompagner) seraient un signe de Grande Unification. Dans l'approche théorique actuelle du Modèle Standard, elles seraient reliées à l'échelle d'énergie intermédiaire, entre l'échelle de brisure de symétrie électrofaible et l'échelle de Planck, où interviendrait la nouvelle physique. Par des mesures à des énergies présentement disponibles, les neutrinos peuvent donc faire progresser les théories de Grande Unification. L'intérêt pour la masse de neutrinos est aussi un intérêt cosmologique : le neutrino est le seul candidat pour la matière cachée chaude dont l'existence ne soit pas hypothétique.

L'observation du phénomène d'oscillations des neutrinos permet de déceler expérimentalement à la fois des transitions de saveur et des masses non-nulles parmi les neutrinos. L'annonce en 1998 de l'observation d'une oscillation $\nu_m - \nu_t$ par l'expérience de Super Kamiokande a encore davantage rehaussé l'intérêt dans ce domaine de recherche.

Depuis 1991, le laboratoire est engagé dans les recherches d'oscillations de neutrinos auprès des accélérateurs du CERN par sa participation à l'expérience NOMAD. Cette expérience est motivée par l'espoir que le ν_t (le plus lourd dans la hiérarchie de masse supposée des neutrinos) aurait une masse "cosmologique" de quelques électrons-volts ce qui conduirait à des oscillations avec apparition de ν_t dans le faisceau ν_m du CERN.

Expérience NOMAD auprès du faisceau de neutrinos du SPS du CERN

Participation du LAPP

Physiciens : J-M. Gaillard, G. Bassompierre, M. Gouanère, J-P. Mendiburu, P. Nédélec, H. Pessard, D. Sillou

Doctorants : V. Valuev, A. Krasnoperov

Stagiaire : C. Girard

Collaboration

Collaboration internationale regroupant 24 instituts dont 3 laboratoires français : LAPP Annecy, LPNHE Université Paris 6 et 7, CEA-DAPNIA Saclay

Dates clés

1991: Acceptation de l'expérience par les Comités du CERN

1994: Début des prises de données

1998: Fin de la prise de données

Abstract

The NOMAD (WA96) experiment is searching for the neutrino oscillations $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ and $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ at the CERN Wide Band neutrino beam. The LAPP group has in charge the operation and the exploitation of the Transition Radiation Detector (TRD) of the experiment, which is used to separate electrons and pions with a pion rejection factor greater than 1000. It is fully operational since 1994 and it has immediately demonstrated its excellent performance for the signature of electrons for the efficient rejection of other charged particles. We have developed the software programs for TRD and for the particle identification. We have also important responsibilities in the general reconstruction programs of the experiment and in the processing of data and Monte-Carlo. The group is involved in the analysis of the data, looking for both oscillations $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ and $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ with a special emphasis on both the electronic and 1 prong hadronic channels.

L'expérience NOMAD

L'expérience NOMAD recherche les oscillations de neutrinos $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ et $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ auprès du faisceau de neutrinos large bande du CERN. Elle utilise une cible active d'environ 3 tonnes, constituée de 44 chambres à dérive de faible densité ($\rho < 0.1 \text{ g/cm}^3$), totalisant une longueur de radiation ($1X_0$), ce qui lui confère une granularité de l'ordre de 150 μm .

La recherche du τ produit par courant chargé (CC) : $\nu_\tau + N \rightarrow \tau + X$, se fait par l'identification de ses produits de désintégration et par l'application de critères topologiques et cinématiques. Ainsi l'expérience NOMAD est sensible à environ 85% des modes de désintégration du τ . Nous pouvons en particulier mesurer la désintégration électronique, mais il faut pour cela disposer d'une excellente signature des électrons : un facteur de rejet pion/électron de 10^5 pour l'ensemble du détecteur est en fait nécessaire. Ce facteur est atteint grâce à l'association de plusieurs détecteurs, dont le détecteur de rayonnement de transition (TRD) qui contribue pour un facteur de 10^3 au taux de rejection.

La mesure de l'oscillation $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ se fait par la recherche d'un excès de ν_e par rapport à la composition du faisceau. Cette recherche est rendue possible grâce là aussi à l'excellente identification des électrons que permet le détecteur, notamment le TRD.

Le détecteur à rayonnement de transition

Le détecteur à rayonnement de transition est installé dans l'aimant de NOMAD juste derrière les chambres à dérive qui constituent la cible de NOMAD. Le TRD comprend 9 modules constitués chacun d'un radiateur, qui produit en moyenne 3 photons de rayonnement de transition de quelques keV, pour un électron de 10 GeV, et d'un plan de détection composé de 176 tubes verticaux (les «pailles») remplis d'un mélange gazeux xénon-méthane. Les modules sont regroupés par paires, sauf le dernier. Chaque ensemble est suivi d'une chambre à dérive, qui permet de suivre les traces chargées jusque dans le calorimètre.

Le LAPP a conçu et réalisé la structure mécanique générale et mené la construction des 9 plans du TRD, tandis que les radiateurs étaient réalisés au CERN. Sur chacun des 9 cadres métalliques a été installé un radiateur de 315 feuilles de polypropylène de $3 \times 3 \text{ m}^2$. Pour chacun des 9 plans de détection la confection et la mise en place des 176 pailles, le tissage des fils, la réalisation de la connectique d'alimentation en gaz ainsi que l'installation des cartes d'électronique de lecture ont été réalisés au LAPP.

Le groupe a assuré en collaboration avec le CERN, la réalisation de la station de purification et de recyclage du mélange gazeux. A la fin de la prise de données, cette station a été réutilisée par l'expérience BaBar à SLAC.

L'électronique de lecture a été réalisée conjointement avec le CERN tandis que l'électronique de détection du signal a été conçue et réalisée au LAPP. Le groupe a également construit et ajusté le système de surveillance du détecteur (*Slow Control*) ainsi que la calibration de l'électronique qui permet de contrôler en permanence l'ensemble de la chaîne de lecture du signal. Il a mis au point des procédures de calibration en énergie du détecteur qui utilisent des sources de Fe^{55} fixées sur les plans de détections. Enfin le groupe a développé un programme de simulation de l'ionisation dans les couches minces de gaz ainsi que du rayonnement de transition, qui a été interfacé avec GEANT.

Le TRD a parfaitement fonctionné pendant toute la durée de la prise de données, entre 1994 et 1998. Il a démontré ses excellentes performances, avec un facteur de rejet électron/pion qui dépasse 1000 pour 90% d'efficacité aux électrons, dans le domaine d'impulsion requis, entre 1 et 50 GeV/c. Les performances du TRD sont telles que deux projets d'expériences du CERN, envisagent de le réutiliser.

Un travail original de séparation électron-pion a été réalisé autour de l'identification des particules dans le cas de topologies complexes, pour lesquelles plusieurs particules chargées se chevauchent dans le TRD (comme par exemple dans le cas de la matérialisation d'un photon en une paire e^+e^-). Ces études sont essentielles pour réduire les bruits de fond produits par les empilements de hadrons dans le TRD.

Responsabilités

Jusqu'en 1998, le groupe du LAPP a été responsable :

- du suivi du détecteur TRD, du monitoring en muons, de la calibration et de la transmission de ces données de calibration vers la base de données de NOMAD, ainsi que du contrôle des paramètres de fonctionnement et du mélange gazeux.
- de la maintenance et du développement des programmes généraux de reconstruction de NOMAD, pour les différentes plateformes (DEC/OSF, Sun/Solaris, PC-PentiumII/Linux)
- du traitement des données, de la reconstruction, du filtrage et de la production des DST, ainsi que de la distribution de l'information sur Internet aussi bien pour les données expérimentales que pour les événements Monte-Carlo.

Analyses

Le groupe est fortement impliqué dans l'analyse des données, à la fois dans la recherche de l'oscillation $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ dans le canal pion et dans les analyses des événements contenant des électrons, $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ et $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ dans le canal électron, pour lesquelles le TRD est essentiel. L'ensemble des analyses auxquelles le groupe participe sont effectuées en aveugle.

• Recherche d'un signal d'oscillation $\nu_\mu \ll \nu_\tau$ dans le canal électron.

L'étude des bruits de fond ainsi que leur réduction constitue une part importante de l'analyse. Sur la base des données de 1995, 1996 et 1997 on a pu calculer une limite sur la probabilité d'oscillation, que l'on peut convertir en limites sur les

deux paramètres de l'oscillation que sont Δm^2 , la différence des masses carrées des deux neutrinos ($\Delta m^2 = m^2(\nu_\tau) - m^2(\nu_\mu)$) et $\sin^2(2\theta)$, où θ est l'angle de mélange entre les deux saveurs de neutrinos.

• Recherche d'un signal d'oscillation $\nu_\mu \ll \nu_\tau$ dans le canal hadronique 1 trace chargée.

Les études de rejet des bruits de fond des canaux électroniques ont été utilisées dans l'analyse des canaux hadroniques de désintégration du τ , notamment dans la discrimination des courants neutres (NC) et du signal. Les derniers résultats, incluant l'ensemble des prises de données ne fait apparaître aucun signal. Ceci permet de mettre une limite sur la probabilité d'oscillation (incluant les 4 années de prise de données) :

$$P(\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau) < 2.1 \cdot 10^{-3}$$

En combinant les limites sur les probabilités d'oscillations obtenues pour les différents canaux de désintégration du τ (e , μ , 1π et 3π), on obtient, pour l'analyse des données collectées en 1995, 96 et 97 :

$$P(\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau) < 0.6 \cdot 10^{-3}$$

ce qui correspond, dans la limite des grands Δm^2 (c'est-à-dire lorsque la probabilité d'oscillation n'est plus sensible qu'à l'angle de mélange) à :

$$\sin^2(2\theta) < 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ avec } 90\% \text{ de confiance}$$

ou encore, dans la limite du mélange maximum :

$$\Delta m^2 < 1.2 \text{ eV}^2/c^4$$

Les résultats sont résumés sur la figure 1.

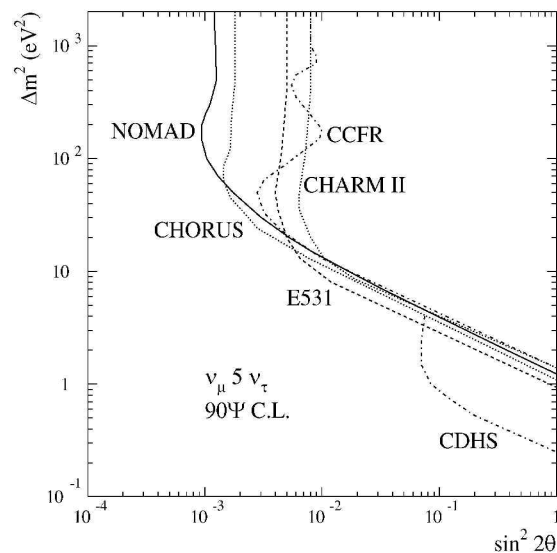


Fig. 1 : Contours d'exclusion ($\Delta m^2, \sin^2(2\theta)$) pour la recherche d'oscillation $\nu_\mu \ll \nu_\tau$. La limite de NOMAD (à 90 % de confiance) est indiquée.

• Recherche d'un signal d'oscillation $\nu_\mu \ll \nu_e$

Cette étude revêt un intérêt particulier depuis que l'expérience LSND de Los Alamos a publié des résultats indiquant un signal d'oscillation $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$.

Dans NOMAD cette étude s'effectue par la recherche d'un excès d'événements ayant un électron primaire dans l'état final.

La figure 2 montre la sensibilité de l'expérience NOMAD.

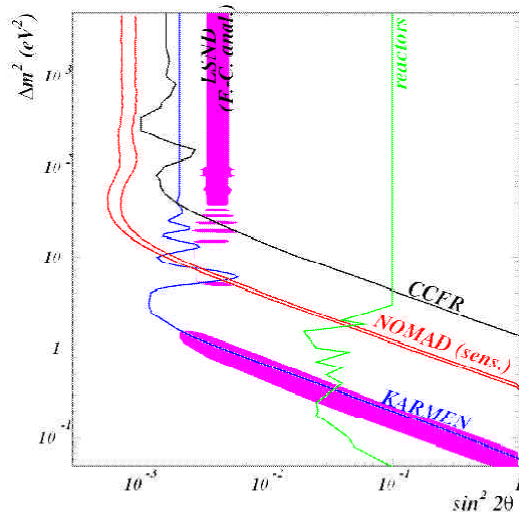


Fig. 2 : Contours d'exclusion ($\Delta m^2, \sin^2(2\theta)$) pour la recherche d'oscillation $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$. La surface sombre indique la région autorisée par LSND. La sensibilité de l'expérience NOMAD est aussi indiquée.

Sur la base des données de 1995 l'expérience NOMAD a exclu une partie de la région autorisée par LSND. La limite préliminaire pour les grands Δm^2 est :

$$\sin^2(2\theta) < 2.0 \cdot 10^{-3} \text{ avec } 90\% \text{ de confiance.}$$

Le groupe travaille particulièrement à la compréhension et à la réduction des erreurs systématiques, notamment à la compréhension du faisceau de neutrinos.

Des informations complémentaires peuvent être obtenues sur internet: <http://nomadinfo.cern.ch>.

Réseau de formation

Historique

C'est autour de l'expérience NOMAD, peu après la proposition d'expérience, en 1991, que des premiers contacts sont établis entre l'équipe NOMAD du LAPP et un groupe du Laboratoire des Problèmes Nucléaires du JINR-Dubna. Ces liens se sont renforcés à partir de 1994, essentiellement autour du travail effectué en commun pour les tests et la réalisation d'un détecteur à rayonnement de transition dans lequel un des membres du groupe de Dubna, W. Valuev, s'est beaucoup impliqué. Dans le même temps, un autre membre de ce groupe, B. Popov, travaillait en étroite collaboration avec le LPNHE Paris 6.

C'est la raison pour laquelle il a été demandé dès juillet 1994 au Ministère de l'Education Nationale, la création du Réseau de Formation et de Recherche entre ces trois laboratoires: JINR (Dubna)-LAPP (Annecy-le-Vieux)-LPNHE (Paris 6). Le réseau a été créé en février 1996 et a pu débuter en septembre 1996.

Bilan

Les participants au réseau ont travaillé sur l'expérience NOMAD, plus particulièrement sur les points suivants:

- Mise en œuvre du détecteur à rayonnement de transition, tests en faisceau, calibrations, développement des algorithmes d'analyse.
- Algorithmes de reconstruction dans les chambres à dérive (Paris 6).
- Analyse des données, en particulier recherche d'oscillation dans les voies $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ et $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$.

Deux thèses de doctorat ont été effectuées dans le cadre du réseau :

- Search for $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$ neutrino oscillations in the $\tau \rightarrow e \nu_e \nu_\tau$ decay channel in the NOMAD experiment at CERN, B. Popov, thèse préparée à l'Université de Paris 6 (sous la direction du Dr. Letessier-Selvon) et soutenue le 12 mai 1998 au LPNHE.
- Recherches des oscillations de neutrinos $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$ dans l'expérience NOMAD, V. Valuev, thèse soutenue au LAPP le 7 juillet 1998 avec félicitations du jury.

Une troisième thèse (A. Krasnoperov) est en cours d'achèvement.

Rapports internes NOMAD

Results of $\nu_\mu \ll \nu_e$ analysis of 1995 and 1996 Data

A. Bueno, R. Cousins, A. Krasnoperov, P. Nédélec, Yu. Nefedov, A. Rubbia, D. Sillou, V. Valuev, T. Vinogradova, Memo n° 98-016

The PADS t to one prong inclusive hadron channel analysis of the 95, 96 and 97 data

A. Bueno, P. Nédélec, Y. Nefedov, A. Rubbia, D. Sillou, V. Valuev, Memo n° 98-025

The PADS $t \rightarrow e$ analysis of the 1995, 1996, and 1997 Data

A. Bueno, R. Cousins, P. Nédélec, Yu. Nefedov, A. Rubbia, D. Sillou, V. Valuev, T. Vinogradova, Memo n° 98-026

Study of electron identification efficiency in NOMAD

A. Krasnoperov, D. Sillou, V. Valuev, Memo n° 99-007

Update of the PADS t to one prong inclusive hadron channel analysis (95, 96, 97 and 98 Data)

A. Bueno, P. Nédélec, Yu. Nefedov, J. Rico, A. Rubbia, D. Sillou, V. Valuev, Memo n° 99-013

Voir aussi liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

Recherche des hadrons exotiques neutres

Le laboratoire est impliqué de longue date dans la recherche de hadrons exotiques neutres (NA12, 1978). Ce programme s'est achevé en 1993. Le détecteur de photons patiemment optimisé pour cette recherche a alors été démonté pour être mis en œuvre sur le spectromètre OMEGA du CERN, plus particulièrement optimisé pour la détection des particules chargées. Ceci a permis d'entreprendre une recherche de mésons non $q\bar{q}$ en production centrale $p-p$ à 450 GeV dans le cadre d'une nouvelle collaboration appelée WA102.

Recherche des mésons non qq en production centrale dans la collision p-p à 450 GeV (GAMS - WA102)

Participation du LAPP

Physicien : J.P. Peigneux

Visiteurs : A.Kondashov (IHEP-Protvino,PICS576), A. Singovski (IHEP-Protvino), A.Sobol (IHEP-Protvino, PICS 576)

Collaboration

Collaboration internationale : LAPP Annecy, Université d'Athènes, IISN Belgique, Université de Birmingham, CERN Genève, JINR Dubna, LANL Los Alamos, Université de Manchester, IHEP Serpukhov, KEK Japon.

Dates clés

- 1994 : Acceptation de l'expérience
- 1995 : Début de la prise de données
- 1996 : Fin de la prise de données
- 1997-1999 : Analyse

Abstract

The GAMS Collaboration was involved in neutral exotic mesons and glueballs searches for several years with its two set-ups GAMS 4000 at CERN (central production) and GAMS-4p at Serpukhov (charge exchange production). The collaboration has stopped its data taking at CERN by the end of 1992 (NA12/2) to merge the possibilities of its main neutral detector GAMS 4000 with the charged particles facilities provided near the OMEGA spectrometer by the WA91 Collaboration. A proposal submitted to the committee for the joint program has been approved under WA102 in September 1994. A full data taking program with the combined detections (charged and neutrals) has been carried out until 1996 and 500 millions of events have been recorded in 1995 and 1996. The collaboration analyses the corresponding data, 14 papers have already been published, 5 are under preparation. This fruitful activity is supported by the IN2P3 through the International Program of Scientific Cooperation (PICS 576).

La collaboration GAMS est impliquée dans la recherche des mésons neutres et des états exotiques-gluoniques depuis plusieurs années avec deux dispositifs expérimentaux : GAMS 4000 au CERN et GAMS 4π à l'IHEP de Serpukhov. Au CERN le programme expérimental est passé par plusieurs étapes depuis l'étude des systèmes de mésons neutres produits dans les réactions d'échange de charge π-p à 100 GeV (expérience NA12), jusqu'à l'étude des productions centrales pion-proton et proton-proton à 300 et 450 GeV, soit en modes de désintégration purement neutres, avec GAMS 4000 seulement (NA12/2), soit pour les productions centrales p-p à 450 GeV, étudiées avec un dispositif optimisé plus universel (modes neutres et chargés), constitué du spectromètre OMEGA associé à GAMS 4000 (WA91,WA102).

L'expérience WA102 a eu deux périodes de prise de données efficaces en 1995 et 1996 durant lesquelles 500 millions d'événements ont été collectés avec le trigger central. L'expérience est maintenant en phase d'analyse. Quatorze publications ont déjà été faites et cinq doivent bientôt paraître. L'expérience a présenté des données en production centrale de différents systèmes se désintégrant en différents modes et notamment en π-π, 4π, KK, η-π-π, φ-φ, avec des statistiques excédant celles des expériences précédentes en productions centrales.

Parmi les résultats principaux obtenus par WA102 on peut citer une définition non ambiguë des nombres quantiques de l'état énigmatique f1(1710) (Fig. 1), détecté en mode lepton-lepton et pion-pion, la mesure précise des rapports de branchement des mésons vecteurs f1(1285) et f1(1420), l'investigation détaillée des mésons scalaires dans la zone de

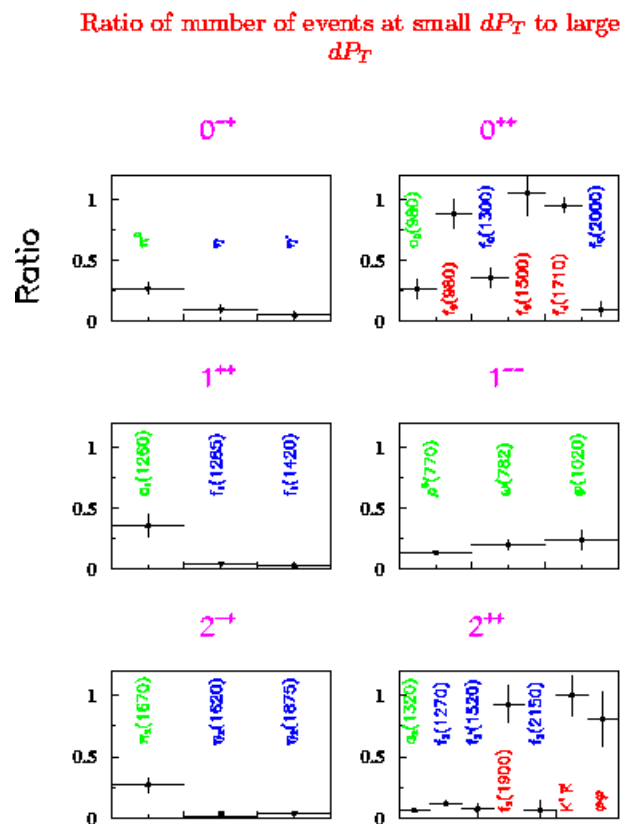


Fig 1 : L'onde S0 déterminée par l'analyse en ondes partielles du système K+K

masse de 1 à 2 GeV à travers leurs désintégrations en π-π, 4π, KK, η-η incluant une analyse en canaux couplés, la définition

de la position des pôles et les rapports de branchement. La compréhension actuellement admise du "glueball" scalaire est que cet état prédit dans la région de masse des 1.5 GeV est fortement mélangé avec ses voisins $q\bar{q}$ et qu'il ne peut être détecté que comme une adjonction de "glue" dans des états quark-quark. En conséquence les nouveaux résultats de WA102 sur la structure du nonet scalaire sont très importants pour l'investigation de la matière gluonique.

De plus, de nouveaux effets en liaison avec la dynamique de la production centrale ont été observés. Le premier est la dépendance de la production des résonances avec la différence de moment transverse des particules échangées (dP_T). Le second est une différence de distribution en angle azimutal ϕ pour différents états finaux, où ϕ est l'angle entre les deux vecteurs impulsions transverses P_T des deux protons. Ces deux variables ne devraient pas jouer un rôle important pour un effet naïf de double échange qui se factorise, et les distributions en P_T et en ϕ devraient alors être plates. Or les distributions observées ne le sont pas (Figures 2 et 3).

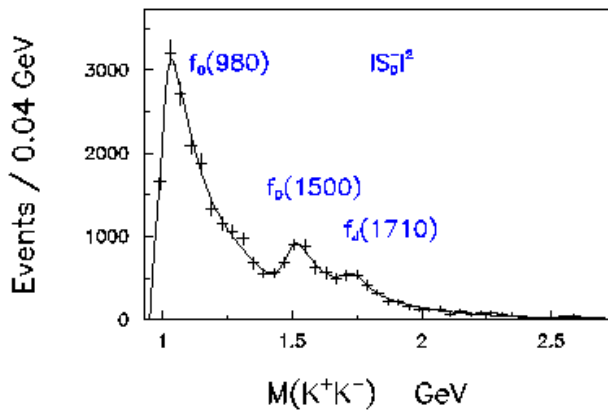


Fig. 2 : Importance relative des résonances de $dP_T < 0.2$ et $dP_T > 0.5$ GeV.

Le modèle proposé par Close et Kirk suppose que la dépendance en P_T est due à un couplage à deux gluons avec l'état final. Dans ce modèle le pomeron est un système gluonique singlet de couleur et si un gluon est échangé entre des pomerons, alors un état gluonique est produit, alors que si on échange un quark, c'est un état $q\bar{q}$ qui est produit. Une faible différence dans les impulsions transverses des deux

Resonance production as a function of ϕ

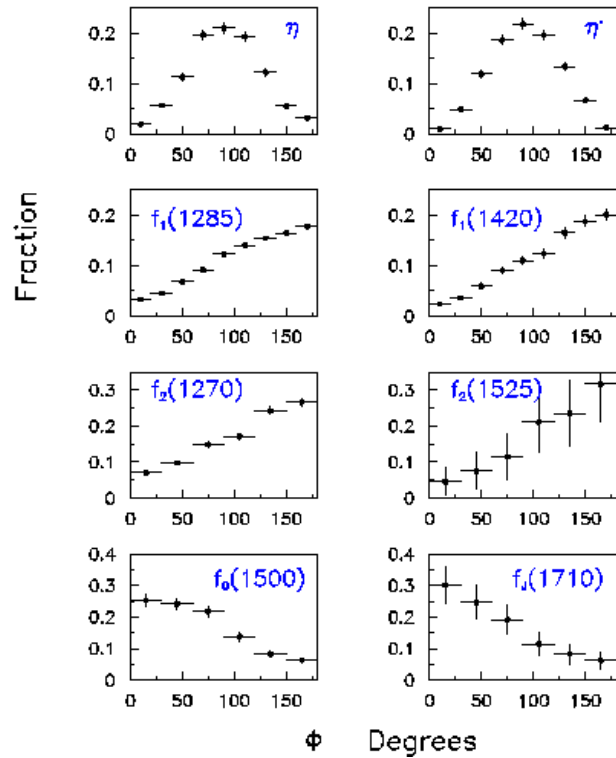


Fig. 3 : Production de diverses résonances en fonction de ϕ , l'angle azimutal entre les protons rapides et lents

particules échangées devraient favoriser cinématiquement l'échange de gluons et conduire à la production d'états gluoniques. En appliquant ce modèle aux spectres expérimentaux en P_T de la Fig. 3, on en conclut que les états $f_0(980)$, $f_0(1500)$, $f_0(1710)$ et $f_2(1900)$ sont des états à composante gluonique renforcée.

Plusieurs papiers ont été publiés sur l'effet en ϕ . Tous s'accordent pour reconnaître que la particule échangée doit avoir un état angulaire (J) supérieur à 0 et que $J=1$ est l'explication la plus simple. En utilisant une analogie avec les collisions $\gamma^* \gamma^*$, Close et Schuler ont calculé la dépendance en phi pour la production de résonances avec différents JPC. Les dépendances observées sont en bon accord avec les prédictions.

Voir liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

Matière nucléaire

La physique des interactions nucléaires à haute énergie s'est développée au CERN à partir de 1986 avec la mise en œuvre des premiers faisceaux d'ions lourds de haute énergie. En changeant la nature des ions accélérés (oxygène, soufre puis plomb) on a pu produire des interactions mettant en jeu des densités d'énergie de plus en plus élevées. Le LAPP a participé aux programmes NA38 suivis de NA50 puis NA52 qui ont permis de mettre en évidence les premiers signes tangibles de la formation du plasma de quarks et de gluons.

Production de dimuons dans les collisions Pb-Pb à 160 GeV/Nucléon (NA50)

Participation du LAPP

Physicien : C. Baglin

Ingénieurs : M. Alexeline, M. Forlen

Collaboration

Collaboration internationale : LAPP Annecy, IAP Bucarest, INFN Cagliari, LPC Clermont Ferrand, CERN Genève, LIP Lisbonne, IPN Lyon, INR Moscou, IPN Orsay, LPNHE Palaiseau, IRES Strasbourg, INFN Univ. de Turin, Univ. de Yerevan

Dates clés

1994 : Démarrage de l'expérience

Abstract

The NA50 experiment is running at the CERN-SPS to study the production of dimuons in Pb-Pb collisions at 160 GeV/nucleon. It is based on the NA38 previous experimental apparatus, with the addition of a zero degree calorimeter and a multiplicity detector. Anomalous J/ψ production has been observed.

Introduction

On s'attend à ce que les interactions Pb-Pb à 160 GeV par nucléon réalisent des conditions thermo-dynamiques favorables à la formation du plasma de quarks et de gluons (QGP) : densités d'énergie un peu plus élevées, volume plus important, meilleure thermalisation dans la collision de deux noyaux identiques. Les signatures recherchées pour la production du plasma de quarks et de gluons (QGP) sont les mêmes qu'à NA38. Mais l'appareillage a été amélioré par l'addition d'un calorimètre rapide à zéro degré (ZDC) (en plomb et fibre de quartz), qui permet de mesurer l'énergie totale déposée par le faisceau dans le noyau cible, et d'un détecteur de multiplicité (MD) en silicium à granularité fine ($\Delta h = 0.02, \Delta\phi = 10^\circ$) à 12000 canaux couvrant l'intervalle de rapidité $1.6 < \eta < 4$ avec une résolution de 5 %. La détection de la ciblette où a lieu l'interaction est faite au moyen d'un système de compteurs Cherenkov à lames de quartz, seul capable de supporter la dose de radiation élevée.

En 1998 la collaboration NA50, à laquelle le LAPP participait, a progressé sur trois fronts :

- nouvelle prise de données Pb-Pb à 158 GeV,
- nouvelle analyse des données de 1996
- amélioration de l'appareillage.

Nouvelle analyse des données de 1996

Une nouvelle analyse des données a été menée sous l'impulsion d'un groupe du DAPNIA de Saclay, nouveau venu à NA50, et composé de 5 physiciens dont trois firent leur thèse de doctorat au LAPP : A. Baldisseri, H. Borel et F. Staley. Ils ont proposé de comparer les sections efficaces J/ψ à celles de Drell-Yan déduites des événements de biais minimum, au lieu de celles de Drell-Yan mesurées directement dans l'expérience. Il en résulte une nette amélioration de la précision statistique. La figure 1 montre clairement la présence

d'un seuil pour la suppression anormale du J/ψ dans les collisions centrales, ce que l'on peut considérer comme une forte indication de la présence d'une phase quark-gluon déconfinée.

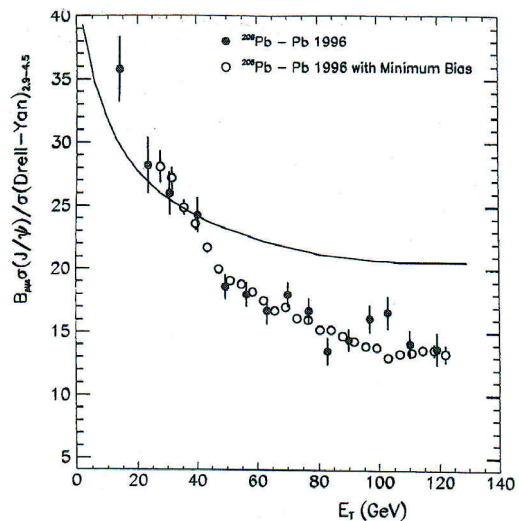


Fig. 1 : Comparaison des rapports $\sigma_{J/\psi}/\sigma_{Drell-Yan}$ and $\sigma_{J/\psi}/\sigma_{Drell-Yan}^{min-bias}$ pour les événements de type Drell-Yan mesurés directement et déduits des événements de biais minimum.

Amélioration de l'appareillage

En vue de l'obtention d'une plus grande résolution en masse dans la région des résonances ρ ω ϕ , NA50 se propose de placer les cibles dans un spectromètre de vertex à pixels de silicium: $50 \times 300 \mu\text{m}^2$. Avec cet objectif, deux runs de trois jours chacun ont été effectués au CERN en avril et en novembre 1998, en faisceau de protons et de Pb respectivement. L'appareillage standard de NA50 était complété par un spectromètre de vertex réduit à 60000 pixels. Pratiquement,

ceci entraînait néanmoins le doublement du volume de données pour chaque événement. Le groupe du LAPP avait la maîtrise de l'électronique de lecture VME des pixels et du système d'acquisition. La figure 2 montre le spectromètre

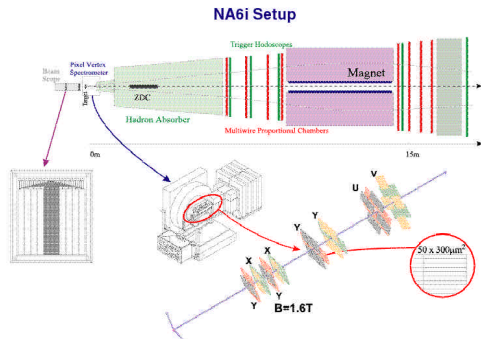


Fig. 2 : Spectromètre de vertex complet

de vertex complet. La figure 3 montre les résultats de l'analyse des données du test d'avril, en haut le spectre de masse des dimuons mesuré par le spectromètre standard seul; en bas le même spectre tenant compte de l'information donnée par le spectromètre de vertex à pixels : le pic du ϕ apparaît clairement tandis que celui du ω émerge au-dessus du large pic du ρ . L'analyse des données Pb est en cours.

La participation du LAPP à cette expérience a pris fin en 1999.

Liste de publications et communications à des conférences en fin de rapport.

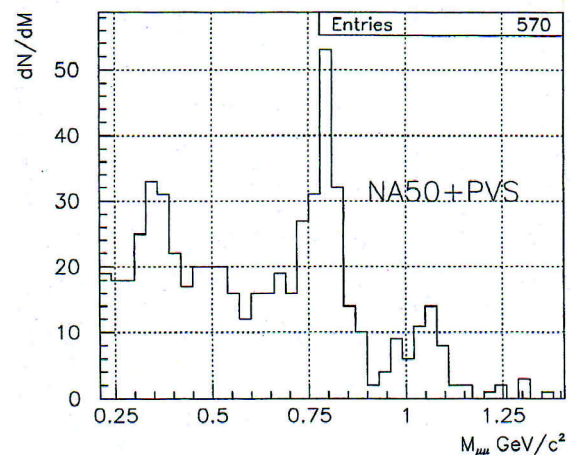
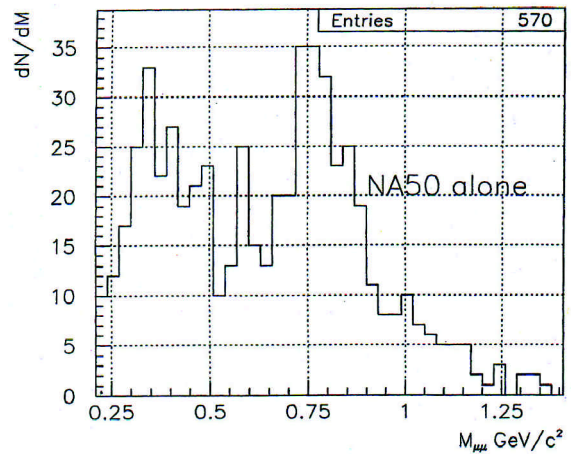


Fig. 3 : Spectre de masse des dimuons pour les collisions p-Be pour un échantillon représentatif de 570 événements : en haut pour NA50 seulement, en bas en ajoutant l'information du spectromètre de vertex à pixels.

Particules et noyaux dans l'univers

Cette thématique de recherche, qui s'exerce hors accélérateur, a débuté au laboratoire dans les années 90. Elle traite deux questions fondamentales :

- la détection directe des ondes gravitationnelles avec un interféromètre géant en construction à Cascina (Italie) dans le cadre d'une collaboration franco-italienne;*
- la recherche d'antimatière dans l'univers avec l'expérience AMS qui sera embarquée sur la station spatiale ISS à l'horizon 2004.*

Expérience de recherche d'ondes gravitationnelles : VIRGO

Participation du LAPP

Physiciens: B. Mours, D. Buskalic, R. Flaminio, F. Marion, L. Massonnet, R. Morand, D. Verkindt, M. Yvert

Ingénieurs, Techniciens : F. Bellachia, D. Boget, F. Cadoux, T. Carron, F. Chollet, G. Daguin, P.Y. David, D. Dufournaud, G. Gaillard, L. Giacobone, C. Girard, R. Hermel, J.C. Lacotte, J.C. Le Marec, B. Lieunard, S. Malosse, A. Masserot, P. Mugnier, R. Sottile

Visiteurs : P. Puppo, V. Sannibale

Doctorants : L. Derome

Stagiaires : B. Bataillou, T. Gourdin, D. Merkel, C. Mugnier, J. Milan

Collaboration

Collaboration franco-italienne : LAPP Annecy, INFN Florence, INFN Frascati, IPN Lyon, INFN Naples, OCA Nice, LAL Orsay, ESPCI Paris, INFN Perugia, INFN Pise, INFN Rome

Dates clés

1989 : proposition de réaliser VIRGO

1993 : Accord CNRS/INFN

1996 : Ouverture du chantier à Cascina

2000 : fin d'installation de l'interféromètre central

2002 : fin d'installation de VIRGO

Abstract

The construction of a large Michelson Interferometer for the detection of gravitational waves has been decided by CNRS and INFN. The main activities of the Annecy group have been the design of the central building vacuum chamber with the realization of a full scale lower tower prototype in Annecy, the R&D activities for the photodetection system and its associated optical elements, the data acquisition, the calibration and the simulation.

L'expérience VIRGO

L'objectif de l'expérience est de mettre en évidence - de façon directe - l'existence des ondes gravitationnelles, prédites il y a plus de 80 ans par Einstein comme une conséquence de la théorie de la relativité générale. L'intérêt d'une telle mise en évidence est multiple : non seulement elle conforterait davantage la théorie de la relativité générale mais ce serait le premier élément d'analyse des propriétés de la particule d'échange de la force gravitationnelle, le graviton. De plus, elle ouvrirait une nouvelle voie d'exploration de l'univers; les astrophysiciens attendent en effet des ondes gravitationnelles des informations sur des régions cosmiques très denses et très éloignées.

Des ondes gravitationnelles sont émises lorsque des masses sont accélérées d'une façon non symétrique. Ces ondes induisent une «déformation de l'espace» conduisant à une modification Δl de la distance l entre deux points. La perturbation de la métrique $h = (2 \Delta l)/l$ et l'énergie rayonnée correspondante sont non négligeables lorsque masses et accélérations mises en jeu sont très grandes. Avec les technologies actuelles on ne peut espérer engendrer en laboratoire des ondes gravitationnelles conduisant à des effets mesurables. En fait les espoirs sont tournés vers trois types de sources astrophysiques:

- l'explosion d'une supernova ou la création d'un trou noir, phénomènes brefs (quelques millisecondes) pour lesquels

h est évalué à environ 10^{-23} pour une supernova explosant à une distance de 10 Mpc (amas de galaxies de la Vierge).

- la rotation asymétrique d'un objet massif et compact tel qu'une étoile à neutron. Le signal correspondant est très petit (h est inférieur à 10^{-24} pour le pulsar du Crabe par exemple) mais présente l'avantage d'être toujours présent car périodique.
- la coalescence d'un système binaire d'étoiles à neutrons ou de trous noirs. Ce phénomène est la source la plus prometteuse d'ondes gravitationnelles car il présente un signal très caractéristique. Le taux attendu est de quelques événements par an dans un rayon de 100 Mpc.

La mesure d'un changement relatif de distance inférieur à 10^{-21} entre deux points est une expérience délicate envisagée depuis de nombreuses années. L'idée de base du détecteur VIRGO consiste à prendre comme distances de référence les longueurs des bras d'un interféromètre de Michelson. Les élongations asymétriques induites par une onde gravitationnelle dans deux directions X et Y sont alors mesurées comme une variation de phase entre les faisceaux lumineux se propageant dans les deux bras.

La sensibilité de l'expérience sera de $h \sim 3 \cdot 10^{-23}/\text{Hz}^{-1/2}$ au dessus d'une centaine de hertz; elle est alors limitée par le bruit de photons du faisceau laser. Elle sera atteinte en insérant dans chacun des bras longs de 3 km une cavité Fabry-Perot de finesse 50 pour porter la longueur effective des bras à une

centaine de kilomètres, et en utilisant la technique du recyclage pour obtenir une puissance lumineuse sur la lame séparatrice de l'interféromètre d'environ 1 kW. A plus basse fréquence la sensibilité est limitée par l'agitation sismique et thermique des miroirs.

Cet interféromètre est découplé du bruit environnant en étant suspendu dans l'ultra vide : la suspension de ses composants les découple du bruit sismique, l'ultra vide les isole du bruit acoustique et supprime les perturbations dans la propagation du faisceau lumineux. Des suspensions de plusieurs étages sont installées dans des tours dont la hauteur dépend de la qualité de l'isolation sismique requise. Le composant optique qui représente la charge utile de la suspension est suspendu dans la partie basse de ces tours. Ces bas de tours raccordent les segments constitutifs de l'interféromètre.

La fin de la construction sur le site de Cascina, au voisinage de Pise, et le démarrage de la prise de données sont prévus pour la fin de l'année 2002. L'année 2000 représentera une étape importante dans le processus de mise au point du détecteur: elle correspond à l'achèvement d'une première phase de construction permettant d'entreprendre le test de l'interféromètre, dans une configuration simplifiée par rapport au dispositif final.

Contribution du LAPP

Les responsabilités du LAPP dans la réalisation de l'appareillage concernent les domaines suivants:

- l'étude et la réalisation des enceintes à vide du bâtiment central et des tours d'extrémité,
- l'étude et la réalisation de l'ensemble de détection du signal,
- les stations de travail, le système d'horloges, les cartes de transmissions numériques, l'imagerie,
- le système d'acquisition de données,
- la calibration de l'interféromètre,
- certains logiciels de l'expérience (simulation, visualisation de données...).

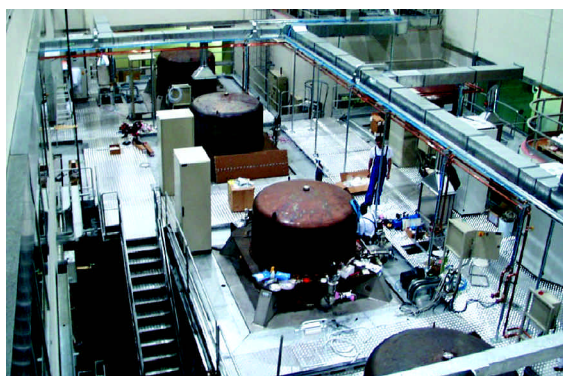
Activités 97/99

Enceintes à vide

Les enceintes à vide qui abritent les composants optiques et leurs systèmes de suspension doivent satisfaire un certain nombre de critères : grand volume, rigidité mécanique, transformation en salle blanche lors de l'installation des optiques, qualité du vide (pression $<10^{-8}$ mbar et absence d'hydrocarbures). Les activités principales du groupe du LAPP ont été :

- Suivi de construction et installation sur le site de la chambre à vide centrale de l'interféromètre. Ceci comprend le suivi de fabrication des multiples composants («bas de tour», tubes de liaison, hublots, système d'étuvage, structure entourant l'enceinte à vide, viroles). L'installation comprend l'assemblage sur le site avec en particulier l'alignement des différents éléments. L'ensemble de la partie ultravide a été étuvé pendant l'été 1999. La pression totale atteinte après étuvage a été de 8.10^{-10} mbar et inférieure à 10^{-14} mbar pour les hydrocarbures.

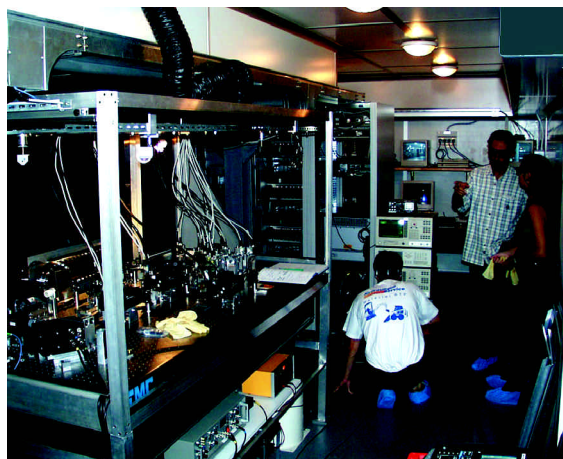
- Suivi de fabrication et mise en place du système de vide différentiel entre la partie basse et la partie haute de la tour.
- Suite à l'expertise acquise au LAPP, suivi de la définition des salles blanches de l'expérience, participation à l'implémentation dans VIRGO de la procédure de mise en place des miroirs en collaboration avec le groupe de Rome. Etudes et suivi de fabrication des outillages servant à manipuler les objets introduits dans les bas de tour. Réalisation des premières mise en place (banc de détection dans la tour).



Vue partielle de la chambre à vide centrale à Cascina. Au milieu des structures et des fours, on distingue les dômes de quatre bas de tour (du haut vers le bas : tour entrée du bras ouest, séparatrice, recyclage de signal, détection).

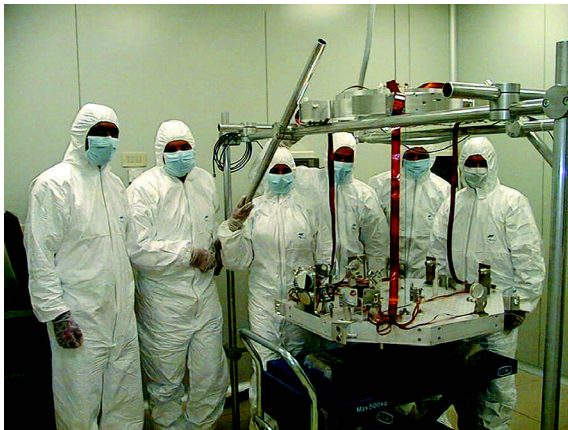
L'ensemble de détection

L'ensemble de détection doit pouvoir fonctionner avec une excellente efficacité quantique, une puissance lumineuse de l'ordre du watt, et un bruit électronique inférieur au bruit de photon. Il comprend une partie optique importante. Après avoir développé et testé au cours des années précédentes un certain nombre de composants optiques tels que la cavité Mode Cleaner, l'accent a été mis pendant les années 97-99 à la réalisation et l'intégration au LAPP de l'ensemble complet du système de détection puis son installation sur le site à la fin de l'été 1999. Les réalisations principales de ces deux années ont été:



Le banc de détection (banc 'externe') installé à Cascina.

- Réalisation de l'ensemble des montures optiques allant sous vide (banc interne).
- Définition et mise en place de l'ensemble des optiques des bancs interne et externe.
- Développement et réalisation de l'ensemble de l'électronique bas bruit et large bande associée aux photodiodes.
- Le développement des programmes temps réel de lecture des cartes électroniques de conversion analogique numérique des signaux produits par les photodiodes.
- Le développement des logiciels de contrôle de l'électronique du banc de détection.
- L'amélioration du système de contrôle de position du banc de détection. Ce système comprend des photodiodes «quadrant» et leur électronique analogique ainsi que des caméras numériques.



Le banc de détection (banc 'interne') préparé en salle blanche.

Composants «standards»

Pour le fonctionnement de l'expérience, un certain nombre de composants «standards» sont fournis par le LAPP. Ils ont rendu nécessaire :

- Le développement du système de distribution de signaux d'horloges (cartes VME et logiciel).
- La fourniture de châssis VME, de processeurs VME et des outils logiciels associés.

- La fourniture de caméras numériques, le développement d'une nouvelle interface VME associée et la poursuite du développement des logiciels correspondants.
- La fourniture du système de vidéo analogique.
- La fourniture des moyens de calcul du site (stations de travail, serveur de fichiers, terminaux).

L'acquisition des données

L'acquisition des données doit fonctionner en mode continu en collectant une grande quantité d'informations (quelques MBytes/sec) sur plusieurs sites distants (3 km). Les réalisations principales ont été pour ce sujet:

- Le suivi d'un format de données développé au LAPP qui a été adopté par tous les grands projets de détecteurs d'ondes gravitationnelles (GEO, LIGO, TAMA, VIRGO).
- La réalisation d'un système de lecture des données fonctionnant en continu.
- Le développement du système d'assemblage des données et du système de sélection.
- La mise au point d'un outil de visualisation des données («data display»).

Logiciels

Enfin, de multiples outils logiciels ont été développés pour préparer l'analyse des données:

- Le programme de simulation a atteint sa maturité. Il est maintenant couramment utilisé pour l'étude des systèmes de contrôle de l'interféromètre ou la génération de données test pour les programmes d'analyse.
- Les préparatifs pour la calibration de VIRGO ont été centrés sur l'étude d'outils logiciels pour corriger les effets instrumentaux et 'reconstruire' la valeur de h .
- Un environnement d'analyse interactif (Vega) a été développé.
- Un algorithme de recherche de coalescence binaire a été mis au point.

Liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

Expérience AMS

Participation du LAPP

Physiciens : J.P. Vialle, B. Ronceux, J. Favier, R. Flaminio, R. Kossakowski

Ingénieurs : N. Fouque, V. Hermel, C. Girard, F. Cadoux

Stagiaire : D. Stubert

Collaboration

Collaboration internationale regroupant 47 instituts dont 2 laboratoires français : LAPP Annecy et ISN Grenoble.

Dates clés

Janvier 1998 : Transport du détecteur pour la phase 1 à Kennedy Space Center

2 Juin 1998 : Décollage de la navette DISCOVERY transportant AMS pour 11 jours

Mai 2003 : Installation du détecteur phase 2 sur la station orbitale internationale ISS pour 3 à 5 ans

Abstract

The AMS detector will be the first magnetic spectrometer launched in space for a long duration. A precursor flight on the shuttle DISCOVERY took place in June 1998 to check the technical feasibility. For this flight, AMS was equipped with a permanent magnet weighting about 2 tons, with a $BL^2=0.15 \text{ Tm}^2$ and with an acceptance of $\sim 1 \text{ m}^2\text{Sr}$. Though it was only a technological flight, AMS was able to collect 100 millions of cosmic rays and to get surprising new physics results. For this flight, the LAPP group was involved in the design and construction of the aerogel Cerenkov detector for the identification of positrons and antiprotons.

For the second phase AMS will be installed in may 2003 for 3 years on the international space station ISS. It will be equipped with a superconducting magnet of 0.86 Tm^2 bending power, a silicon tracker, a time of flight system, a transition radiation detector, a RICH counter, and a lead-Scifi electromagnetic calorimeter. AMS will therefore be able to measure with high precision and high statistics the charged cosmic ray fluxes, including light nuclei and their isotopes up to the oxygen, improving our knowledge of spectra by 3 to 5 order of magnitudes. This high sensitivity will allow to search for primordial antimatter (related to CP violation), for non-baryonic dark matter, and will allow to constrain cosmological models, giving a link between infinitely small (particle physics) and infinitely large (cosmology). For this second phase, LAPP shares major responsibilities in the design and construction of the electromagnetic calorimeter.

L'instrument AMS est un spectromètre magnétique de grande acceptance ($0.82 \text{ m}^2\text{Sr}$). Il permet pour chaque rayon cosmique chargé de mesurer les paramètres cinématiques (impulsion et direction), la charge, le signe de l'objet, et sa masse. Il permet ainsi de déterminer la nature de chaque rayon cosmique. De plus, la redondance des mesures faites sur chaque objet permet d'avoir des taux de réjection des fausses identifications extrêmement élevés : le taux d'erreur sur le signe de la charge d'un noyau est inférieur à 10^{-10} . Ce sera la première fois qu'un spectromètre magnétique sera mis sur orbite autour de la terre et envoyé dans l'espace pour une longue durée (3 ans sur la future station orbitale internationale).

AMS permettra de mesurer avec une grande précision et sur une large bande d'énergie les flux et les spectres en énergie des particules cosmiques chargées : électrons, positrons, protons, antiprotons, noyaux légers jusqu'à l'oxygène avec leur nature isotopique, et éventuellement antinoyaux. Le domaine d'énergie atteindra 5 TeV pour les électrons, les positrons et les protons.

Pour chacun de ces types de particules, AMS permettra de gagner plusieurs ordres de grandeur par rapport aux mesures existantes. Ainsi par exemple seulement 600 antiprotons ont été observés par l'ensemble des expériences d'astroparticules depuis 40 ans, ce qui ne permet aucune contrainte sur un modèle cosmologique (Leaky box, DR, ...)

alors qu'AMS devrait enregistrer plus de 500 000 antiprotons.

Les mesures faites par AMS apporteront une contribution fondamentale sur 3 grandes questions actuelles : l'existence d'univers d'antimatière, l'existence de matière noire non-baryonique, et les modèles décrivant les mécanismes des galaxies.

Existe-t-il des univers d'antimatière? Les mesures faites aujourd'hui, essentiellement par des expériences en ballon, n'ont pas une sensibilité suffisante pour espérer répondre à cette question. Or, l'absence d'univers d'antimatière implique une violation de CP (et une violation du nombre baryonique ce qui n'a jamais été observé) à un niveau tel qu'il devient incompatible avec le modèle standard (SM), et avec le modèle supersymétrique minimal (MSSM, en tenant compte des résultats récents sur la masse minimum du boson de Higgs). L'existence ou non d'antimatière cosmique a aussi des conséquences drastiques sur le modèle du Big-bang et l'inflation. L'observation d'un seul noyau d'antimatière (Hélium ou Carbone) serait en soit une découverte extraordinaire. Mais en cas de non-observation, AMS porterait le rapport antimatière sur matière à 10^{-9} , alors que les expériences en cours ne pourront descendre au-dessous de 2.10^{-6} (AMS a atteint 10^{-6} dès le vol précurseur) et les expériences projetées ne pourront pas faire mieux que 10^{-7} .

Les mesures cosmologiques montrent que la matière noire ne peut pas être entièrement de nature baryonique. Un candidat à la matière noire est le neutralino, particule supersymétrique neutre la plus légère prédite par le MSSM. La matière noire pourrait se manifester par les produits secondaires des annihilations neutralino-antineutralino dans le halo des galaxies : positrons, antiprotons, ou gammas. La capacité de découverte de particules supersymétriques et de matière noire dépend beaucoup des paramètres du modèle MSSM. L'observation demande beaucoup de précision car les positrons et les antiprotons peuvent aussi être produits par les collisions des protons cosmiques sur la matière galactique. Les produits d'annihilation des neutralinos seraient donc vus comme des distorsions des spectres des particules secondaires des collisions de protons cosmiques. Les quelques dizaines d'antiprotons et de positrons observés à ce jour ne permettent pas d'apporter de réponse. AMS devrait mesurer près de 10^8 positrons (jusqu'à 5 TeV d'énergie) et environ 500 000 antiprotons, en même temps que les protons et électrons, permettant des rapports de flux en fonction de l'énergie très précis.

AMS 02

IN CARGO BAY

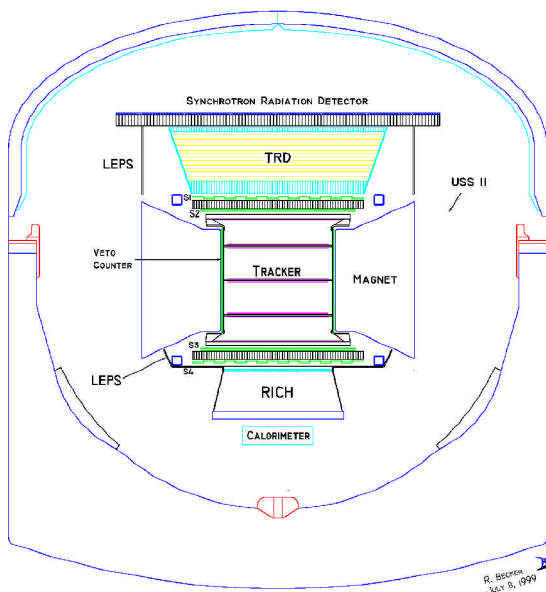


Fig. 1 : Schéma d'AMS02 dans la soute de la navette spatiale

AMS mesurera les flux de noyaux légers isotope par isotope avec une grande précision jusqu'à l'oxygène. Ces mesures représentent une étude systématique des rayons cosmiques chargés. La mesure précise des rapports D/p, He3/He4, Li6/Li7, Be10/Be9 est essentielle pour la compréhension de nombreux phénomènes dans notre galaxie : vent galactique, confinement, fixation des paramètres des modèles. AMS pourrait aussi mesurer les rayons gammas de haute énergie, typiquement de 1 à 300 GeV, et ainsi couvrir le trou dans la gamme d'énergie entre les expériences satellites qui vont jusqu'à 20 GeV, et les expériences terrestres qui sont sensibles au-dessus de 200 GeV.

AMS est construit pour mesurer les paramètres suivants :

- La charge Q à partir des pertes d'énergie dE/dx des particules dans le détecteur de traces au silicium et dans les compteurs à scintillation.
- L'impulsion et le signe des particules chargées par la mesure de leur déflexion dans le champ magnétique grâce aux 8 plans de détecteur de traces au silicium. La résolution sera typiquement $\Delta P/P \cong 1,5\%$ pour une particule de 10 GeV/c. L'énergie des particules électromagnétiques sera mesurée par le calorimètre.
- La vitesse β par le détecteur Cerenkov RICH, et donc les masses des particules en associant cette mesure à celle de l'impulsion des traces correspondantes.
- La nature des particules sera signée par les mesures de temps de vol et d'ionisation, par le calorimètre et le détecteur à radiation de transition pour les électrons/gammas de haute énergie, et par le détecteur RICH pour les noyaux légers.

Le vol précurseur de 11 jours (phase 1) sur la navette spatiale américaine DISCOVERY en juin 1998 a permis de tester l'environnement spatial, de donner une limite meilleure que les limites actuelles sur les rapport antihélium/hélium (Fig. 2), et d'obtenir des résultats surprenants, à savoir que des particules (protons, électrons, hélium) sont piégées par le champ magnétique terrestre et forment un anneau autour de l'équateur. A ce niveau, on trouve 3 à 4 fois plus de positrons que d'électrons, et si on trouve aussi de l'hélium, il s'agit de l'isotope 3! (Fig. 3)

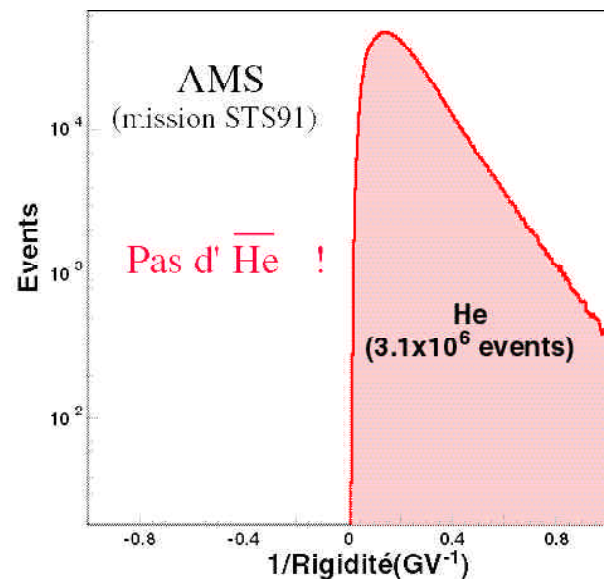


Fig. 2 : Si He et $\bar{\text{He}}$ ont le même spectre, alors le rapport $\bar{\text{He}}/\text{He}$ est $< \sim 1.1 \cdot 10^{-6}$ jusqu'à 140 GeV

Dans cette première phase, les laboratoires français de l'ISN Grenoble et du LAPP ont concentré leurs efforts sur l'identification de particules qui, pour le vol précurseur sur la navette, se faisait par un détecteur Cerenkov à seuil à radiateur aérogel. Le groupe du LAPP a assuré la conception du détecteur et la réalisation de l'électronique tandis que Grenoble a pris en charge la mécanique et le montage du détecteur.

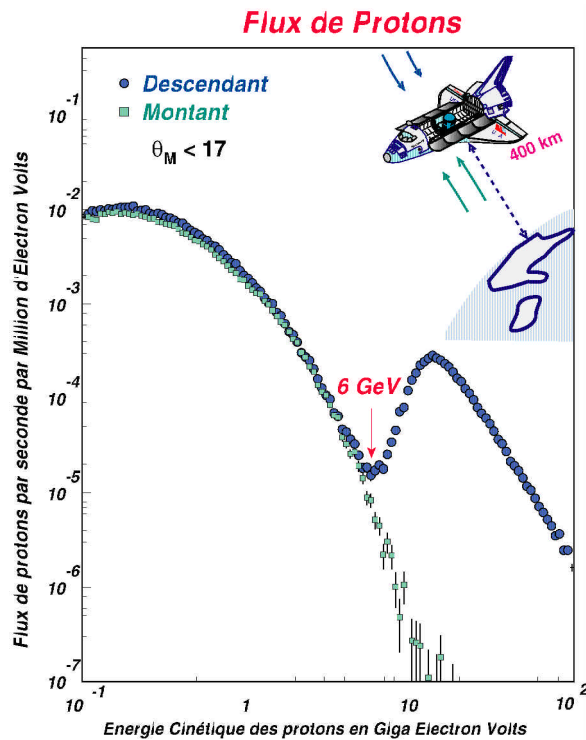


Fig. 3 : Flux relatif de protons se dirigeant vers la terre (descendant) et vers l'espace (montant) dans la région équatoriale. Comme on le voit, en-dessous de 6 GeV, les flux sont égaux

Pour la phase 2, l'équipe travaille depuis l'été 1998 sur le calorimètre électromagnétique, élément essentiel du détecteur car il doit non seulement mesurer les énergies des particules électromagnétiques et leurs directions avec une grande précision, mais il doit aussi permettre la séparation entre ces particules et les hadrons avec une réjection de 4 ordres de grandeur. Pour réaliser ceci, le choix s'est porté sur un sandwich fin de fibres scintillantes et de plomb (fig. 4), croisé chaque $2 X_0$ en profondeur, d'une profondeur de $16 X_0$. Ce système permet de mesurer à la fois les profils longitudinal et transversal de la gerbe: à chaque X_0 on mesure l'énergie déposée, la position

dans une direction, et la dimension transversale de la gerbe. Le LAPP a fait une étude systématique par simulation afin de définir les paramètres nécessaires pour atteindre les per-

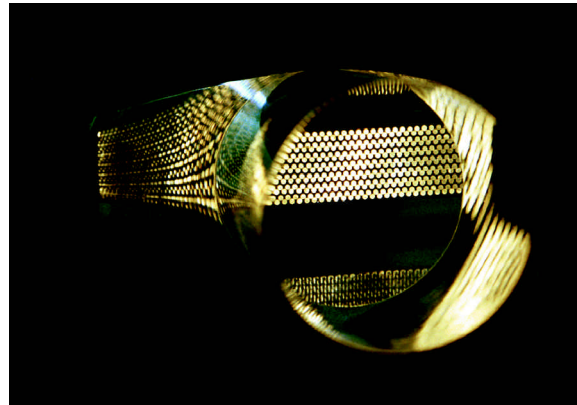


Fig. 4 : Calorimètre électromagnétique : cellule test

formances requises par AMS.

L'équipe a entrepris la construction d'un banc cosmique pour tester les prototypes de calorimètre sans avoir besoin de passer en faisceau pour les premières études. Le groupe travaille maintenant sur la mécanique du calorimètre et de son équipement afin de répondre aux contraintes très sévères des expériences spatiales. Il étudie aussi l'électronique analogique de lecture. Il a la responsabilité de la simulation et de l'analyse pour ce sous-détecteur.

Rapports AMS

Analysis of the aerogel threshold Cerenkov data from AMS flight (STS-91)

F. Barao et al., LAPP-EXP-99.06.

Voir aussi liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

La préparation des expériences au LHC

Le LHC (Large Hadron Collider) est le futur accélérateur que le CERN construira dans le tunnel du LEP et qui entrera en fonctionnement en 2005. Il s'agit d'un collisionneur protons-protons dont l'énergie, 14 TeV dans le centre de masse, en fera l'accélérateur le plus puissant au monde et auprès duquel on s'attend à récolter une grande variété de résultats.

Le nouveau domaine d'énergie ainsi ouvert doit permettre de trouver les particules «manquantes», si elles existent, du modèle standard actuel de la physique des particules. Dans ce modèle qui unifie les interactions forte, faible et électromagnétique, ont été introduits le ou les bosons de Higgs pour donner une masse à toutes les particules fondamentales (les 6 quarks, les 6 leptons et les bosons W et Z), les photons et les gluons restant sans masse. Le modèle standard contient à très haute énergie des difficultés théoriques qui peuvent être résolues par l'introduction de la supersymétrie qui associe à chaque particule de spin entier (resp. demi-entier) une particule de spin demi-entier (resp. entier). Le grand domaine d'énergie couvert par le LHC devrait permettre de mettre en évidence certaines de ces particules.

Les conditions expérimentales auprès du LHC sont difficiles. La petitesse des sections efficaces des processus que l'on veut étudier exige une grande luminosité. Les paquets de protons se croiseront toutes les 25 ns. Les détecteurs devront être très rapides. A chaque croisement se produisent environ une vingtaine d'interactions, appelées événements de biais minimal, inséparables des processus de physique recherchés. Ces mêmes détecteurs devront être aussi granulaires pour éviter d'empiler ces événements dans une même cellule de détection. Ils comporteront un grand nombre de voies. Ils devront être capables d'avoir un déclenchement très sélectif. Enfin ils devront être résistants aux radiations, car le taux très élevé de collision des paquets génère de très nombreuses particules qui traversent les détecteurs causant une forte irradiation de ceux-ci. Deux détecteurs, ATLAS et CMS, seront installés sur l'accélérateur LHC. Il s'agit de deux détecteurs complets conçus pour faire face à un large éventail de découvertes possibles.

Expérience Atlas au LHC

Participation du LAPP

Physiciens : J. Colas, B. Aubert, L. Di Ciaccio, M. Gouanère, S. Jézéquel, R. Lafaye, P. Perrodo, G. Sauvage, R. Zitoun, Y. Zolnierowski

Ingénieurs, Techniciens : J. Ballansat, J. P. Baud, P. Baudin, B. Beaugiraud, C. Billat, J. Boniface, H. Bonnefon, M. Cailles, F. Chollet, G. Dromby, N. Dumont-Dayot, C. Girard, A. Jérémie, J. Lesueur, A. Masserot, M. Moynot, G. Perrot, J. Prast, X. Riccadonna, O. Taïbi, J. Thion

Visiteurs : H. Kambara, M. El-Kacimi, A. Kaczmarska, H. Przysiezniak

Doctorants : G. Eynard, N. Massol, L. Neukermans

Stagiaires : K. Chalabi, D. Jourdain, S. Monso, L. Neukermans, A. Patin, P. Taluy

Collaboration

Collaboration internationale regroupant 140 instituts dont 7 laboratoires français: LAPP Annecy, LPC Clermont-Ferrand, ISN Grenoble, CPPM Marseille, LAL Orsay, LPNHE Université Paris 6 et 7, CEA-DAPNIA Saclay.

Dates clés

1990-2000 : Phase de R&D et construction des modules de présérie

2000-2002 : Construction du calorimètre électromagnétique

mi-2005 : Premières collisions et premières prises de données

Abstract

ATLAS is one of the two general purpose detectors accepted to study proton-proton collisions at 14 TeV at the large hadron collider to be built in the LEP tunnel at CERN. One main feature of this detector is a very fine grain liquid argon electromagnetic calorimeter specially suited for the search of the Higgs boson decays. Our laboratory, which has a great expertise in electromagnetic calorimetry, is deeply involved in building this calorimeter as well as its electronics.

Le détecteur ATLAS

Le principe de base de la physique expérimentale au LHC est l'identification et la mesure des paramètres cinématiques des électrons, photons, muons, jets et énergie transverse manquante dans un environnement hadronique très dense. La collaboration ATLAS a ainsi conçu son détecteur autour de deux choix vitaux pour la physique : un grand aimant à champ toroïdal pour reconstruire avec précision l'impulsion des muons et un calorimètre électromagnétique à argon liquide pour identifier et reconstruire les paramètres cinématiques des photons et des électrons. Ces appareillages sont complétés par un détecteur de traces qui utilise des technologies adaptées à l'environnement du LHC et un calorimètre hadronique, sandwich de fer et de scintillateurs, pour mesurer l'énergie des hadrons et filtrer les muons.

La plupart des laboratoires français se sont regroupés dans ATLAS sur la construction du calorimètre électromagnétique à argon liquide. Les avantages de cette technique de calorimétrie sont aujourd'hui bien connus : possibilité de construire un détecteur uniforme, stable dans le temps, minimisant les zones mortes, qui s'étalonne facilement et qui possède une grande résistance aux radiations. Cela s'est concrétisé dans la collaboration ATLAS par le choix d'une géométrie accordéon et d'une électronique de lecture qui permet de lire rapidement les signaux et de conserver un niveau de bruit électronique acceptable pour la physique.

Participation du LAPP à ATLAS

Le LAPP s'est largement impliqué dans la partie tonneau du calorimètre électromagnétique (figure 1) ainsi que dans l'électronique de lecture de l'ensemble du calorimètre. Un premier module prototype représentant 1/16 d'un demi-tonneau ou module 0 a été construit et testé en faisceau d'électrons ceci afin de valider les choix techniques et de pouvoir démarrer la construction de l'ensemble. Le LAPP a participé aussi à des études de simulation de processus de physique qui ont servi à optimiser le détecteur.

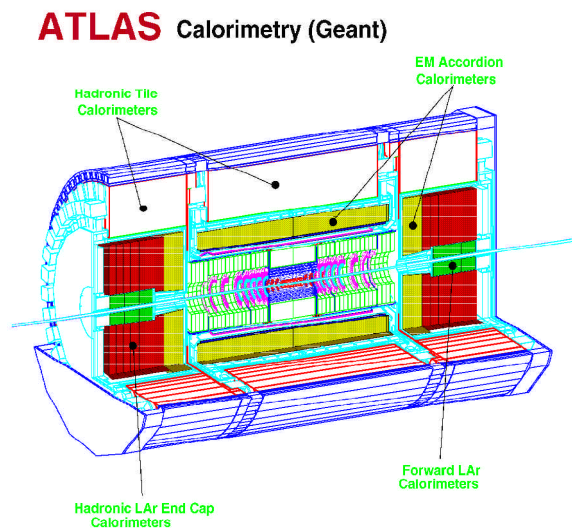


Fig. 1: Le calorimètre ATLAS

Les activités du groupe sont réparties dans les domaines suivants :

1. Simulation de processus physiques

La potentialité d'observation du boson de Higgs et de la mesure de sa masse dans la région 80-120 GeV/c² avec la production associée $pp \rightarrow t\bar{t}H, WH, ZH$ où $H \rightarrow \gamma\gamma$ a fait l'objet de la thèse de G.Eynard. La présence d'un lepton (électron ou muon) de grand moment transverse provenant de la (des) particule(s) produite(s) avec le boson de Higgs détermine la position précise du vertex de l'interaction, réduisant ainsi la contribution angulaire dans l'incertitude sur la mesure de la masse. Une vingtaine d'événements est attendue par année de prises de données en régime de haute luminosité de l'accélérateur, pour une masse du boson de Higgs de 100 GeV/c². Les nombreux bruits de fond ($pp \rightarrow \gamma\gamma, pp \rightarrow W\gamma\gamma, pp \rightarrow Z\gamma\gamma, pp \rightarrow b\bar{b}\gamma\gamma$ ou d'une manière générale tout processus menant à l'état final $\gamma\gamma + \text{lepton} + X$) donnent une faible contribution, compte tenu des pouvoirs de réjection des jets prévus pour le détecteur.

Suite aux rencontres des Houches du mois de juin 1999 sur la physique auprès des futurs collectionneurs au TeV entre expérimentateurs et théoriciens, le groupe ATLAS a choisi de s'intéresser à l'étude de la production de paires de bosons de Higgs au LHC. En plus de fournir un canal supplémentaire pour la découverte du boson de Higgs dans le cadre du modèle supersymétrique minimal, la production de paires de bosons de Higgs permet d'étudier les auto-couplages tri-linéaires du Higgs afin de mieux cerner le mécanisme de Higgs. Pour cette étude, les processus principaux de création de paire de Higgs au LHC ont été implémentés dans PYTHIA à partir des éléments de matrice, et une étude détaillée a commencé à partir de ce générateur.

2. Conception et pliage des électrodes

Le laboratoire s'est engagé dans la réalisation des grandes électrodes pliées en accordéon. La difficulté principale a résidé dans le choix de matériaux capables d'être mis en œuvre de façon homogène sur de grandes dimensions. Pour cela nous avons conçu et réalisé une machine pneumatique complètement automatisée. L'intérêt de celle-ci est multiple, elle minimise les manipulations pouvant endommager les électrodes et elle permet de plier différents matériaux aux propriétés variables. Après pliage, un cycle thermique permet de relâcher les contraintes mécaniques. Un four programmable a été acquis à cet effet. Cet ensemble permet de traiter 8 demi-électrodes par jour, ce qui est adapté aux cadences de production, de test et d'assemblage. Plus de 200 électrodes pour la mise au point et le module 0 ont été pliées à ce jour. Le projet global concerne les 4096 demi-électrodes du calorimètre central. Les contrôles électriques des électrodes pliées se feront au LPNHE à Paris et à Milan.

3. Mécanique, assemblage, câblage et tests du calorimètre central

Le calorimètre électromagnétique central à argon liquide se compose de 2 demi-calorimètres cylindriques de 60 tonnes

chacun. Chaque demi-calorimètre est supporté par 7 anneaux extérieurs en inox posés sur 2 rails fixés au cryostat contenant le calorimètre. Un demi-calorimètre se compose de 16 modules identiques couvrant chacun un secteur angulaire azimutal de 22,5 degrés. Un module est constitué de 64 absorbeurs en forme d'accordéon et de 64 électrodes. Chaque anneau support est donc divisé en 16 arceaux. Les arceaux d'un module (en fait 6 sur 7) sont fixés sur un support (backbone) permettant ensuite l'assemblage de 16 modules en un cylindre.

a) Anneaux extérieurs et intérieurs

Les anneaux extérieurs sont réalisés en plusieurs étapes : pré-usinage des rayons intérieur et extérieur à 2 mm de la cote finale, mesure de la déformation à 1,5 fois la charge nominale, usinage des rayons finals avec une précision de 0,1 mm et enfin perçage des trous pour fixer les absorbeurs du calorimètre sur les arceaux. Les 14 anneaux ont été pré-usinés, les mesures de déformation sous charge avec un bâti d'essai réalisé au laboratoire ont donné les résultats escomptés. L'usinage final des rayons pour la première série a été effectué et le perçage des trous est en cours.

Pour garantir la forme géométrique d'un module, les absorbeurs sont aussi fixés à petit rayon sur des arceaux en fibre composite (fibre de verre-époxy). Plusieurs prototypes d'arceaux internes ont été réalisés. Un banc de traction de cet arceau, réalisé par nos collègues du CERN, a été utilisé pour valider les prototypes. Les dilatations différentielles des arceaux extérieurs, des absorbeurs et des arceaux internes font qu'à froid (température de l'argon liquide) les arceaux intérieurs subissent une traction d'environ 2 tonnes. Le prototype final a été testé avec succès à une tension de plus de 3 tonnes. Le marché de l'ensemble des arceaux internes vient d'être lancé. Un gabarit de contrôle des dimensions des arceaux internes est en cours de réalisation.

b) Assemblage des modules

Pour réaliser l'empilage des 64 absorbeurs et 64 électrodes d'un module, un ensemble backbone - arceaux extérieurs est placé sur un bâti-retourneur (figure 2) étudié au laboratoire et réalisé dans l'industrie. Des gabarits permettent de positionner avec précision l'ensemble backbone - arceaux extérieurs sur le bâti-retourneur ainsi que de vérifier le positionnement des absorbeurs sur les arceaux extérieurs et intérieurs pendant l'opération d'empilage. Des espaceurs en nid d'abeille sont placés entre les absorbeurs et les électrodes pour assurer la constance de l'espace absorbeur - électrode.

Le module 0, module de présérie, a été assemblé 2 fois : la première fois avec un petit nombre d'électrodes (été 1998) et la deuxième fois avec plus de la moitié des électrodes (printemps 1999). Un certain nombre d'outillages complémentaires (outillage de manutention et de stockage des absorbeurs, faux arceaux intérieurs, outillage de maintien des électrodes pendant le montage,...) ont été réalisés pour faciliter le montage. Après empilage de chaque électrode, une série de tests permet de vérifier l'intégrité électrique des circuits, la tenue en haute tension de l'électrode montée, et de contrôler la distance entre absorbeurs au moyen d'une mesure de capacité.

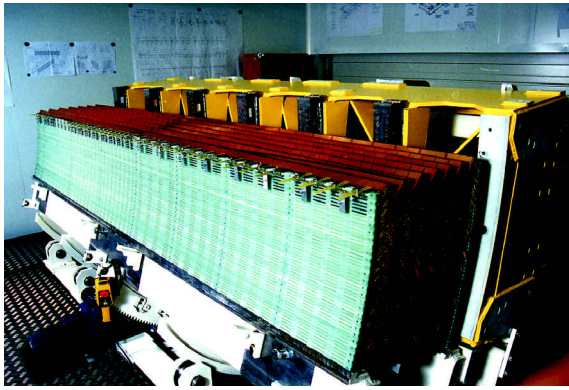


Fig. 2 : Le module 0 en cours d'empilage

c) Câblage et tests à chaud et à froid des modules

Le module de présérie a été câblé à deux reprises ce qui a permis de valider les solutions préconisées pour la fixation des câbles (patch panel) et leur protection. Le module, une fois câblé, est connecté à un banc de tests pour mesurer plusieurs paramètres tels que la réponse à une impulsion de calibration ou les capacités de couplage entre cellules. Un essai de tenue en tension est réalisé avec le câblage définitif.

Le laboratoire a participé à l'étude et à la réalisation d'une fraction importante de l'électronique utilisée pour les tests durant le montage et après câblage et a développé les programmes d'exploitation. L'ensemble des circuits, pour les différents sites d'assemblage, ont été produits et réceptionnés. Ces mesures ont été faites à chaud et seront répétées ultérieurement, le module plongé dans un bain d'argon liquide. Ce module a été ensuite transporté au CERN, introduit dans le cryostat de test et exposé à un faisceau d'électrons (Fig. 3).

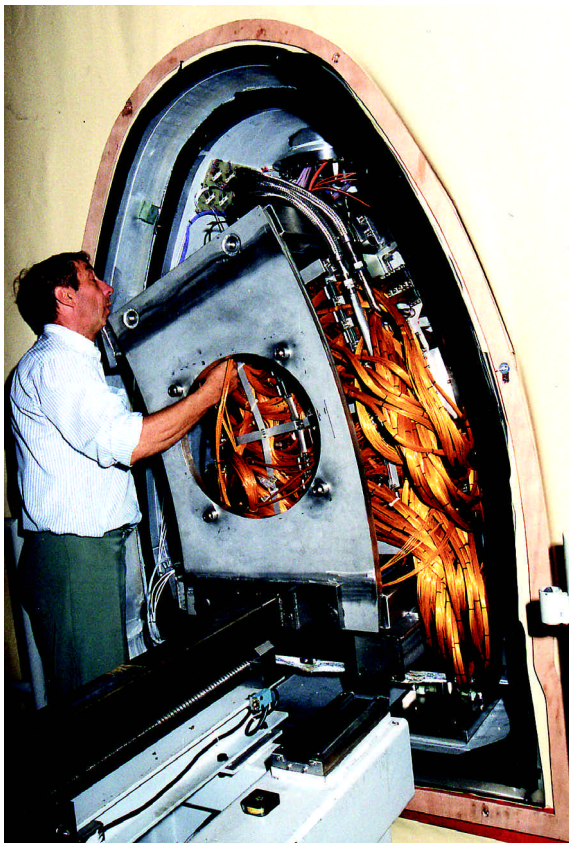


Fig. 3 : Module 0 en cours d'introduction dans le cryostat du faisceau test au CERN

d) Aménagement du hall de test

Après assemblage, les futurs modules seront transportés dans le hall de test pour être câblés et subir la série de tests de qualification. Ce hall a été réaménagé pour permettre simultanément le câblage d'un module et le test au froid d'un autre module. Pour cette dernière série de tests une station cryogénique comprenant un cryostat de 5 m³ pouvant recevoir le module et deux réservoirs de stockage de fluides cryogéniques, un d'argon et un d'azote, a été assemblée avec le support technique du CEA Saclay. La vaporisation de l'azote liquide dans un échangeur permet de refroidir le module et de stabiliser la température du bain d'argon liquide. Les principales étapes du test cryogénique qui dure environ trois semaines sont les suivantes:

- Le module est refroidi à la vitesse de 2 degrés par heure puis l'argon liquide est transféré du réservoir vers le cryostat.
- Durant une semaine le module est maintenu dans le bain d'argon liquide pour refaire les tests précédemment décrits. La pureté de l'argon est contrôlée pour détecter toute pollution venant du module.
- Les tests terminés, l'argon est renvoyé dans le réservoir et le module est réchauffé à la vitesse de 2 degrés par heure. Il est extrait du cryostat et préparé pour son transport vers le CERN. Le module assemblé au cours de l'année 1999 devrait être mis en froid à la fin de l'année pour un test de longue durée.

4. Electronique

a) Carte électronique d'étalonnage

L'injection d'impulsions électriques d'étalonnage exponentielles décroissantes très bien connues, le plus près possible de chaque cellule (étalonnage froid), constitue un point clé pour atteindre les performances calorimétriques requises pour la physique (une précision de 1/1000 est recherchée). Le laboratoire a participé avec le LAL à la réalisation de deux cartes prototypes comportant 128 canaux chacune, en concevant entièrement la partie numérique qui pilote les circuits analogiques. Onze cartes supplémentaires ont ensuite été produites sur ce modèle, qui servent dans les laboratoires et lors des campagnes de tests en faisceau. Ce travail entre à présent dans la phase de conception d'une carte finale, munie d'un nouveau système numérique et résistante aux radiations. Un prototype de cette nouvelle logique est en cours de fabrication pour étude et validation. Il sera ensuite transféré en technologie DMILL, avant de commencer la production des 120 cartes définitives nécessaires à l'étalonnage du détecteur à argon liquide.

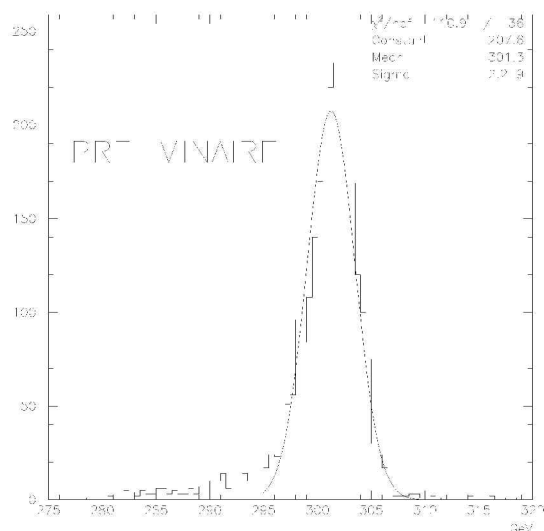
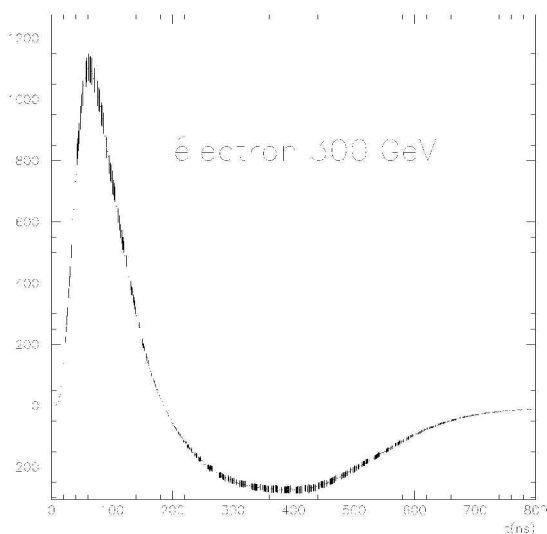
b) Electronique de traitement du signal

La physique au LHC conduit à des conditions contraignantes pour l'électronique de lecture : fréquence des croisements de faisceaux de 40 MHz, empilement d'événements hadroniques de biais minimal (estimés à 23 par croisement), un taux de déclenchement de premier niveau de 75 kHz et une dynamique voisine de 50000.

Le groupe travaille depuis longtemps sur la conception de l'électronique de lecture (mise en forme rapide, choix des gains), les méthodes de traitement du signal (filtrage optimal)

permettant la reconstruction de l'énergie déposée dans le calorimètre ainsi que la réalisation de cartes électroniques réalisant ces traitements. Ces études ont débouché sur l'idée de fabriquer une carte ROD (ReadOut Driver) pour réaliser ces tâches de calcul rapide dans l'expérience ATLAS.

En parallèle une carte appelée miniROD, munie de mémoires rapides, permettant de lire les données numérisées provenant des nouvelles cartes «front end» (FEB), a été conçue et réalisée au laboratoire, en collaboration avec le CPPM. Cette carte a été produite à 51 exemplaires. Elles sont utilisées lors des tests de qualification en faisceau au CERN des modules des calorimètres à argon liquide (électromagnétique central et bouchon, hadronique). Le groupe a en outre pris en charge la maintenance de ces cartes.



Figs 4 et 5 : Forme de l'impulsion et résolution en énergie obtenue en ligne

Maintenant, le groupe participe à la réalisation de la carte ROD définitive. Une carte démonstratrice a été élaborée pour permettre la comparaison de plusieurs DSP (Digital Signal Processor) et le choix d'une architecture appropriée aux besoins de calcul nécessaires pour une bonne reconstruction des signaux calorimétriques. L'étude de cette carte nécessite un injecteur de données, simulant celles provenant des FEBs. Une telle carte est en cours de réalisation au laboratoire.

5) Participation aux campagnes de tests en faisceau

Deux versions successives du module prototype ont été assemblées au LAPP et testées en faisceau au CERN, en novembre 1998 et en août 1999 (figure 3).

Le groupe a pris entièrement en charge la mise au point du système de déclenchement, l'installation des miniRODs, leur programme d'acquisition ainsi que les programmes de chargement de l'ensemble des cartes électroniques. Ces responsabilités sont assumées aussi bien pour le dispositif de test en faisceau du tonneau que du bouchon. La participation intense aux périodes de prise de données et à leur analyse a déjà permis de mieux comprendre divers aspects techniques des modules prototypes ainsi que leurs performances calorimétriques, afin de parfaire la réalisation de la série à partir de l'an prochain. Les figures 4 et 5 illustrent les premiers résultats obtenus : forme de l'impulsion électrique recueillie après mise en forme et courbe de résolution en énergie pour des électrons de 300 GeV.

RAPPORTS

- ATLAS Detector and Physics performance TDR CERN/LHCC 99-14 99-15 Volume I et II, 25 mai 1999.
- Results from a new combined test of an electromagnetic liquid argon calorimeter with a hadronic scintillating-tile calorimeter, CERN-PPE/99-xx.

STAGES

- P. Taluy : Assemblage et tests électriques du calorimètre électromagnétique du détecteur ATLAS.
- A. Patin et D. Jourdain : Carte MUX-CAPA GBF.
- S. Manso : Study of the ATLAS electromagnetic calorimeter module 0.
- L. Neukermans : Etude du module prototype de la partie tonneau du calorimètre à argon liquide du détecteur ATLAS : étude du positionnement et du signal des muons.

Voir aussi liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

Expérience CMS au LHC

Participation du LAPP

Physiciens: J.P. Peigneux, G. Bassompierre, J.P. Guillaud, J.P. Mendiburu, P. Nédélec, M. Schneegans, A. Singovsky, D. Sillou, J.M. Thenard, J.P. Vialle

Ingénieurs, Techniciens: D. Boget, P-Y David, J. Ditta, N. Fouque, V. Hermel, M. Maire

Doctorants : Y. Baek, G. Drobychev, S.Murray

Stagiaires : D. Khaoustov, F. Melot, F. Vulliet

Collaboration

Collaboration internationale regroupant 151 instituts dont 5 laboratoires français: LAPP Annecy, IPN Lyon, Ecole Polytechnique Palaiseau, CEA-DAPNIA Saclay, CRN Strasbourg.

Dates clés

1990: Présentation du détecteur au workshop de Aachen

1992: Lettre d'intention déposée au CERN

1994: Choix des cristaux au tungstate de plomb pour le calorimètre électromagnétique

1995: Acceptation de l'expérience CMS par les Comités du CERN

Abstract

At LHC the CMS (Compact Muons Solenoid) detector will be built inside a 4 Teslas superconducting solenoid. The main characteristics of the detector are a good measurement of muons and a performant crystal based electromagnetic calorimetry for gammas and electrons detection. The choice by the CMS collaboration of lead tungstate crystals for its electromagnetic calorimeter, in the development of which LAPP was already deeply involved, has motivated a group from LAPP to join the CMS collaboration in 1995.

The LAPP group worked initially in crystal characterization and in the improvement of its qualities (prevention of slow light component, increase of radiation hardness). The calorimeter geometry design was studied at LAPP. The group has also developed an automatic bench (ACCOS) for the automatic control of the crystals quality. Several developments concerning the very front end electronics (photodetectors, preamplifier, compressor) as well as an electronic charge calibration system for the Calorimeter are in progress at LAPP. The group is also involved in the development of general software tools like the object oriented GEANT 4 and the new C.R.I.S.T.A.L. software dedicated to the management of the electromagnetic calorimeter database.

Les expériences auprès du LHC du CERN abordent un nouveau domaine d'énergie ainsi que des sujets de physique très ciblés : recherche du boson de Higgs, tests de la validité des théories supersymétriques. Le détecteur CMS prend en compte ces deux aspects qui imposent des performances très élevées dans la mesure de certaines topologies particulières, et une bonne qualité de détection pour l'ensemble des réactions possibles.

Le détecteur CMS est construit dans un solénoïde supraconducteur de 4 Tesla de 13 mètres de long et de 2,95 mètres de rayon et met l'accent sur la mesure des muons et des particules électromagnétiques (électrons, gammas). L'énergie de ces particules sera mesurée avec une précision de $2\% \sqrt{E} + 0.5\% + 200 \text{MeV}/E$ par le calorimètre (ECAL) à cristaux de tungstate de plomb (PbWO_4). Ces cristaux, de courte longueur de radiation (9. mm), qui supportent des doses de radiations élevées, permettent de réaliser un calorimètre électromagnétique extrêmement compact.

Depuis 1996, le groupe a apporté une contribution reconnue sur ce détecteur, tant pour la technologie initiale de fabrication des cristaux que pour la création d'outils de contrôle performants. Par ailleurs, grâce à l'enthousiasme et au dynamisme du service informatique du LAPP, un programme innovant dans le domaine des techniques de programmation avancées orientées objet a pu être mené à bien.

L'activité du groupe se développe suivant trois axes principaux : développement des méthodes de fabrication des cristaux et

de leur contrôle, développements relatifs à l'électronique associée aux cristaux et enfin développements des logiciels concernant les simulations et l'analyse des données.

Caractérisation des cristaux

Un effort important a été fait dans le domaine de la caractérisation des cristaux, en étudiant les corrélations entre leurs propriétés et les processus de fabrication. Pour mener à bien les études correspondantes, le groupe a développé plusieurs «facilités» expérimentales:

- La source COCASE équipée par le groupe au CEA (Saclay) a permis d'effectuer toute une série de mesures concernant la tenue aux radiations des cristaux. Ces mesures ont permis de mettre au point les conditions industrielles de tirage des cristaux.
- La source GIF, au CERN, avec le banc automatique mis en place par le groupe CMS-LAPP (figure 1), permet l'irradiation et le contrôle en ligne des dégâts dus aux radiations. Ce dispositif a été utilisé intensivement en 1998-1999 permettant la mise au point de la technique double dopage et l'ajustement des conditions de préproduction des cristaux.

Tests et développements des cristaux

Le groupe a activement participé aux mesures effectuées dans le faisceau H4 du CERN qui ont permis de valider un certain

nombre de choix (concernant notamment la collection de lumière et l'électronique de lecture) et d'évaluer la résolution en énergie obtenue avec des matrices de cristaux prototypes. L'obtention d'une excellente résolution en énergie dépend

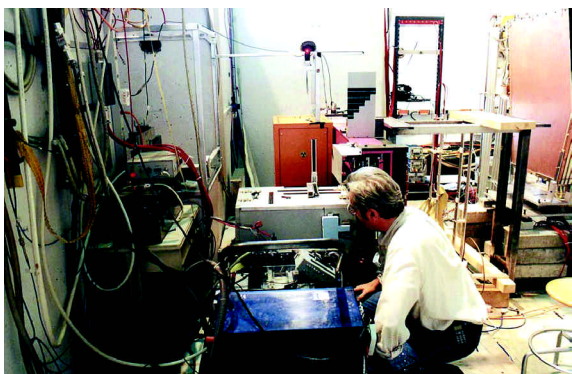


Fig 1 : Banc de caractérisation des cristaux dans GIF, au CERN

en particulier du terme constant (estimé à 0.5%) qui intervient dans la résolution. L'obtention d'un terme constant aussi bas suppose un excellent contrôle des 80000 canaux du détecteur ainsi qu'une très grande stabilité.

Le Programme A.C.C.O.S. au LAPP (CMS/ECAL)

En 1995, il a été projeté de réaliser un banc automatique de contrôle de qualité (ACCOS) (figure 2) des 80000 cristaux de tungstate de plomb destinés au calorimètre de CMS. ACCOS permet de mesurer et d'enregistrer dans une base de données les principales caractéristiques de ces cristaux (dimensions précises, transparence, ainsi que la quantité, la rapidité et l'uniformité des lumières scintillantes émises et collectées le long du cristal). Les cristaux produits en Russie (BTCP) et en Chine (SIC) sont contrôlés dans deux centres régionaux à Rome (ENEA) et à Genève (CERN). Les deux centres producteurs et les deux centres régionaux sont ou seront équipés de bancs automatiques similaires.

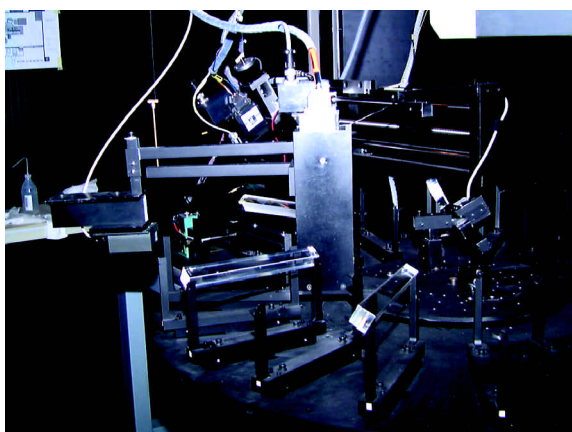


Fig 2 : Banc de mesures automatiques ACCOS

Le LAPP a publié à l'automne 97 un rapport proposant à la collaboration CMS un appareillage intégré autour d'une machine de mesures tri-dimensionnelles permettant de mesurer à la fois les paramètres mécaniques et optiques des cristaux de PbWO₄ présentés sur un serveur circulaire. La collaboration a adopté ce concept pour son centre régional du CERN où

deux machines sont prévues et pour l'usine de production russe de Bogoroditsk. Un prototype de la partie mesures optiques (ACCOS1) a été réalisé et monté au LAPP en étroite collaboration avec l'INP de Minsk. Des méthodes originales et un appareillage spécifique pour les mesures optiques ont été développés, notamment pour la mesure de la quantité de lumière. La séquence et la lecture des mesures ont été couplées au logiciel C.R.I.S.T.A.L. (voir ci-dessous).

La machine ACCOS1 installée durant l'été 98 au CERN a été intégrée à la machine 3D et l'ensemble était opérationnel dès novembre 1998. Après 2 mois de tests de stabilité et de performances, par comparaison systématique avec les bancs classiques, plus de 2000 cristaux de préproduction ont été mesurés en mode entièrement automatique au rythme de 40 cristaux par jour, de mars à octobre 99. Un cristal de référence mesuré deux fois chaque jour a montré le niveau de fiabilité de ces mesures. En août 99, une réplique modifiée, capable de charger 30 cristaux sans manipulation, a été installée au BTCP en Russie. Une machine identique est en construction au CERN pour doter ce centre régional d'une deuxième machine.

Le projet C.R.I.S.T.A.L.

(Concurrent Repository Interface for Tracking and Assembly Lifecycle)

La gestion de 80000 cristaux et des pièces connexes (photodiodes à avalanche, amplificateurs...), des informations les concernant, de leur historique, entre différents centres de production et de réception distants, pose un problème à la fois très général et très complexe. Le groupe informatique du LAPP s'est impliqué fortement depuis 1996 à sa solution par le développement du logiciel C.R.I.S.T.A.L..

Ce logiciel comprend deux parties: la première, dite "off-line", permet de définir le schéma de production et son évolution. Elle réside dans le système central. La seconde, dite "on-line", centralise toutes les données relatives au détecteur, gère les mouvements des pièces entre centres, assure la caractérisation sur les bancs de mesure et l'assemblage des pièces suivant le schéma défini par les centres de production.

L'implémentation de C.R.I.S.T.A.L. s'est appuyée sur les techniques orientées objet. L'analyse du problème a utilisé la méthodologie OMT (Object Modeling Technics) avec la notation UML (Unified modeling Language) pour modéliser une solution. Une base de données orientée objet (Objectivity) a été utilisée pour stocker toutes les données (schéma de production, données de caractérisation...) tandis que la communication entre les différents modules s'appuie sur le standard de communication CORBA. Enfin, le code a été écrit en C++ et les interfaces utilisateurs en Java. Depuis le début de 1999, C.R.I.S.T.A.L. constitue l'outil de caractérisation et d'assemblage de toutes les pièces du ECAL.

Les perspectives ouvertes par la structure de C.R.I.S.T.A.L. sont très larges : gestion du détecteur, des résultats et des procédures de calibration, banques de gerbes voire gestion complète de l'expérience. La première extension de

C.R.I.S.T.A.L. constituera un outil d'exploitation des données de construction pour les faisceaux tests et la calibration. Initialement conçue pour le ECAL, C.R.I.S.T.A.L. constitue un outil très général applicable à la gestion et au contrôle de production ou à tout problème similaire. Plusieurs industriels se sont déclarés intéressés par le projet C.R.I.S.T.A.L.. Les trois organismes ayant contribué au projet, le CERN, le LAPP/IN2P3 et l'Université d'Angleterre Ouest (UWE/Bristol), ont donc entrepris une démarche commune pour faire un transfert de technologie vers l'industrie.

Collection de lumière et électronique de contrôle des signaux des cristaux

Le LAPP a participé à l'optimisation du signal lumineux et à sa détection dans les conditions imposées par le LHC, et notamment à l'évaluation de la meilleure interface optique cristal-photodétecteur. L'évaluation d'une interface optique active cristal-photodétecteur est encore en cours actuellement. En parallèle il participe, dans le cadre de son programme de R&D, à l'effort général entrepris pour le développement des photodiodes à avalanche, pour les applications en physique des hautes énergies, notamment à travers un programme de recherche avec des instituts de Minsk (Biélorussie) sur les diodes à avalanche à couche métallique résistive qui présentent des surfaces de détection intéressantes. Ce projet est financé à 80% par l'ISTC (International Scientific Technical Center) en partenariat avec l'IN2P3.

Electronique : la calibration électronique du ECAL.

Le calorimètre électromagnétique de CMS devra mesurer l'énergie des particules électromagnétiques dans une gamme très étendue (entre 50 MeV et 1 TeV), pour détecter un Higgs de basse masse, il devra permettre une résolution (6.10^{-3} à 100 GeV) jamais atteinte auparavant, même dans des dispositifs plus modestes. L'électronique «front-end» est constituée de 80 000 canaux et est située immédiatement derrière les cristaux. Elle amplifie et digitalise le signal, puis l'information est transmise à la salle de contrôle par un ensemble de 120 000 fibres optiques travaillant à 1 GHz.

L'électronique de lecture doit fonctionner pendant environ 10 ans sans maintenance et il est clair qu'un tel ensemble de mesures précises nécessite un système redondant de calibration en ligne permettant le suivi des dérives liées aux variations de température, aux dommages par irradiation entre autres.

Depuis 1997 le LAPP a pris en charge ce système de calibration. La calibration s'effectue par injection d'une charge connue (figure 3), sur l'entrée de la chaîne de lecture, de forme identique à celle produite par les photodiodes à avalanche qui lisent les cristaux. La dynamique du signal de calibration est identique à celle exigée du détecteur et sa linéarité sur toute cette dynamique est meilleure que 0.5%. Pour ce système, une série de 4 circuits intégrés dédiés ont été étudiés au LAPP sur simulateur, puis fondus en technologie DMILL 0.8 µm pour résister à l'irradiation ambiante dans laquelle le système devra fonctionner.

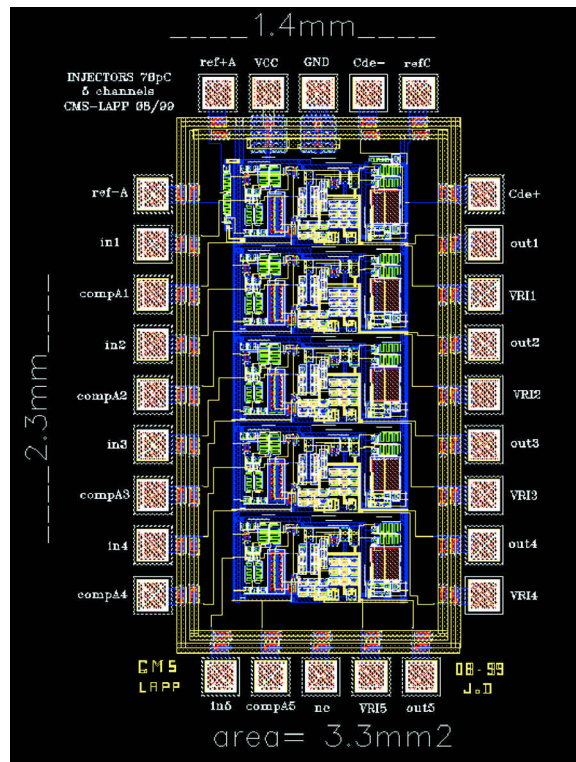


Fig. 3 : Circuit intégré de l'injecteur

Une chaîne de mesure a été montée au LAPP pour vérifier automatiquement les écarts de linéarité entre les amplitudes demandées et mesurées. Nous avons également vérifié la tenue aux irradiations de ce système jusqu'à 10^{14} neutrons/cm² au CERI (Orléans) et à PSI (Villigen, Suisse). La version finale de ce système de calibration électronique intégrera toutes les fonctionnalités dans un seul circuit qui doit être fondu à la fin de 1999. Ce circuit alimente 5 canaux du calorimètre et comporte quatre parties :

1. La partie contrôle réception des informations globalement destinées à la commande de l'électronique frontale, désérialisation et distribution, ajustement des coupures pour le passage dans l'ampli multi-gains, mesure des températures, calibration etc.

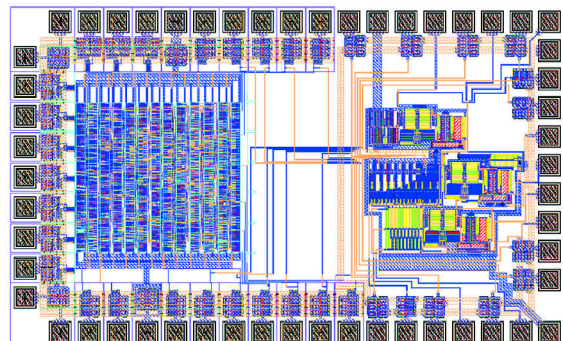


Fig. 4 : Circuit intégré du DAC

2. Une partie logique sélectionne les ordres de calibration, différencie l'ordre d'amplitude qu'elle envoie au DAC et l'ordre de déclenchement qu'elle envoie à la partie injecteur.

3. Un DAC de 10 bits qui devrait avoir une précision de 0.1%. Ce DAC (fig. 4) est le premier DAC de 10 bits à être fondu en technologie DMILL.
4. Une partie qui crée 5 impulsions pour les canaux d'une même carte front-end. Cette partie a particulièrement été étudiée en termes de bruit (elle ne doit rien ajouter au canal sur lequel elle est branchée), de précision et de robustesse (elle ne doit pas dériver sous irradiation).

Simulation et programmation

Enfin, un important travail d'optimisation du calorimètre a été réalisé avec des techniques de simulation. L'arrangement de cristaux retenu actuellement pour le tonneau est une proposition du LAPP. L'équipe du LAPP participe également à la remise à niveau des outils logiciels généraux pour le LHC tel que la version de GEANT4 en programmation orientée objet.

Au total, l'expérience CMS apporte des perspectives de physique enthousiasmantes, et le groupe CMS du LAPP prend toute sa part dans cette aventure.

Rapports CMS

PbWO4 crystals hardness test setup at the CERN general irradiation facility

J.P. Peigneux, A.V., A. Fedorov, M. Korzhik, O.V. Missevich, CMS note 1999/061 (Oct. 1999)

Results of PWO radiation hardness optimization

G.Y. Drobychev, A.N. Annenkov, E. Auffray-Hillemans, A.E. Borisevich, M.V. Korzhik, V.L. Kostylev, P. Lecoq, V.D. Ligoun, J.P. Peigneux, CMS note 1999/065 (July 1999).

Analysis of ACCOS system results reproducibility and results of first pre-mass production PWO certification

G.Y. Drobychev, E. Auffray-Hillemans, A.E. Borisevich, M.V. Korzhik, O.V. Missevich, J.P. Peigneux, M. Schneegans, R.F. Zouevski, LAPP-EXP 99-07 (Oct. 99).

Voir aussi liste des publications et communications à des conférences en fin de rapport.

Physique Théorique

Physique Théorique

Physiciens CNRS : P. Sorba (directeur), D. Arnaudon, P. Aurenche, G. Bélanger, G. Clément, F. Boudjema, G. Girardi, J.-Ph. Guillet, S. Peigné, E. Pilon, E. Ragoucy, R. Stora

Enseignants-Chercheurs : P. Chardonnet, L. Frappat, J.C. Le Guillou, P. Salati, E. Sokatchev, R. Taillet, F. Thuillier

Visiteurs Français (longue durée) : L. Lellouch (CNRS), C. Roger (Université)

Post-Docs : T. Binoth, B. Eden, M. Rossi, C. Schubert

Doctants : C. Briot, F. Gélis, N. Marchal, D. Maurin, H. Zaraket

Secrétariat : B. Lunel, D. Turc-Poëncier

Stagiaires : A. Arbey, S. Do Hoang, S. Domange, F. Granger, A. Popier, B. Rapp

Abstract

The Laboratory of Theoretical Physics in Annecy-le-Vieux LAPTH, UMR 5108 of CNRS, is situated inside the LAPP and is an association CNRS-Université de Savoie.

The studies which are developed and the obtained results in LAPTH concern the phenomenology of high energy physics and more formal problems related to field theory. The two main sections are the phenomenology of elementary particles and cosmology on one hand, field theory and conformal field theory on the other hand. In the first part one can distinguish : quantum chromodynamics, field theory at finite temperature and density, standard model and beyond, cosmology and astrophysics, while the second part deals with : strings and superstrings, supersymmetry and supergravity, infinite dimensional algebras in conformal theories, gauge theories, integrable systems, statistical mechanics and statistical physics.

Le Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique théorique LAPTH, UMR 5108 du CNRS, est situé dans le LAPP et est une association CNRS-Université de Savoie. De par sa présence dans un laboratoire engagé dans les grands projets expérimentaux actuels de physique des hautes énergies, à une époque de développements théoriques très importants, les théoriciens du LAPTH sont naturellement amenés à considérer avec autant d'intérêt la phénoménologie des particules élémentaires et les études plus formelles autour de la théorie des champs. Ces deux tendances semblent coexister parfaitement, plusieurs d'entre eux travaillant simultanément dans ces deux domaines complémentaires.

Deux grands axes apparaissent donc dans les activités scientifiques du laboratoire : la phénoménologie des particules élémentaires et l'astrophysique d'une part ; la théorie des champs sous différents aspects (théories conformes, lagrangiennes) et les symétries, les systèmes intégrables et la physique statistique d'autre part.

Physique des particules

Le cadre conceptuel de la physique des particules est le modèle standard qui permet de décrire les interactions fortes par la chromodynamique quantique (QCD) et les interactions électro-faibles (c'est-à-dire les interactions faibles et l'électrodynamique quantique (QED)) par le modèle de Weinberg-Salam. La chromodynamique repose sur le groupe de jauge local $SU(3)$ tandis que le modèle de Weinberg-Salam repose sur le groupe $SU(2) \times U(1)$ à symétrie spontanément brisée.

Les orientations actuelles de la physique des particules concernent d'une part les tests précis du modèle standard et d'autre part la recherche des particules manquantes du modèle (telle que le boson de Higgs) ainsi que des particules

caractéristiques de ses extensions supersymétriques ou technicolorées.

En particulier, la recherche du Higgs est importante car cette particule est la signature du mécanisme de brisure de symétrie qui engendre la masse des bosons de jauge lourds ainsi que celle des fermions. Sa découverte serait un pas vers la compréhension de l'origine des masses. Ces deux aspects sont interdépendants car les processus du secteur connu du modèle forment le bruit de fond dominant aux signaux que sont les nouvelles particules. Il est donc nécessaire de pouvoir calculer ce bruit de fond avec précision.

La chromodynamique fournit aussi le cadre pour la description de la matière hadronique «déconfinée» c'est-à-dire le plasma de quarks et de gluons à température et densité non nulles. Cet état de la matière a existé au début de l'univers et existe peut-être au coeur des étoiles denses. On espère aussi créer cet état, en laboratoire, dans les collisions ultra-relativistes d'ions lourds. Les plasmas QED jouent, d'autre part, un grand rôle en astrophysique. La théorie quantique des champs à température et densité finies qui permet l'étude de tels systèmes est aussi un des axes de recherche du groupe tant dans ses aspects théoriques que dans ses applications à la physique des particules et à l'astrophysique.

La cosmologie et l'astrophysique sont aussi un excellent laboratoire pour l'étude du modèle standard et de ses extensions. Les contraintes cosmologiques sur la masse des neutrinos en sont un exemple bien connu. Il en existe d'autres, liées notamment à l'existence de la matière noire ou à certains phénomènes concernant les étoiles denses.

Nous résumerons les problèmes abordés par le groupe de physique des particules et d'astrophysique en séparant de façon conventionnelle les thèmes d'interactions électro-faibles, d'interactions fortes et d'astrophysique, une courte section

présentant également les travaux du laboratoire sur la théorie des champs à température et densité finies. Cette séparation est dans une grande mesure artificielle étant donnée l'étroite imbrication entre ces thèmes, tant du point de vue théorique que du point de vue phénoménologique.

a) Interactions électro-faibles

Après la découverte du quark top à Fermilab avec une masse qui concorde avec celle extraite indirectement à partir des mesures du LEP, le contenu en particules du Modèle Standard est quasiment établi, mis à part un élément de taille : le boson de Higgs. Cette particule a un rôle crucial quant à notre compréhension du mécanisme de brisure de symétrie (ou le mystère de l'origine des masses) et le problème concomitant de la violation CP. Il est donc tout naturel que les travaux du laboratoire LEP dans le domaine de l'interaction électrofaible aient comme thème central et unificateur l'élucidation de la brisure de la symétrie et l'origine des masses avec des applications directes à la phénoménologie du LEP1, du LEP2, des expériences à basse énergie, ainsi qu'une activité très soutenue dans la physique aux collisionneurs $e^+ + e^-$ du futur. A cet égard, les membres du groupe ont été maintes fois sollicités pour diriger des groupes de travail et faire des analyses de synthèse. Simultanément le groupe a commencé à réadapter ses idées, déjà appliquées à $e^+ + e^-$, au collisionneur pp, LHC. Une nouvelle direction, motivée par l'éventualité d'un nouveau type de collisionneur photon-photon, est aussi poursuivie.

Une grande partie de la recherche, après l'effort consacré à la physique du LEP1, puis du LEP2 porte sur la physique des bosons vecteurs et l'impact du Higgs ainsi que la phénoménologie de la supersymétrie. L'approche du groupe est non seulement de proposer et d'analyser des modèles au delà du modèle standard mais aussi de faire une étude détaillée des bruits de fond qui accompagnent certains signaux de la nouvelle physique. Le groupe a donc contribué à l'évaluation de processus complexes dans le contexte du Modèle Standard. Les nouvelles méthodes de calcul introduites au laboratoire, basées sur un choix de fixation de jauge judicieux introduit initialement pour améliorer l'efficacité de nos programmes Monte-Carlo, se sont révélées avoir un lien avec les méthodes récentes inspirées de la théorie des super-cordes. L'approche reste cependant ancrée dans la théorie des champs et son originalité réside dans l'application à la théorie électro-faible, bien que pour le moment seuls certains processus puissent être traités de la sorte. Par ailleurs, durant les quatre dernières années une collaboration soutenue avec des collègues du KEK et à l'Université de Tokyo (Japon) a permis la mise en oeuvre de ces choix de jauge dans un programme de calcul automatique des amplitudes de Feynman et ceci au niveau d'une boucle dans le modèle standard ainsi qu'au niveau de l'arbre en supersymétrie. Ceci a permis non seulement le calcul de processus complexes à plusieurs particules dans l'état final mais aussi de fournir une interface aisée vers des programmes de simulations pour les expérimentateurs.

Le travail en cours s'attaque maintenant à la mise en oeuvre des corrections radiatives SUSY dans ce logiciel, cependant pour mener à bien ce programme l'équipe aura besoin de moyens informatiques plus puissants et plus modernes à

l'instar des groupes expérimentaux (qui sont les utilisateurs de ce logiciel) ainsi que des groupes japonais.

b) Interactions fortes

Les études du groupe concernent principalement les collisions hadron-hadron, photon-hadron et photon-photon à très haute énergie et grands transferts d'impulsions de telle sorte que l'approche perturbative de QCD s'applique. En fait, les corrections radiatives à un certain nombre de ces réactions ont été calculées de façon systématique dans l'approximation dite «au delà des logarithmes dominants» (ALD). En effet, seuls les calculs ALD ont un sens et un pouvoir prédictif puisque les calculs dans l'approximation des «logarithmes dominants» dépendent fortement du choix de paramètres arbitraires tels que l'échelle de renormalisation, qui permet de définir le couplage paramètre du développement perturbatif, et tels aussi que les échelles de factorisation qui permettent de définir les densités de partons dans les hadrons ou le photon. La définition «d'observables» accessibles à la fois au calcul théorique et à l'observation expérimentale a conduit à une étroite collaboration avec les physiciens impliqués dans les expériences de collisions à très haute énergie réalisées au CERN, à DESY, à FERMILAB ainsi qu'au KEK (Tsukuba).

Ces dernières années, les efforts se sont portés sur le calcul du bruit de fond du Higgs en deux photons. Des études antérieures ont montré que le bruit de fond de QCD était très sérieux et qu'il était donc nécessaire d'effectuer le calcul le plus précis possible.

Dans une première étape, un calcul inclusif à l'ordre ALD a été fait pour les contributions «directes» (les deux photons sont émis directement dans le sous-processus partonique), «simple bremsstrahlung» (un photon est émis directement, l'autre via la fragmentation d'un parton en photon) «double bremsstrahlung» (les deux photons sont émis via des fonctions de fragmentation). Un programme fortran, résultant de ces calculs, est disponible. Il permet de calculer n'importe quelles observables formées à partir des variables cinématiques des deux photons.

Le travail se poursuit dans deux directions :

- l'étude théorique des effets dus à l'inclusion de critère d'isolement ,
- les effets de la resommation de gluons mous sur les divers observables.

c) Théorie des champs à température et densité finie

En physique des particules, la théorie des champs à température et densité finies a pour objet l'étude de systèmes statistiques de particules à l'équilibre ou au voisinage de l'équilibre. En particulier, elle fournit un cadre qui permet de décrire la matière déconfinée, c'est-à-dire le plasma de quarks et de gluons à haute température tel qu'il peut être produit dans les collisions d'ions lourds à haute énergie (RHIC, LHC). Le formalisme des théories thermiques n'est pas aussi bien établi que celui de la théorie des champs usuelle. En effet, il existe plusieurs approches: l'une dite «formalisme à temps imaginaire» (FTI) où la température joue le rôle d'un temps imaginaire, l'autre dite «formalisme à temps réel» (FTR) où le temps et la

température sont deux variables indépendantes. De plus, une approche strictement perturbative au calcul des corrections thermiques dans le cadre de la théorie des champs à température finie n'est pas toujours applicable et on doit faire appel à une théorie effective.

L'activité autour de la théorie des champs à température et densité finies concerne aussi bien ces problèmes «formels» que les applications phénoménologiques telles que les signaux de formation d'un plasma de quarks et de gluons. En particulier, on étudie en détail, les mécanismes de production d'une paire de leptons par un plasma chaud de quarks et gluons et on a mis en évidence l'insuffisance de la théorie effective pour calculer cette observable, insuffisance à laquelle on essaye de remédier.

d) Astrophysique des particules

Une grande partie de la masse de l'univers est invisible. Cette masse dite cachée est une des énigmes que l'astrophysique essaie de résoudre depuis un demi-siècle. Bien que mise en évidence par ses effets gravitationnels -courbes particulièrement plates de rotation galactique, vitesse de dispersion des galaxies au sein des amas galactiques - la nature de cette matière invisible est encore inconnue. Le halo de notre galaxie contient 160 amas globulaires, concentrations très denses d'étoiles qui se sont formées en même temps. Il est donc naturel de chercher dans ces amas globulaires la présence de la matière sombre qui entoure notre galaxie. La dynamique interne des amas globulaires a été étudiée. La thermalisation entre les diverses populations stellaires, engendrée par la relaxation à deux corps, conduit l'amas à rejeter les petites étoiles à l'extérieur alors que le coeur est dominé par les objets massifs et brillants. L'émission infrarouge de la composante légère a été calculée. La recherche d'amplifications lumineuses d'étoiles lointaines par des objets de l'amas s'interposant sur la ligne de visée et produisant un mirage gravitationnel est également prometteuse. Signalons également que la présence éventuelle dans le halo de notre galaxie de nuages très froids d'hydrogène et d'hélium a été fortement contrainte. Elle devrait en effet induire un fond supplémentaire diffus gamma relativement brillant qui n'a pas été observé.

Une étude récente du gaz chaud réparti au sein des amas de galaxies montre que l'essentiel de leur masse pourrait être formée de particules non-baryoniques et non de matière ordinaire. L'un des candidats favoris à cette dernière est le neutralino, particule électriquement neutre prédite par la supersymétrie. Une attention particulière est donc apportée au comportement cosmologique des théories supersymétriques. Les modèles contenant un singlet de jauge supplémentaire différent de la théorie standard quand le singlet de jauge est très léger et constitue le LSP. Comme ce dernier est d'autant plus léger qu'il se couple faiblement aux autres champs, de fortes contraintes cosmologiques sont à attendre. Leur étude fait l'objet d'une partie de la thèse de Cilly Briot qui vient d'arriver dans le groupe de théorie.

Les neutralinos du halo galactique continuent à s'annihiler lentement. Bien que sans effet sur la densité de ces particules, cette annihilation produit des rayons gamma ainsi que des positrons et des antiprotons. Ces produits constituent une signature indirecte de la présence de particules

supersymétriques dans notre galaxie. La collaboration Anti Matter Spectrometer in Space (AMS) à laquelle participe activement un groupe expérimental du LAPP travaille à la mesure de l'abondance d'antimatière dans le rayonnement cosmique galactique. La production d'antiprotons par la spallation de rayons cosmiques sur la matière interstellaire a été calculée en détail et de substantielles améliorations ont été apportées aux précédentes évaluations. L'un des buts d'AMS étant l'observation d'anti-noyaux susceptibles de provenir de régions ne contenant que de l'antimatière, la production conventionnelle d'anti-deutérium et d'anti-tritium dans notre propre galaxie a été pour la première fois calculée. La collaboration AMS sera capable d'observer quelques-uns de ces anti-deutons pendant la phase station orbitale de l'expérience.

Symétries et théorie des champs

L'activité du Laboratoire en théorie des champs et mécanique statistique est fédérée autour du concept de symétrie. En effet, celui-ci fournit un outil puissant dans la compréhension et l'analyse des systèmes à nombre très grand ou infini de degrés de liberté que sont les théories quantiques et/ou statistiques des champs et les modèles de mécanique statistique.

Dans certains cas, l'existence de symétries permet de résoudre complètement le modèle considéré, c'est-à-dire de calculer la totalité des quantités physiques comme les fonctions de partition, les exposants critiques et enfin, les fonctions de corrélations. C'est le cas des modèles exactement solubles. Les modèles intégrables comme le modèle de Sine-Gordon et le modèle d'Ising en dimension deux entrent dans cette catégorie. De même, les théories conformes bidimensionnelles ainsi que certaines théories topologiques sont exactement solubles.

Toutefois, dans certains cas, même si la symétrie ne permet pas de «résoudre» complètement le modèle étudié, elle permet de comprendre certains de ses aspects. C'est le cas par exemple, pour les théories de jauge non-abéliennes où la symétrie de jauge est un ingrédient essentiel de la renormalisabilité. Il en est de même pour les théories supersymétriques comme les modèles de supergravité qui sont censés décrire la limite de basse énergie de la théorie des cordes: la supersymétrie, même locale, ne permet pas de résoudre les différents modèles mais permet de comprendre la forme possible de leurs Lagrangiens. C'est autour de ces idées que sont organisés les travaux du Laboratoire.

a) Modèles intégrables, groupes quantiques et applications

Au cours des dix dernières années, des progrès considérables ont été accomplis dans la compréhension de la notion d'intégrabilité en théorie des champs et en mécanique statistique à deux dimensions ($d=1+1$ ou $d=2$), c'est-à-dire pour des modèles possédant un nombre très grand ou infini de degrés de liberté. Le moteur principal dans ces progrès a été l'émergence de concepts de symétrie nouveaux, liés à l'équation de Yang-Baxter quantique, tels les algèbres de symétries dynamiques de dimension infinie et les groupes quantiques.

D'un point de vue méthodologique, ces travaux s'apparentent à la stratégie de résolution de l'atome d'hydrogène, initiée par Pauli en 1926, utilisant l'algèbre de symétrie dynamique

(de dimension finie dans ce cas) engendrée par le moment cinétique et le vecteur de Runge-Lens. La théorie des représentations d'une telle algèbre permet alors de déterminer les niveaux d'énergie du Hamiltonien.

C'est aux analogues de cette situation, mais en théorie quantique des champs et en mécanique statistique, que sont consacrés les travaux de ce domaine de recherche. Les concepts et méthodes mis en jeu, élaborés dans un premier temps dans le cadre des modèles intégrables, trouvent à présent des applications remarquables dans d'autres domaines de la physique et des mathématiques tout en ouvrant des directions de recherche nouvelles (théories conformes, théories des cordes, groupes quantiques, topologie des variétés de basse dimension, en particulier, théorie des noeuds).

Dans ce cadre on peut distinguer plusieurs axes de recherches qui ont été entrepris dans notre Laboratoire, parmi lesquels, la théorie des représentations des groupes quantiques et son application aux chaînes de spins quantiques – modèles t-J et de Hubbard –, le développement d'une approche géométrique de la notion d'intégrabilité valide en toute dimension.

b) Symétries des théories conformes

Une activité particulière s'est développée dans le domaine des symétries liées aux algèbres W .

Parmi les algèbres de dimension infinie qui apparaissent dans les théories des champs à deux dimensions, une classe importante est constituée par les extensions de l'algèbre conforme. Historiquement, les premières algèbres de ce type sont apparues dans les théories de cordes et sont appelées algèbres superconformes. Elles sont présentes dans les théories possédant à la fois l'invariance conforme et l'invariance par supersymétrie. Elles contiennent, en plus des générateurs de l'algèbre conforme, des générateurs anticommuteurs caractérisés par un «spin conforme» égal à $3/2$. Plus tard, A. Zamolodchikov a introduit en 1985 un type d'extension nouveau, caractérisé par la présence de générateurs de spin conforme supérieur ou égal à 2, appelées algèbres W . Dans ces algèbres, le commutateur de deux générateurs n'est plus une fonction linéaire, mais polynomiale des générateurs.

Depuis leur introduction, des méthodes ont été élaborées qui permettent d'engendrer à volonté de telles algèbres. Cependant il n'existe encore aujourd'hui ni une définition abstraite (géométrique), ni a fortiori une classification systématique. En revanche, elles jouent un rôle important non seulement dans les théories conformes où elles sont nées, mais aussi dans l'étude de certains modèles intégrables, des théories de cordes, et de la gravité quantique. Enfin, certaines d'entre elles ont été utilisées afin de classer les excitations d'un fluide de Hall quantique, d'autres dans le cadre des statistiques intermédiaires (anyons). L'étude de cette dernière classe d'algèbres W , dites algèbres W finies, a reçu une attention particulière ces derniers temps dans notre laboratoire.

A noter enfin des résultats récents concernant les algèbres de Virasoro et W q -déformées construites à partir de la notion d'algèbre elliptique, une algèbre elliptique apparaissant comme la généralisation naturelle d'une algèbre quantique ou q -déformée.

c) Théories de champs lagrangiennes

La théorie des perturbations, malgré toutes ses limitations, a le mérite d'offrir une procédure de quantification stricte qui permet de contrôler certaines des procédures de quantification sur des espaces de modules, apparues avec les modèles conformes. Bien entendu, elle s'applique dans des cas simples où les séries perturbatives se limitent à un ou deux termes. Dans d'autres cas, l'étude de relations correctes au sens des séries formelles (par exemple des identités de Ward) peut être suggestive. La variété des théories de jauge apparues depuis une vingtaine d'années, ainsi que des algèbres de courants correspondantes permet de tester quelques idées. On signalera en particulier dans ce domaine les travaux concernant la définition des observables dans les théories topologiques de Witten (YM_4 , gravité topologique) en terme de cohomologies équivariantes et fournissant un exemple de symétrie de type BRS pas encore rencontrée jusque là. La relation entre la symétrie BRS topologique et la symétrie BRS conventionnelle a été précisée.

La bosonisation en Théorie Quantique des Champs cherche à établir une correspondance entre des théories de bosons et des théories de fermions. Une nouvelle méthode de bosonisation a été développée dans l'approche des intégrales fonctionnelles. Elle a permis non seulement de compléter la bosonisation abélienne à 3 dimensions par le point de vue de l'algèbre des courants, mais aussi de développer une bosonisation non-abélienne à 3 dimensions par une construction systématique de l'action bosonique qui, avec l'obtention d'une règle de bosonisation pour les courants fermioniques, décrit entièrement le système fermionique initial en termes de bosons vectoriels. Une approche analogue a d'autre part permis de montrer une dualité entre des modèles topologiques massifs et self-duaux.

La charge électrique de monopoles non-abéliens à température finie a été calculée dans des théories de jauge spontanément brisées et avec violation de CP, avec un résultat identique à celui de Witten à température nulle.

d) Supersymétrie, Supergravité, Théorie des (super) cordes

Le Laboratoire a toujours eu une activité soutenue dans les domaines de supersymétrie et supergravité. A noter la parution prochaine par Academic Press d'un ouvrage ayant pour titre " Dictionary on Lie algebras and superalgebras " et signé par deux membres du LAPTH ainsi que par un théoricien de l'Université de Naples.

Un second ouvrage consacré à une approche générale de la supersymétrie étendue $N=2$ dite méthode du super-espace harmonique, est en cours d'achèvement par les inventeurs mêmes de ces techniques, dont un membre du laboratoire. Ces mêmes méthodes sont actuellement utilisées à Annecy dans le cadre des théories des cordes pour vérifier la conjecture dite de Maldacena reliant les théories de jauge Yang-Mills en supersymétrie étendue ($N=4$) et des théories de supergravité sur certaines espèces à dix dimensions ($AdS_3 \times S^5$).

Enfin un Physics Reports traitant de la formulation géométrique en supergravité sera bientôt disponible.

Résultat d'un ensemble de travaux effectués à Annecy, les auteurs utilisent les méthodes du superespace de Kähler pour la description des couplages de la matière et de champs de jauge Yang-Mills à la supergravité de Poincaré. Cette approche est généralisée pour inclure les couplages de champs tensoriels et de formes de Chern-Simons pertinents dans le contexte des théories de cordes faiblement et fortement couplées.

d) Symétrie du code génétique et interface physique-biologie

Une étude du code génétique à l'aide des symétries et plus précisément des groupes quantiques dans la limite $q=0$ du paramètre de déformation, est poursuivie au laboratoire ces deux dernières années. Le modèle proposé permet des calculs d'énergie de liaison entre nucléotides, et reproduit de façon intéressante des rapports de probabilités de présence de nucléotides sur des séquences codées. La poursuite de cette interface biologie/physique théorique devrait se poursuivre et même se développer au LAPTH dans un transfert de technologie depuis la physique des particules élémentaires vers les sciences de la vie.

e) Physique statistique

C'est d'une part l'élan provoqué par les théories des champs conformes à deux dimensions, d'autre part par la présence aujourd'hui dans le laboratoire de compétences en physique statistique, qu'a démarré une activité dans ce domaine. Elle concerne principalement l'étude des systèmes de spins quantiques (cf. supraconducteurs à haute température critique) et les systèmes de fermions fortement corrélés. Les méthodes de bosonisation mentionnées au §3 ci-dessus présentent un grand intérêt dans ce domaine. A noter aussi l'application de la théorie des représentations des groupes quantiques à l'étude des chaînes de spin.

Enfin il a été montré que les valeurs des exposants critiques du modèle d'Ising en champ aléatoire à 3 dimensions sont compatibles avec celles des exposants critiques du modèle d'Ising pur à 1.5 dimensions, obtenant ainsi une évidence pour l'hypothèse d'une réduction dimensionnelle généralisée.

Services Techniques

Service Electronique

M. MOYNOT, M. Bermond, D. Boget, C. Bombar, C. Boniface, J. Boniface, H. Bonnefon, B. Camberlin, F. Corageoud, G. Daguin, P-Y. David, J. Ditta, N. Dumont-Dayot, N. Fouque, R. Gallet, R. Hermel, V. Hermel, J.C. Lacotte, S. Neboux, G. Perrot, J.L. Panazol, J. Prast.

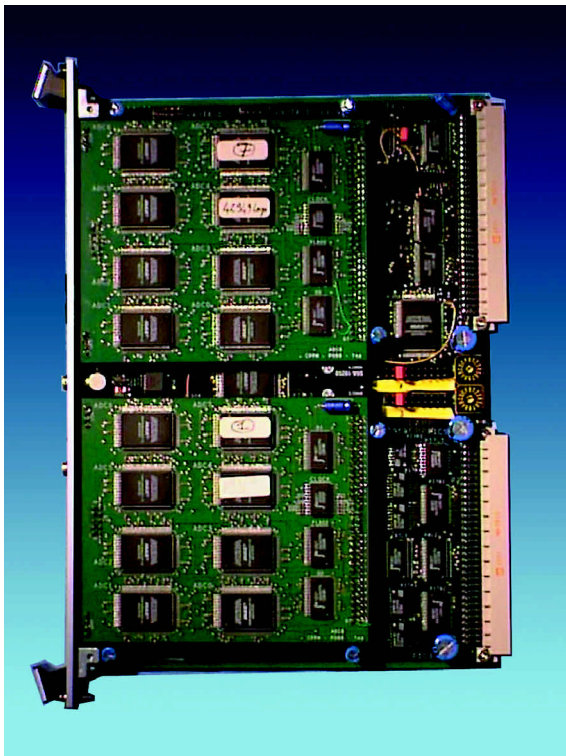
Stagiaires : R. Boula-Picard, J. Faraut, F. Guillemot.

Le service électronique assure le support des programmes de physique du LAPP: conception, réalisation et maintenance des systèmes électroniques nécessaires au bon fonctionnement des expériences du laboratoire.

Objectifs

- Définition du cahier des charges avec les physiciens de l'expérience.
- Conception, réalisation et mise au point de prototypes.
- Définition des outils de tests pour la production en série des modules électroniques.
- Evaluation des moyens et des budgets.
- Collaboration avec la sous-traitance industrielle.
- Maintenance des expériences.
- Assurer un support technique aux autres services du laboratoire.

Les contraintes des cahiers des charges des expériences de physique imposent des développements spécifiques:



Carte Minirod expérience Atlas

- signaux issus des détecteurs d'amplitude faible et de grande dynamique (18 bits)
- fréquence des interactions élevée : 40 Mhz dans le cadre du LHC
- nombre de capteurs de l'ordre de 200.000 par détecteur
- conception d'électronique résistante aux radiations
- dans le domaine radio-fréquence: analyse spectrale, mesures d'impédance et de linéarité
- collaborations internationales importantes (plus de 100 instituts par expérience)

Organisation

Le service d'électronique comprend:

- 16 personnes (Ingénieurs, Assistants-ingénieurs, Techniciens) spécialisées en électronique (analogique, numérique, microélectronique) auxquelles s'ajoutent des étudiants effectuant un stage ou une thèse.
- 3 personnes, au sein du groupe «Achats électronique», gèrent les commandes, la documentation, la sous-traitance.
- 2 personnes gèrent une IAO/CAO complète et standardisée au sein des laboratoires de l'IN2P3.

Moyens

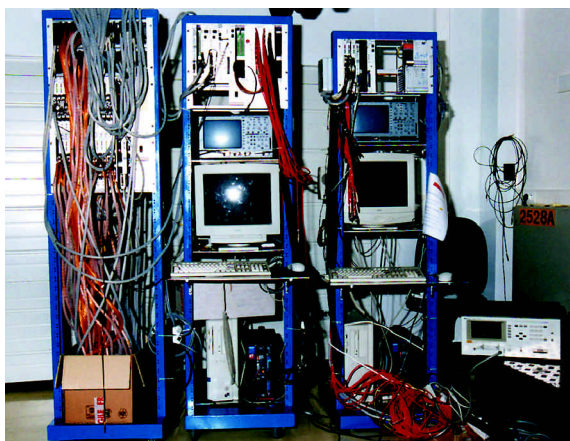
- Les électroniciens sont affectés dans les équipes techniques des expériences de physique.
- Moyens informatiques : 20 stations ou terminaux X pour l'utilisation de la chaîne de logiciels Cadence (saisie de schéma, routeur, simulateurs comportementaux logique et analogique, logiciels de synthèse).
- Un pool d'appareils de mesures et de tests géré et maintenu par le service.
- L'utilisation de systèmes standards performants pour les systèmes d'interconnexions (VME, VXI, ...) ou pour les systèmes d'acquisition.
- Un plan de formation assure la mise à jour des connaissances des électroniciens demandeurs et permet au service de se maintenir au meilleur niveau de compétences au regard des demandes d'expériences.

- Le service fait valoir ses réalisations en les présentant aux réunions de collaboration, au cours de conférences internationales, dans des publications, sur le site Web du laboratoire.

Contributions aux expériences en construction

ATLAS

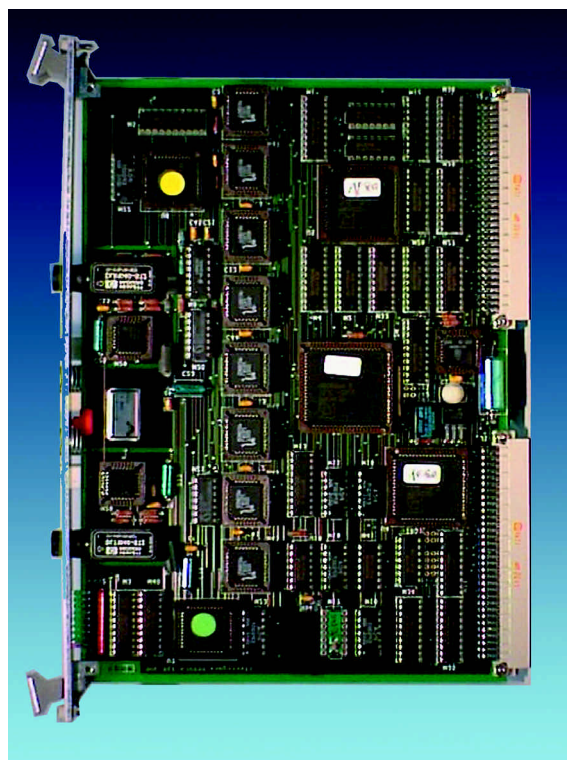
- Carte de Calibration (128 voies), développée en collaboration avec le LAL Orsay, permet la génération de séquences d'impulsions calibrées. L'étude d'un ASIC en technologie durcie (Dmill) est en cours (120 cartes à produire).
- Carte de réception et traitement numérique des données (ROD) : après le Minirod, un cahier des charges a été établi en liaison avec l'Université de Genève, Nevis et le CPPMarseille. Un démonstrateur est en cours d'étude. Le LAPP est chargé de l'intégration de l'algorithme sur le DSP (production : 800 cartes). Le système de test des cartes ROD sera assuré par la réalisation d'un injecteur de données 2,4Gbits/s commandé par VME.
- Pour l'assemblage des modules du calorimètre ATLAS, un ensemble de test a été conçu au sein d'une collaboration LAPP-SACLAY-CPPM : un système de calibration, un test basse fréquence sur la haute tension, un générateur programmable pour valider la connectique, une carte de sécurité Haute Tension, un multiplexeur pour la mesure des capacités. Ceci permet de mémoriser tous les paramètres électriques du module ainsi que toute la connectique associée.



Banc de test pour l'assemblage des modules du calorimètre d'Atlas

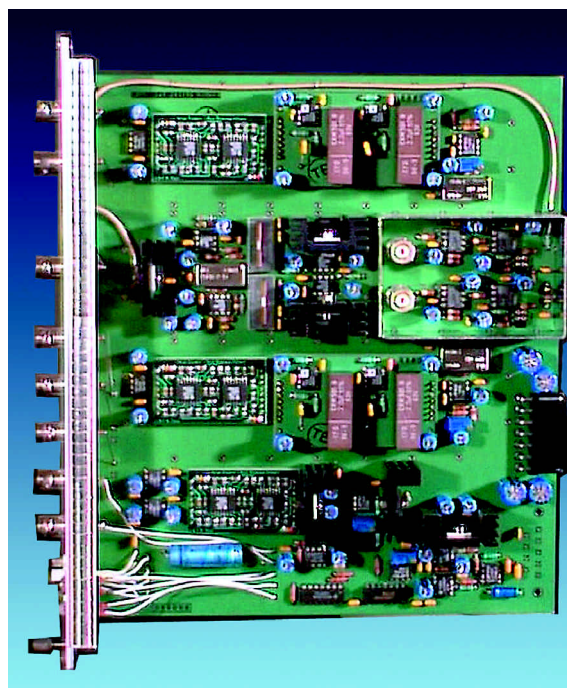
VIRGO

- L'électronique comporte une partie analogique proche du détecteur, constitué de photodiodes, de bonne efficacité quantique. Le LAPP a réalisé un amplificateur de bruit inférieur au photocourant et de très grande dynamique. Le LAPP a participé à la définition des schémas de modulation, des asservissements globaux, a développé les bancs de mesures radiofréquences. Il a la responsabilité de la conception de l'électronique analogique du banc de détection. Ces engagements ont conduit au développement de méthodes de mesure et de bancs de tests spécifiques dans le domaine radio fréquence : analyse spectrale, mesures d'impédance et de linéarité en hautes fréquences (6-20 Mhz).



Carte DOL expérience VIRGO

- L'acquisition de données de l'expérience Virgo regroupe de façon synchrone les informations collectées sur plusieurs sites séparés par des distances importantes (3 Km). Le LAPP a réalisé la conception et la production de 80 cartes VME «TIMING» et de 100 cartes DOL (Digital Optical Link : débit 20Mb/s, standard VME) destinées à cette synchronisation.



Carte diode expérience Virgo

- 30 caméras CDD, à sortie digitale, associées à des cartes VME pour l'acquisition des données, permettent de localiser et de visualiser le faisceau laser.

CMS

- Un circuit intégré «injecteur de charges de précision» en technologie BiCmos Dmill 0.8 micron durci aux radiations. Ce circuit est capable d'injecter des signaux de référence au niveau de chaque préamplificateur.
- Un circuit intégré numérique (utilisation du langage de haut niveau Verilog synthétisé avec une bibliothèque de circuit intégré DMILL 0.8 microns) pour la commande numérique de l'injecteur de charges de la calibration ECAL. La prochaine étude est l'intégration sur un seul circuit (cinq voies par circuit) de cet injecteur, de la commande numérique associée et du convertisseur.
- Le LAPP a réalisé l'asservissement et la programmation du prototype du carrousel de mesure des cristaux (Accos).

BABAR

Le LAPP a eu la responsabilité de la conception et de la construction du système de gaz du détecteur central de traces pour l'expérience BABAR. Dans ce cadre, il a construit une chambre à dérive assurant le contrôle en ligne du gain des cellules de détection du détecteur à l'aide d'une source de FE 55. L'électronique (Nim, Camac, Vme) est contrôlée par un programme d'acquisition développé en C++ .

Les expériences futures

AMS

L'équipe du LAPP, engagée sur AMS, a résolu les nombreuses contraintes liées à l'utilisation de cartes électroniques dans le domaine spatial . Elle a réalisé le système de haute tension et l'électronique de traitement du signal, issu du détecteur Cherenkov à aérogel. Pour l'expérience AMS2, le LAPP étudie l'électronique front-end du calorimètre électromagnétique.

Neutrinos

Le LAPP fait partie d'un groupe de travail (IPNLyon, LAL et LAPP) pour le calorimètre du projet NGS, chargé d'étudier l'électronique de lecture associée aux HPD en technologie intégrée.

Les développements techniques

Dans la mesure de leur disponibilité et compte-tenu de leurs compétences, les équipes techniques ont la possibilité d'entreprendre des développements non directement liés aux expériences, mais comportant une «valeur ajoutée» significative. Ainsi deux projets ont été gérés dans les équipes Atlas et Cms:

Sonde de Langmuir

Suite à l'étude de «faisabilité» concernant la conception d'un

préamplificateur intégré de la lecture d'une sonde de Langmuir pour l'Esa, les résultats encourageants se sont concrétisés par la signature d'un contrat pour la conception et les tests de ce préamplificateur. Ce contrat nous permet d'embaucher un IE en CDD.

Circuit intégré numérique

Dans le cadre de C4I, et pour l'électronique LHC, un circuit intégré numérique complexe a été réalisé en liaison avec une équipe de microélectronique du CERN.

Les activités d'intérêt général

L'activité Achat

Un service de 3 personnes assure les achats des composants, des appareillages électroniques et intervient ponctuellement en tant que consultant sur les achats d'autres services (informatique, mécanique, administration). Le service oriente et contrôle les approvisionnements, assure la sous-traitance; il est l'interlocuteur privilégié des physiciens, ingénieurs et techniciens au niveau des conseils techniques; il organise des forums de rencontre. De nouveaux outils informatiques ont été mis en place: 4D, pages web dédiées, serveurs de documentation technique.

L'activitéIAO/CAO

Deux personnes ont la charge de l'installation, des tests et de la maintenance des matériels et des logiciels. Elles assurent d'autre part le support aux utilisateurs. Le LAPP bénéficie, avec les laboratoires de l'IN2P3, d'outils informatiques communs (logiciels de la société Cadence): la saisie de schéma (Concept), les logiciels de placement-routage (Allegro et Spectra), le simulateur comportemental (Vhdl), les simulateurs logiques (Verilog) et analogique (Awb, Eldo), le logiciel de synthèse (Synplify), les logiciels liés aux circuits programmables (Altera, Amd, Xilinx), les logiciels de circuits intégrés (Artist). Le LAPP est site «mainteneur et expert» pour les circuits Altera et l'outil de synthèse «Synplify».

L'enseignement, les stages

Le service met ses connaissances au service des enseignements en IUT, en formation alternée, dans les formations de l'IN2P3. Des stagiaires d'IUT ou d'école d'ingénieurs sont accueillis chaque année dans les différentes expériences.

La formation permanente

Tous les membres du service ont participé au moins à un stage durant ces cinq dernières années. Le plan de formation est fondamental pour identifier et définir les propositions de stages : logiciels Cadence, conduite de projets, standard d'acquisition, technologies durcies, techniques de conversion, fibres optiques entre autres.

Service Informatique

F. Chollet, M. Alexeline, A. Bazan, F. Bellachia, Y. Bertsch, C. Billat, M. Cottin, A. Derible, G. Dromby, D. Dufournaud, N. Iribarnes, T. Le Flour, S. Lieunard, J.J. Loesch (CDD), M. Maire, M.L. Marmoux, A. Masserot.

Stagiaires : T. Arthus, P. Golliet, M. Tardy, P. Veyre.

Le service informatique assure la mise en place et l'administration des systèmes et réseaux informatiques nécessaires à l'activité du laboratoire. Il assure également le support de l'informatique scientifique, technique et administrative.

Deux équipes en informatique contribuent également aux projets des groupes de physique en apportant une expertise dans les domaines du temps réel, du génie logiciel ou encore des technologies orientées objet.

Objectifs

- Garantir le bon fonctionnement et la sécurité des systèmes et réseaux informatiques du laboratoire.
- Assurer la maintenance des services aux utilisateurs et l'administration des ressources interactives communes.
- Offrir l'assistance nécessaire à la bonne utilisation des ressources aux 200 utilisateurs du laboratoire
- Assurer un support technique aux autres services du laboratoire.
- Assurer le support en informatique des projets expérimentaux.
- Contribuer à la conception et à la mise en œuvre des systèmes et logiciels destinés à acquérir et à traiter en temps réel les données issues des détecteurs assemblés pour les expériences de physique.
- Contribuer au développement et à la gestion des chaînes logicielles spécifiques utilisées pour l'analyse en temps différé des données des expériences.

Organisation

- Une équipe de six ingénieurs et techniciens est chargée de l'ensemble des services généraux en informatique: équipement informatique, administration systèmes et réseau, gestion du parc microinformatique.
- Dix ingénieurs spécialisés dans les domaines du temps-réel, du génie logiciel et des technologies orientées objet travaillent au sein d'équipes de projet pour les groupes d'expériences.
- Une équipe est spécialisée dans le domaine de l'acquisition et le traitement en ligne des données.
- Une autre équipe prend part au développement et à la gestion des logiciels spécifiques à la discipline, notamment les logiciels utilisés pour la simulation et l'analyse des données en temps différé.
- Une personne assure un service en infographie : création et gestion des documents multi-média.

Ressources informatiques

Les ressources informatiques du laboratoire sont destinées à la mise en place de services généraux (impression, messagerie, sauvegarde, web...) et au support de l'activité interactive du personnel scientifique, technique et administratif. Pour cela, le laboratoire dispose d'une architecture réseau performante ayant recours à des serveurs d'applications et des ressources en réseau. L'organisation actuelle combine :

- Une administration centralisée des services informatiques (messagerie, web, service de nommage et d'annuaire...)
- Une gestion distribuée des ressources (disques et CPU) par groupes d'utilisateurs qu'il s'agisse de groupes de physique ou de services techniques et administratifs.

Aujourd'hui, au sein de l'infrastructure informatique, les machines serveurs généralistes ont cédé la place à des serveurs dédiés. Cette évolution a été rendue possible par les performances accrues du réseau local et la mise en place d'un ensemble de trois commutateurs Ethernet 10-100 Mbit/s interconnectant les principaux serveurs et segments Ethernet. Dès 1995, le LAPP faisait le choix de la technique de la commutation ETHERNET qui permettait d'amorcer l'évolution du réseau informatique local vers les hauts débits en conservant l'investissement existant. Aujourd'hui, le laboratoire est déjà attentif à l'évolution des débits vers le Gigabit.

L'informatique au LAPP est conditionnée par la recherche et de ce fait respecte une cohérence forte avec le monde de la physique des particules dont les moyens de calcul sont géographiquement distribués entre les centres de calcul déportés (CC-IN2P3, CERN), les sites expérimentaux et les laboratoires. L'évolution des réseaux de recherche, particulièrement sensible dans notre domaine, est conditionnée par les volumes croissants de données, le besoin de temps de réponse et de qualité de service ainsi que l'évolution des applications (vidéo-conférence, calcul distribué, métacomputing...).

Le LAPP est actuellement relié à l'INTERNET par une liaison spécialisée à 2 Mbit/s avec le centre de calcul de l'IN2P3 à LYON, lui-même relié à tous les laboratoires de l'IN2P3 (réseau PHYNET), au réseau de la recherche (RENATER), ainsi qu'au CERN à Genève. Cette situation va sans doute évoluer avec

l'arrivée de RENATER 2 qui propose outre un saut quantitatif en Bande passante, la mise à disposition d'une infrastructure IP sur ATM. Cette perspective rend en effet possible la création d'un réseau intranet, véritable réseau privé virtuel reliant tous les laboratoires de l'IN2P3.

Infographie

En 1998, un service dédié à l'infographie a été créé au laboratoire, avec pour mission d'assurer les prises photo et vidéo, l'archivage des documents, la conception de pages WEB, la réalisation de travaux graphiques, ainsi que la création et la gestion des documents multimédia. Cette initiative récente répond à un besoin de tous les groupes expérimentaux et contribue à améliorer la communication et la diffusion interne ou externe de l'information scientifique et technique. Depuis un an, le service d'infographie a numérisé les photos d'archives et participe à la création d'une photothèque numérique au Centre de Calcul de Lyon. Basée sur la procédure d'archivage mise en place par le Centre de Calcul de Lyon pour les besoins de l'institut, la photothèque du LAPP a été créée conjointement à celle de l'IN2P3. Le service d'infographie réalise également des travaux de création graphique et différents supports de communication (cd roms, montages photo, cartes professionnelles, panneaux...) pour des besoins et occasions multiples : folios de fabrication, notices de montage, présentation de réalisations techniques, Science en fête, cérémonies, relations extérieures.

Projets expérimentaux

Systèmes temps réel d'acquisition et de traitement en ligne

L'implication des informaticiens au sein des groupes permet d'apporter des solutions techniques pour la mise en œuvre de systèmes temps réel d'acquisition et de traitement en ligne. La contribution apportée au groupe VIRGO depuis plus de cinq ans a permis l'élaboration de solutions matérielles mais également le développement et l'optimisation d'applications temps réel spécifiques. Le groupe a acquis une expertise très pointue dans les domaines techniques VME/VSB, UNIX et LynxOS, assurant notamment la mise en œuvre des bancs de tests instrumentés et la mise au point des pilotes de cartes électroniques spécifiques. Plus récemment, l'équipe s'est spécialisée dans la technologie DSP assurant différentes études préliminaires au projet ROD du groupe ATLAS.

VIRGO

Le service informatique participe à la conception et à la mise en œuvre du système d'acquisition de l'expérience VIRGO. Les développements logiciels pris en charge concernent le système de lecture, de collection et de mise en forme des données de l'expérience, le système de génération et de distribution des signaux d'horloges ainsi que les logiciels de contrôle du banc de détection de l'expérience.

ATLAS

Les implications informatiques sont étroitement associées au projet ROD (Read Out Driver). Electroniciens et informaticiens collaborent en effet à l'élaboration d'un élément de la chaîne de lecture du calorimètre électromagnétique de l'expérience. L'équipe est associée à l'étude du système de calibration et de surveillance en ligne dédié au détecteur.

Logiciels spécifiques – Support pour la simulation et l'analyse des données

Le service informatique contribue au sein des groupes du laboratoire au développement et la mise en œuvre des logiciels propres à la discipline, permettant notamment la simulation ou l'analyse des données expérimentales en temps différé. L'évolution la plus marquante de ces dernières années concerne l'approche " orientée objet " qui tend à se généraliser à toutes les étapes d'un projet logiciel depuis la conception jusqu'au codage. Compte tenu de l'évolution des besoins des expériences et de l'évolution rapide des technologies, l'organisation du calcul scientifique et l'élaboration des systèmes de gestion des données sont des enjeux majeurs pour aborder l'ère du LHC. La contribution des informaticiens aux projets futurs, la nature du support informatique qui sera essentiel aux groupes impliqués dans l'analyse des données expérimentales doit faire l'objet d'une attention toute particulière.

CMS - CRISTAL

Une équipe de trois ingénieurs a développé en collaboration avec le CERN, l'INFN et l'Université de Bristol un outil de gestion de la production et de contrôle de la qualité du calorimètre électromagnétique de l'expérience CMS. La première version du logiciel CRISTAL a été fournie à la collaboration et fait aujourd'hui l'objet d'une démarche de valorisation auprès de l'industrie. En effet, par opposition aux outils existants de type EDMS qui permettent d'automatiser la gestion des documents d'ingénierie pendant la phase de conception d'un projet, CRISTAL est un outil complet d'aide à la conduite de projet de construction, capable de gérer l'ensemble des phases depuis la conception jusqu'à l'exploitation. Utilisé dès aujourd'hui par l'expérience CMS pour gérer la production du calorimètre, le système est en mesure de collecter l'ensemble des informations qui permettront de caractériser le détecteur et d'en établir la géométrie. Il peut également gérer les données de calibrage établies au cours des différentes phases de validation du détecteur.

Simulation du détecteur CMS et expertise GEANT4

Le logiciel GEANT 4 définit un cadre général pour la reconstruction et l'analyse des expériences au LHC. Faisant appel aux technologies orientées objet, Il succède au logiciel GEANT 3 encore communément utilisé en Physique des Particules comme outil d'aide à la simulation des dispositifs expérimentaux. Aujourd'hui, la contribution de l'IN2P3 à la

collaboration GEANT4 valorise le travail de recherche et développement effectué dans le cadre de la collaboration RD44. L'expertise acquise permet d'offrir aux groupes un support à l'utilisation de GEANT 4. Des travaux de simulation du détecteur CMS, en particulier du calorimètre électromagnétique, ont déjà débuté.

Support pour l'exploitation des données des expériences LEP

Les deux groupes expérimentaux d'ALEPH et de L3 bénéficient de l'expertise d'un ingénieur pour l'exploitation de leurs données auprès du CCIN2P3. Cette activité implique la mise en place et le suivi de la totalité des logiciels d'analyse, de Monte-Carlo et des bases de données propres à chaque expérience. Ce support n'est pas restreint aux physiciens du LAPP mais accessible à l'ensemble des membres de L3-France et ALEPH-France travaillant au CCIN2P3. Il importe dès à

présent de suivre l'évolution de ces besoins qui iront très certainement croissants à l'ère LHC.

BABAR : outil de navigation et de visualisation de base de données OO

Véritable cas d'école pour l'application des technologies orientées en physique des particules, l'expérience BaBar est l'une des premières à utiliser un code de reconstruction et d'analyse Orienté Objet et à avoir choisi en particulier de stocker ses événements dans une base de données OO, basée sur le produit Objectivity.. Dans ce cadre, l'équipe réalise un outil permettant d'explorer de façon interactive les événements de physique stockés dans la base de données de l'expérience. Ce logiciel est complémentaire aux outils de visualisation graphique. Il permettra de vérifier l'intégrité des événements et de pratiquer des sélections en vue de lancer des programmes d'analyse.

Service Mécanique

C. Girard, J. Ballansat, J.P. Baud, F. Cadoux, M. Cailles, A. Chatelain, P. Delebecque, J.M. Dubois, G. Gaillard, L. Giacobone, A. Jérémie, L. Journet, C. Le Marec, J.C. Le Marec, J. Lesueur, B. Lieunard, P. Mugnier, I. Montero, P. Petitpas, R. Sottile, J. Thion

Stagiaires : D. Bertsch, S. Derible, X. Léger, L. Martinez, P. Montillet, K. Nicot, F.H. Robert, F. Socquet-Clerc, L. Thiebaut

Conception, étude, réalisation, C.A.O et calculs de structures sont les domaines d'activité des 21 agents du service de mécanique du LAPP. La mission du service consiste à prendre en charge la réalisation d'un ensemble ou d'un sous-ensemble mécanique d'un appareillage de physique. Son organisation s'articule autour d'un bureau d'étude et d'un atelier.

Participation aux expériences

Au cours des deux dernières années, les réalisations du service ont porté sur les expériences suivantes:

Virgo : Tests optiques pour la détection du signal, réalisations de pièces mécaniques très précises, puis études et réalisation du banc de détection définitif. La chambre à vide centrale a été assemblée à Cascina. Les premiers tests de vide ont permis d'obtenir 10^{-9} mbar après un étuvage à 150°C .

Atlas : Etude de l'assemblage de 64 absorbeurs et de 64 électrodes pour réaliser des modules d'un poids total de 3 tonnes avec une précision d'empilage de 0.05mm. Définition et calcul des anneaux structuraux du calorimètre électromagnétique, fabrication d'un anneau prototype et tests de déformation sur un châssis. Conception et réalisation d'une machine pour le pliage des électrodes en kapton et bandes de cuivre. Rédaction des documents techniques pour les appels d'offre.

Babar : Conception et assemblage d'un calorimètre électromagnétique constitué de 12 cristaux CsI (Iodure de Césium) avec une lecture par photomultiplicateurs équipés de guides de lumière. Etudes, tests, mise au point de sa régulation et réalisation du système de circulation de gaz pour le détecteur central. Le gaz utilisé est un mélange hélium isobutane. La chambre est mise en oeuvre à quelques millibars de pression, au-dessus de la pression atmosphérique, régulée à 0.1mbar. Les normes de sécurité imposées par la collaboration tiennent compte de l'activité sismique sur le site de SLAC.

AMS : Expérience spatiale, étude de faisabilité, définitions préliminaires d'un calorimètre électromagnétique composé de plomb et de fibre scintillantes. Nous devons caractériser les différents matériaux et simuler le comportement mécanique et thermique du calorimètre durant les différentes phases du vol.

Contrat CERN - Département 74 - LAPP (service de mécanique)

Le laboratoire a obtenu deux contrats d'étude portant sur la construction du LHC et financé par le département de Haute-Savoie :

L.H.C.3: Etude d'un procédé de soudure par ultra-sons de fils supra-conducteurs. Développement d'outillages, maîtrise du procédé, application du procédé aux interconnexions du

LHC, conception et implantation d'une machine spéciale sur LHC, étude de mise en forme et dénudage des fils, contrôle qualité, tests mécaniques et micrographiques, écriture de procédures spécifiques de fonctionnement.

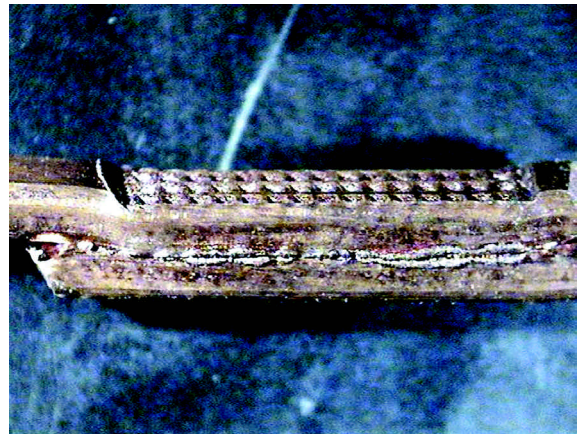
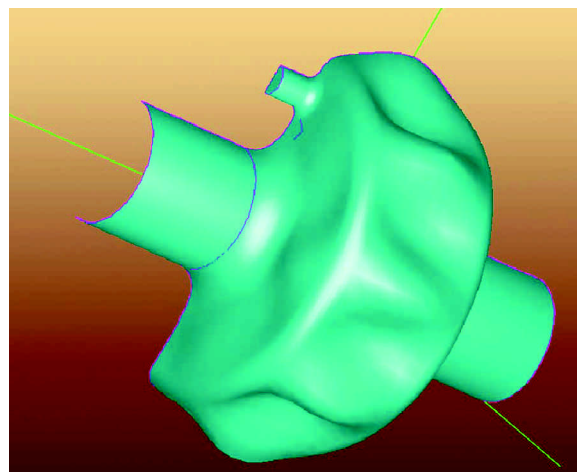


Photo d'une soudure par ultrasons, vue de profil.

L.H.C.4: Conception et calcul de corps de pompe ionique pour les chambres d'expérience ATLAS. Etude de stabilité au flambage, optimisation des matériaux et de la géométrie, construction de deux prototypes et validation des calculs, mise sous vide, essais de vitesse de pompage. Conception et calcul



Flambage d'enveloppe de pompe ionique pour les chambres d'expériences

de support de chambre à vide pour l'expérience ATLAS. Calcul de stabilité de la chambre à vide de LHC-b.

Ces contrats ont permis d'embaucher en CDD deux jeunes diplômés qui ont apporté au service des méthodes modernes d'organisation du travail : spécifications techniques de besoin, gestion de documentation par archivage centralisé, numérotation automatique des documents, différenciation de documents à usage interne ou public, planning prévisionnel, affectation des ressources, revues de conception, revues critiques de définition.

Dans le cadre de ces contrats, le service a développé un laboratoire de métrologie et de contrôle : machine de traction, coupe métallographique, traitement d'échantillons...

Conception des projets

Il s'agit, dans un premier temps, de concevoir à l'aide des outils informatiques la géométrie de l'appareillage, puis ensuite de proposer ou de mettre au point les matériaux qui seront utilisés. Les contraintes très spécifiques des cahiers des charges nécessitent des études approfondies.

Le plus souvent, les appareillages de quelques kilos à plusieurs tonnes s'inscrivent dans un environnement restreint. Une précision sur la réalisation des pièces pouvant aller jusqu'au micron est parfois requise. Les structures mécaniques n'ayant pas de fonction physique doivent être rigides et peu denses afin de ne pas dégrader la résolution de l'appareillage. C'est pourquoi, les matériaux composites à hautes performances mécaniques (fibre de carbone, fibre de verre...), apparaissent de plus en plus dans les structures de support. La géométrie des pièces réalisées devant être connue avec précision, leurs déformations sous chargement doivent être soigneusement calculées et contrôlées. L'uniformité et l'homogénéité des pièces construites deviennent alors des critères de qualité.

C'est le cas notamment dans la réalisation des électrodes cuivre-kapton pour ATLAS où il est nécessaire de caractériser les différents matériaux du sandwich. De même, des tests systématiques ont été effectués pour déterminer avec une grande précision les modules de Young et les coefficients de dilatation de tous les matériaux constituant l'absorbeur.

La réalisation de la chambre à vide centrale de Virgo, 7 tours plus les tubes de liaison, est un projet complet de génie mécanique. A la conception et aux études s'ajoute la traçabilité complète de ces enceintes propres pour ultravide, de leur élaboration jusqu'à leur installation sur site. Ceci implique la rédaction, pour les parties attribuées au LAPP, de documents techniques parfaitement structurés pour les appels d'offre et le choix des sous traitants. Il est indispensable de définir le mode de fabrication, les tests et les contrôles sur des documents établis conjointement avec les entreprises.

Etude et mise en oeuvre des matériaux

Pour les expériences sur faisceau, il peut s'agir de cristaux (BGO, PbW04, CeF3,...) ou de plastiques scintillants. Les cristaux sont le plus souvent élaborés en collaboration avec d'autres laboratoires français ou étrangers. Le service possède en particulier une expertise dans la découpe de ces matériaux fragiles (meules diamantées, lubrifiants spéciaux). Il peut s'agir également de matériaux plus classiques en physique des hautes énergies comme le fer ou le plomb dans l'expérience ATLAS. Le comportement, la mise en oeuvre ou l'utilisation de ces matériaux conduisent souvent à des réalisations nouvelles (collage en sandwiches avec du pré-imprégné, pliage en forme accordéon, etc...).

Dans tous les cas, est requise une connaissance parfaite de l'environnement dans lequel va fonctionner pour plusieurs années l'appareillage (taux de radiation, vide, tension électrique, température cryogénique, propreté).

Pour le bas de tour de VIRGO, une installation de pompage respectant les règles d'ultravide sans pollution d'hydrocarbure a été mise en oeuvre. Un vide de l'ordre de 10^{-10} mbar a été obtenu en présence d'une pression partielle d'hydrocarbure inférieure à 10^{-13} mbar. Ces résultats ont permis de valider l'ensemble du processus de fabrication des bas de tours. Les techniciens de VIRGO étudient et définissent des scénarios de mise en place des optiques à l'intérieur des tours dans des conditions extrêmes de propreté. Moins d'une particule de 0,1 micron par millimètre carré à la surface des miroirs doit être obtenue.

La formation et l'organisation dans le service

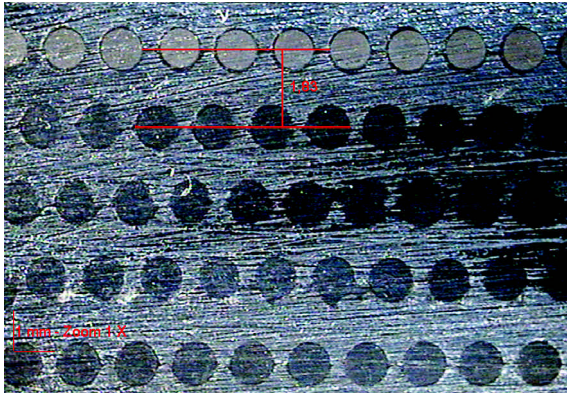
Les groupes s'inscrivent le plus souvent dans des collaborations internationales pouvant atteindre plusieurs dizaines d'équipes. Une compétition importante et des dates de réalisation souvent contraignantes demandent rigueur et organisation.

Compte tenu de la diversité des problèmes rencontrés, une forte adaptabilité des personnes du service est indispensable. Une bonne connaissance du tissu industriel local et national est également nécessaire pour le suivi des travaux en sous-traitance. Les connaissances du personnel sont régulièrement actualisées par le suivi de stages de formation aux techniques nouvelles. Signalons enfin que le service accueille chaque année 4 à 5 stagiaires d'horizons divers (IUT, maîtrise, école d'ingénieurs).

Parallèlement à ces activités, chacun se voit confier des tâches d'intérêt général nécessaires au bon fonctionnement du service (gestion du matériel, informatique, documentation technique, gestion de l'outillage, entretien du parc machines).

L'équipement logiciel et matériel

Le bureau d'étude est doté de la CAO 2D - 3D EUCLID standardisée au sein de l'ensemble des laboratoires de l'IN2P3. Dix stations de travail d'une capacité de stockage de 25 Giga octets sont affectées à l'activité conception. Cette structure permet la gestion et la réalisation d'ensembles mécaniques importants. Ces travaux peuvent être réalisés en collaboration avec d'autres laboratoires grâce à l'échange de fichiers par le réseau.

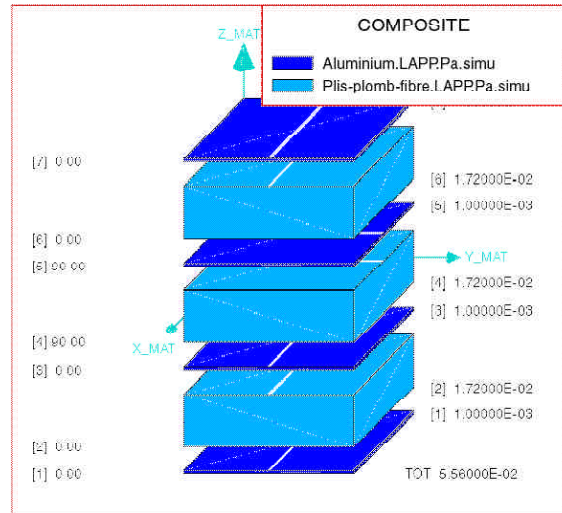


Section du calorimètre d'AMS2 (matériau scintillateur) montrant la répartition des fibres optiques noyées dans le plomb.

Le service possède également le code de calcul par éléments finis SYSTUS. Ce logiciel permet de réaliser des simulations sur le comportement des appareillages (thermomécanique, vibration, électromagnétique, composites), optimise les dimensions des pièces et diminue le nombre d'essais à réaliser avant de passer à la construction.

Virgo a utilisé également ce logiciel pour simuler le comportement du bas de tour pendant l'opération d'étuvage à 150°C (calcul des gradients thermiques et des contraintes mécaniques).

Pour la définition préliminaire du calorimètre d'AMS, nous utilisons "SYSTUS" pour calculer les modes propres de vibration et le calcul des contraintes mécaniques dans les cas de sollicitations dynamiques extrêmes sous des accélérations de 15 g (15 fois la pesanteur).



Utilisation du module SYSPLY (étude de composites) pour la modélisation par éléments finis de l'assemblage fibres-plomb du calorimètre.

Les moyens de réalisation

L'essentiel des réalisations se fait à l'extérieur. Localement ne sont élaborés que des prototypes. Le parc de machines-outils du laboratoire est très diversifié (fraiseuses, tours...), et permet la fabrication ou la mise au point de pièces en petite série. Un atelier de soudure (TIG, MIG) est également à la disposition des équipes.

Le service possède enfin une machine de mesure tri-dimensionnelle pour le contrôle des pièces réalisées dont la résolution peut atteindre 5 microns sur des déplacements de 700 mm. Cette machine a été utilisée pour mesurer la géométrie déformée dans l'azote liquide des tôles absorbeurs accordéon d'ATLAS. Son utilisation a permis de comparer la contraction de l'absorbeur et la fermeture des angles simulés par éléments finis. Dernièrement nous avons mesuré les 16 arceaux de l'anneau prototype de la structure porteuse du calorimètre ATLAS.

Enseignement - Formation

Relations avec l'industrie

Enseignement

Chargé de Mission : G. Sauvage

Professeurs :

SFA : R. Barate , D. Décamp, L. Di Ciaccio, J.C. Le Guillou, P. Salati, E.Sokatchev, R. Zitoun

IUT: R. Kossakowski, Y. Zolnierowski

Maîtres de conférence :

SFA : D. Buskalic, P. Chardonnet, L. Frappat , R. Taillet, F.Thuillier

IUT : I. De Bonis

AMN-AMX: L. Derome, F. Gelis, B. Trocmé

Moniteurs: C. Briot, D. Maurin, E. Merle

Quinze enseignants-chercheurs en poste à l'Université de Savoie effectuent leurs recherches au LAPP, de même que six moniteurs ou moniteurs normaliens (AMN) ou moniteurs polytechniciens. Ils dispensent leurs enseignements dans les trois cycles universitaires (campus de Chambéry), à l'IUT d'Annecy et à l'ESIA (Ecole Supérieure d'Ingénieurs d'Annecy). Trois d'entre eux sont rattachés à l'IUT localisé à Annecy, les autres l'étant à l'UFR Sciences Fondamentales et Appliquées (SFA). En outre, une quinzaine de chercheurs, ingénieurs et techniciens CNRS du laboratoire participent également à ces enseignements.

1er et 2ème cycles

Le LAPP contribue aux enseignements de 1er cycle universitaire (DEUG Mathématiques et Informatique Appliquées aux Sciences, Sciences de la Matière, Sciences et Technologie pour l'Ingénieur, Sciences de la Terre et de la Vie) localisés au Bourget du Lac ainsi qu'à ceux de Mathématiques, Physique, Electronique, Informatique et Réseaux à l'IUT d'Annecy.

Par ailleurs, les enseignants chercheurs du LAPP assurent l'essentiel des enseignements de physique des licence et maîtrise de Sciences Physiques ainsi que des licence et maîtrise de Physique sur le site chambérien. Le LAPP participe également aux enseignements de la MST de Physique Appliquée et

Instrumentation, localisée à l'ESIA.

En outre, le LAPP contribue, en deuxième cycle, aux enseignements de plusieurs filières de l'ESIA. Des enseignements de mathématiques, physique, électronique, informatique y sont dispensés par des enseignants, chercheurs, ingénieurs et techniciens du laboratoire.

3ème Cycle

Le LAPP a pris une part importante dans la création, en 1991, du DEA de Physique Théorique Rhône Alpin commun à l'ENS Lyon et aux universités de Savoie, Grenoble I et Lyon I. Ce DEA a longtemps été dirigé par un enseignant chercheur de l'Université de Savoie. Des chercheurs et enseignants chercheurs du LAPP y assurent des cours dans le tronc commun et dans les options.

Des enseignants et des chercheurs du LAPP contribuent également aux enseignements du DEA d'Instrumentation et Mesures et du DEA de Matière et Rayonnement (cohabilités Université de Savoie, UJF, INPG).

Au total, ce sont environ 4000 heures d'enseignement qui sont dispensées à l'IUT et dans les trois cycles universitaires dont 3200 par les enseignants de l'Université et 1000 par le personnel CNRS du LAPP.

Formation par la recherche

Chargé de Mission : B. Aubert, Assistante : M. Froger

Stages au laboratoire

Une finalité importante du CNRS est la diffusion des connaissances. Il est donc naturel que le laboratoire accueille chaque année un grand nombre de stagiaires ; la demande est importante, la bonne volonté des agents est grande, mais afin d'assurer une bonne qualité pour l'encadrement des stagiaires, nous sommes amenés à en limiter le nombre.

Il nous faut considérer plusieurs types de stages:

- En premier lieu, les stages qui sont proposés à de futurs physiciens : ceux dont le but est de susciter une vocation (élèves de magistères) et ceux des élèves des différents DEA avec lesquels nous travaillons. Nous avons encadré sur les deux années considérées 10 stages de DEA instrumentation ou physique de particules et 12 stages d'initiation. Les possibilités offertes dépendent fortement des phases dans lesquelles se trouvent les expériences du laboratoire: construction, analyse de faisceau tests, simulation, analyse de données.
- Grâce à la haute technicité du laboratoire, une forte demande nous est adressée en provenance des formations bac+2 (BTS et DUT) ainsi que des formations d'ingénieurs. Nous avons une responsabilité locale qui nous oblige à réserver quelques places pour les formations annéciennes.

Cependant le type de travail que nous accomplissons est mieux adapté aux demandes des écoles d'ingénieurs, bac+5. En effet ces stages sont deux fois plus longs que les stages type IUT, les étudiants peuvent ainsi mieux appréhender les problèmes et les outils pour les résoudre. En deux ans, nous avons accueilli 28 stagiaires techniques: 19 niveau bac +2 et 9 niveau bac+5. Tous les services participent à cet effort de formation.

- Enfin le panorama ne serait pas complet si l'on omettait de mentionner les nombreuses visites, participations aux journées «portes ouvertes», ainsi que l'organisation deux fois par an de mini-stages de trois jours que l'Education Nationale a instauré dans le cadre des classes de troisième des collèges. Une présentation des métiers de la Recherche est assurée pendant ces trois jours de présence dans une unité de recherche du CNRS. Ces stages se terminent généralement par une visite d'expériences construites par le laboratoire sur le site du CERN et présentées par les physiciens.

C'est donc globalement 50 stagiaires qui ont effectué au laboratoire un séjour d'une durée comprise entre six semaines et six mois pour mettre en application leurs connaissances théoriques, quarante quatre d'entre eux dans les services techniques (voir dans les pages des groupes et services) et six au sein du service administratif : A. Artero, C. Carillat, S. Chiampo, A.L. Fontaine, G. Roy et M. Rabot.

Formation permanente

Chargé de Mission : B. Aubert, Assistante : S. Guilhem

Dans la vie de notre laboratoire, la formation permanente est nécessaire afin de permettre aux agents de suivre les évolutions de leur métier et ainsi d'être plus à l'aise dans leur fonction.

Pour une unité de 125 agents CNRS dont 80 ITA, le nombre de jours de formation suivis est de l'ordre de 250 par an soit 2 jours de formation par agent. Cependant ce chiffre doit être interprété. En effet, la répartition parmi le personnel n'est pas uniforme, certains métiers nécessitant une mise à jour plus continue que d'autres. Globalement un agent sur trois en bénéficie, certains suivent plusieurs stages dans l'année.

Plusieurs canaux de formation sont utilisés. Environ 75% sont des formations pluridisciplinaires et généralistes qui sont organisées par la délégation régionale du CNRS. L'IN2P3 organise des écoles thématiques et des séminaires spécialisés pour l'ensemble de ses unités. Enfin, de nombreux constructeurs proposent des journées de formation.

Parmi les formations généralistes, il faut mentionner les cours de langues étrangères, la bureautique et les cours de technologie de base telle que «cryogénie» et «technique du vide». Ceux-ci répondent à un besoin de mise à jour des connaissances. Les écoles thématiques (détecteurs, conduite de projet, électronique rapide,...) sont extrêmement appréciées par le personnel. Elle permettent de recueillir un acquis culturel commun aux agents de différents laboratoires et nouent parmi eux un réseau de relations. Plusieurs ingénieurs du laboratoire ont accepté des responsabilités dans l'organisation de ces écoles et y ont enseigné. Enfin les formations aux logiciels CAO-IAO sont réalisées par les concepteurs qui assurent également la maintenance et l'évolution de leur produit.

Alors que toutes ces formations ne bénéficiaient il y a encore quelques années qu'aux ingénieurs, maintenant tous les corps de métier reçoivent un enseignement approprié à leur fonction, y compris les administratifs qui ont été souvent délaissés dans le passé. Le nombre de jours de stage est réparti équitablement entre les quatre services du laboratoire : administration, électronique, informatique et mécanique.

Relations recherche-industrie

Chargé de Mission : B. Aubert

Bien que la vocation première du laboratoire soit la recherche fondamentale, celui-ci a développé, dans le cadre de ses réalisations, de nombreux contacts avec le milieu industriel régional grâce aux relations avec la chambre de commerce, l'agence économique départementale et les décideurs du département de Haute-Savoie. Evidemment une part très importante du budget de fonctionnement et d'équipement des équipes du LAPP est dépensée dans la région, ce qui implique de la part de nos ingénieurs et chercheurs une bonne connaissance du tissu industriel local. Mais en plus de ces relations «normales» le LAPP participe à de nombreuses actions de diffusion des connaissances.

Les contacts multiples

Le LAPP fait partie du comité de rédaction du Journal d'Information Technologique de Haute Savoie (JITEC), pour lequel il écrit régulièrement des articles. Citons par exemple le dernier paru (N° 36 septembre 99) "Qualité et Management de projets dans la Recherche Publique". Le LAPP fait aussi partie de l'Association Capteurs Mesures et Instrumentation, réunissant universitaires, chercheurs et industriels.

Les journées "portes ouvertes", la participation à différents salons régionaux sont aussi l'occasion d'échanges entre le laboratoire et les industriels de Haute Savoie

Les contrats

Le LAPP peut être un intermédiaire privilégié entre de grands organismes de recherche tels le CERN et des PME-PMI qui auraient difficilement accès à ces instituts. Ainsi des contrats de recherche ont été passés avec le CERN et l'ESA, qui consistent à la réalisation d'études, de calculs, de prototypes ou de mise au point de procédés. Certaines de ces études sont directement en relation avec le milieu industriel, d'autres mettent en place des outils qui peuvent être mis au service de PME, notamment à travers la participation du LAPP au Pôle Technologique mis en place par le département de Haute-Savoie.

Le travail lié à l'exécution de ces contrats est développé dans les chapitres des services concernés. Rappelons cependant l'implication du service de mécanique dans un contrat mettant en jeu des industriels de la région (pour lesquels un processus d'utilisation d'outillage et de contrôle de qualité a été mis au point) avec un financement du département et celui du service d'électronique qui a obtenu un contrat de l'ESA pour développer une sonde de Langmuir.

Le Centre de Compétence de Circuits Intégrés C4I

Le Centre de Compétence de Circuits Intégrés C4I, créé à ARCHAMPS grâce à une équipe du laboratoire, met ses compétences à disposition des industriels de la région dans le cadre d'un GIP (Groupement d'Intérêt Public). Ce GIP, formé entre le CNRS/IN2P3, l'Université de Savoie et un groupement d'entreprises avec le concours du Département de la Haute-Savoie, dote la région d'un outil technologique

capable de favoriser l'implantation de compétences nouvelles et essentielles au développement de l'industrie locale.

Le C4I s'est vu confier deux missions essentielles :

- une mission de dissémination des connaissances et des compétences en micro-électronique. Le C4I fonctionne comme un centre de ressources technologiques à vocation assez généraliste en électronique et capteurs, largement ouvert sur le monde scientifique et universitaire. Vis à vis des entreprises et des laboratoires, il joue un rôle de relais entre ces deux pôles tout en mettant à leur disposition un important réseau relationnel.
- une mission d'accompagnement technologique des petites entreprises et des laboratoires pour la mise en oeuvre de technologies pour lesquelles C4I a développé un ensemble de compétences et de services en s'équipant des ressources matérielles et logicielles adéquates.

Dans le cadre de ses missions le C4I s'appuie sur des dispositifs d'aide publique aux PME. Il a notamment reçu l'agrément "centre associé JESSICA", composante française du programme européen JESSI/SMI SUPPORT qui consiste à mener des actions de support et d'aide au développement et à l'utilisation d'ASICs (Application Specific Integrated Circuits) en faveur des petites entreprises.

Pour permettre concrètement aux industriels et aux laboratoires d'introduire la micro-électronique dans leurs produits, le C4I a été amené à développer des activités multiples :

- études de faisabilité
- établissement d'un cahier des charges en micro-électronique
- conception de circuits intégrés : prise en charge partielle ou complète du cycle de création d'un ASIC, le plus souvent en partenariat direct avec l'entreprise
- mise en place d'un réseau fondeurs
- mise en service à partir de 1997 d'une activité test
- expertise en "packaging" et MCM (Multi Chip Module)
- mise en place de la sous-traitance pour l'encapsulation des circuits
- veille technologique, bibliothèque, organisation de séminaires
- actions de formation destinées aux personnels des entreprises et laboratoires.

Vie Scientifique

Communication

Séminaires de Physique Expérimentale

Chargé de Mission : P. Perrodo

Année 1998

Les sursauts gamma

R. Mochkovitch (Inst. d'Astrophysique de Paris)

L'astronomie Gamma au sol : progrès instrumentaux et résultats récents.

B. Degrange (XLPHNE, Palaiseau)

La mission spatiale Planck Surveyor et l'observation du fond de rayonnement cosmologique.

J. Haissinski (LAL, Orsay)

La fragmentation au LEP et partout ailleurs

J. Gascon (Université de Montréal)

Le projet d'Observatoire Pierre Auger (rayons cosmiques au-delà de 10^{19} eV)

P. Billoir (LPNHE, Paris)

Recent Results from SLD

G. Crawford (SLAC)

Les désintégrations doublement-charmées des mésons B et le problème du taux de branchement semi-leptonique

J-P. Lees (LAPP, Annecy)

Le Boson W à LEP2 : mesure de sa masse et physique électro-faible.

H. Przysiezniak (CEA, Saclay)

La calorimétrie électromagnétique de CMS.

H. Hillemanns (XLPNHE, Palaiseau)

L'expérience HELLAZ et la Physique des Neutrinos

T. PATZAK (PCC, Collège de France)

Etude des collisions d'ions lourds auprès des collisionneurs RHIC à Brookhaven et LHC au CERN.

B. Erazmus (SUBATECH, Nantes)

Recherche directe du boson de Higgs (SM) au LEP.

M. Boutemeur (Ludwig Maximilian Universität, Munich)

La physique des photons directs en collisions hadroniques.

M. Werlen (CERN - EP)

Détermination de α_s et physique électrofaible à la résonance du Z.

E. Tournefier (LAL, Orsay)

Oscillations Neutrino 1998

J-M. Gaillard (LAPP, Annecy)

AMANDA, the neutrino detector in deep ice.

P. O. Hulth (University of Stockholm)

La structure interne du Soleil après deux ans de mission SOHO

S. Turck-Chièze (CEA, Saclay)

Résumé des conférences d'été (Vancouver et Santa Fe).

G. Bassompierre, G. Coignet, G. Sauvage et J.P. Vialle (LAPP)

Revue des résultats sur les W à LEP

S. Jézéquel (LAPP)

Violation de parité dans la diffusion ep -> ep.

D. Lhuillier (CEA, Saclay)

Les progrès récents dans l'évaluation du couplage électromagnétique à la masse du Z.

M. Davier (LAL, Orsay)

Measurements of R at the Beijing e+e- collider électrofaible.

Z. Zhao (IHEP, Beijing)

Are cosmic rays a cause of global warming?

J. Kirkby (CERN, Genève)

L'expérience ATHENA

R. Landua (CERN, Genève)

Séminaire des étudiants en 1ère année de thèse

Y. Baek : *La calibration électronique du calorimètre électromagnétique de CMS.*

A. Balandras : *Recherche de particules supersymétriques à L3 au LEP dans les états finaux leptoniques et calibration du détecteur électromagnétique.*

C. Briot : *La matière noire supersymétrique.*

F. Brochu : *Recherches de particules supersymétriques avec violation de la R-parité dans le détecteur L3 à LEP II.*

D. Maurin : *Etude du spectre «classique» d'antiprotons dans notre galaxie.*

S. Murray : *CRISTAL : Optimisation de la production d'un grand instrument de physique.*

H. Zaraket : *Production de photons dans un plasma de quarks-gluons.*

Les modèles de masses de neutrinos et leurs prédictions

S. Lavignac (CPT Saclay et Université de Bonn)

Towards a Precise Parton Luminosity Determination at the CERN LHC

M. Dittmar (ETH, Zürich)

Les météorites antarctiques carbonées et les mystères de nos origines
M. Maurette (CSNSM, Orsay)

Année 1999

LIGO: Progress on building the detector

A. Lazzarini (Caltech)

Résultats de NEMO2 et performances attendues pour NEMO3

F. Piquemal (CENBG)

Etat actuel de la physique du tau

J-C. Brient (LPNHE, Palaiseau)

Peut-on définir l'antimatière en Relativité Générale

G. Chardin (CEA, Saclay)

Two Photon Physics at LEP

M. Wadhwa (Basel Universität)

GLAST et les accélérateurs à haute énergie dans l'univers

I. Grenier (CEA, Saclay)

Test de la non localité quantique sur 10km

W. TITTEL (Univ. Genève)

Le projet ANTARES

J. Carre (CPPM, Marseille)

Evidence for atmospheric neutrino oscillations at super-kamiokande

D. Casper (University of California, Irvine)

La recherche de particules supersymétriques à LEP2

P. Rebecchi (INFN, Padoue)

Study of CP,T and CPT symmetries with the CPLEAR experiment

P. Bloch (CERN)

Les expériences du LHC face à la recherche de la supersymétrie

S. Gascon-Shotkin (IPN, Lyon)

Implications of Low Energy $e+e-$ Annihilation into Hadrons

S. Eidelman (Novosibirsk)

Les anneaux de stockage à muons et la physique des neutrinos

A. Blondel (XLPNHE, Palaiseau)

Résultats choisis de HERA et perspectives

C. Vallée (CPPM, Marseille)

La physique des particules appliquée au problème de l'élimination des déchets nucléaires

J-P. Revol (CERN)

Les résultats de la phase I de l'expérience AMS

R. Kossakowski (LAPP)

Mesure du paramètre de violation directe de CP par l'expérience NA48 au CERN

I. Wingerter-Seez (LAL/LAPP)

Résumé de SUSY 1999 et des Houches

S. Lees-Rosier, G. Belanger et J.Ph. Guillet (LAPP)

Résumé des conférences de l'été (I)

D. Buskulic, J-M. Gaillard, H. Kambara, R. Kossakowski, R. Lafaye

Résumé des conférences de l'été (II)

G. Coignet, C. Goy, M-N. Minard, B. Mours

Quelle origine pour les rayonnements de très haute énergie de l'univers?

G. Henri (LAOG, Grenoble)

Recherche du Higgs : la situation au démarrage du LHC

L. Poggioli (LPNHE, Paris VI & VII)

Les déformées gravitationnelles du soleil

J-P. Rozelot (Observatoire de la Côte d'Azur)

Indirect measurement of the vertex and angles of the unitarity triangle

S. Mele (INFN/Napoli & CERN/EP)

Le point sur le collisionneur linéaire TESLA

O. Napoly (CEA)

The L.N.F. High Energy Physics Program

M. Piccolo (LNF-INFN)

Bruit thermique et effets quantiques dans une cavité optique de grande finesse

A. Heidmann (Univ. Pierre et Marie Curie Paris)

Effet des radiations sur les circuits électroniques

F. Anghinolfi (CERN/EP)

Mesure de l'énergie du faisceau à LEP2

B. Trocmé (LAPP)

Dark matter signature in cosmic-ray antideuterons

F. Donato (LAPTH)

Séminaires de Physique Théorique

Chargés de Mission : D. Arnaudon, E. Pilon

Année 1998

Asymétries de spin et nouvelle physique auprès de collisionneurs polarisés
J.L. VIREY (CPT Marseille)

Intégrabilité et groupes discrets
Cl. VIALLET (LP THE Jussieu & CERN, Division Théorie)

On heavy Higgs physics
T. BINOTH (LAPTH Annecy-le-Vieux)

Hierarchies de KdV $N=2$ et matrice- r
L. GALLOT (Lab. de Phys. ENS Lyon - Groupe de Théorie)

Le multiplet vecteur-tenseur et formes de Chern en superspace $N=2$
R. GRIMM (CPT Marseille)

Quantum field theory amplitudes in the string-inspired formalism
C. SCHUBERT (LAPTH Annecy-le-Vieux) Série de 7 cours

Exactly solvable quantum field models in D dimensions
M. PALCHIK (Novosibirsk & LAPTH Annecy-le-Vieux)

Finite temperature superfields and thermal superspace
C. LUCCHESI (Univ. of Neuchâtel)

Radiative energy loss of high energy partons traversing an expanding QCD plasma
R. BAIER (Univ. of Bielefeld)

Deformed W_N algebras from $sl(N)$ elliptic quantum algebras
M. ROSSI (LAPTH Annecy-le-Vieux)

Renormalon phenomenology at HERA
M. DAS GUPTA (Cavendish Lab., Cambridge Univ.)

A coset type construction of the deformed Virasoro algebra
J. SHIRAIISHI (Tokyo University)

Code génétique et groupes quantiques
L. FRAPPAT (LAPTH Annecy-le-Vieux)

Lagrangian description of duality-symmetric fields
D. SOROKIN (Humboldt University, Berlin)

The parallelization of the symbolic manipulation program FORM
D. FLIEGNER (Karlsruhe Univ., Institute for Physics)

Isolated photons without fragmentation contributions
S. FRIXIONE (ETH, Zürich)

Rencontres aléatoires, ou La mouche retrouvera-t-elle le coche ?
M. BAUER (SPHT, Saclay)

Nucléosynthèse primordiale : développements récents
J. AUDOUZE (I.A.P. Paris)

New developments concerning the calculation of two-loop splitting functions
G. HEINRICH (ETH Zürich)

Feynman Diagrams: Knots, Numbers, Hopf Algebras, and what else?
D. KREIMER (Physics Department, Mainz University)

A review of the relation between branes and four dimensional quantum field theory
P. WEST (King's College, Londres)

Hecke algebraic properties of dynamical R -matrices and the algebra of zero modes in WZWN model
A. ISAEV (Dubna)

Promenade en M -théorie
C. GROJEAN (CEA Saclay, SPHT)

$SU(N)$ gauge theories in $2+1$ dimensions
M. TEPPER (Oxford University)

Baryogenesis in low string scale models
S. DAVIDSON (CERN)

Contraintes sur les paramètres cosmologiques provenant des données actuelles du CMB
J. BARTLETT (Observatoire de Strasbourg)

M -théorie et U -dualité
B. PIOLINE (CPT, Polytechnique)

Integrable supersymmetric hierarchies
J. MADSEN (Santiago de Compostelle)

Identités arithmétiques et fonction zeta de Riemann
J.F. BURNOL

Coherent exclusive exponentiation
Z. WAS (Cracovie)

Mode regularization of the configuration space path integral for a particle in curved space
F. BASTIANELLI (Modena University)

Edge excitations of an incompressible fermionic liquid in a staggered magnetic field

A. SEDRAKYAN (Erevan Physics Institute)

Année 1999

Universality in black hole thermodynamics

I. SACHS

Twists de Drinfel'd et Ansatz de Bethe fonctionnel

V. TERRAS (Labo de Physique, ENS Lyon)

QCD corrections to $e^+e^- \rightarrow$ four jets

S. WEINZIERL (NIKHEF, Amsterdam)

Les microlentilles gravitationnelles en direction du grand nuage de Magellan : observations et modèles

R. TAILLET (LAPTH, Annecy)

Un modèle microscopique pour la transition de phase chirale dans les plasmas de quarks

L. BOT

Renormalisation dans l'espace interne

J. ALEXANDRE (Univ. Louis Pasteur, Strasbourg)

A resummation formalism for resonant transition amplitudes

J. PAPAVALASSIOU (CERN)

Non-local symmetries of the $N=2$ string

K. JUNEMANN (Université de Hannover et LAPTH)

Dualités et états non BPS des modèles de cordes

L. GALLOT (INFN, Turin)

Facteurs de forme lourd à léger dans la limite de grande énergie du hadron final

J. CHARLES (LPTHE, Orsay)

Fonctions de corrélation de la chaîne de spin de Heisenberg XXZ

N. KITANINE (Labo de Physique de L'ENS Lyon)

Integrable quantum field theory with boundaries

E. CORRIGAN (Durham University)

Théorie des représentations de la superalgèbre de Lie affine $sl(2|1)$

A. TAORMINA (Durham University)

Anneaux cosmiques autogravitants

G. CLÉMENT (Jussieu)

Dimensions d'espace supplémentaires et théories des cordes au TeV

E. DUDAS (LPT, Orsay)

Diffraction and hard diffraction at the TEVATRON, learning about new features of the pomeron

J. RANFT (Universität Siegen)

Black holes in M-theory on Calabi-Yau threefolds

S. MAHAPATRA (Phys. Dept, Utkal Univ., Bhubaneswar, India)

Hot QED and QCD beyond the hard thermal loop effective theory

E. PETITGIRARD (GSI, Darmstadt)

Microlentilles gravitationnelles dans le grand nuage de Magellan

N. PALANQUE et E. AUBOURG (CEA, Saclay)

The Casimir energy for field configurations with non-flat boundaries

I. PIROZHENKO (BLTP, JINR, Dubna)

Vertex operator approach to face type lattice models

H. KONNO (Hiroshima University)

High Energy Cosmic Tau Neutrinos

A. HUSAIN (Tokyo Metropolitan University)

Empreintes Cosmiques des WIMPZILLAs ou les Rayons Cosmiques Ultra Énergétiques (RCUE) et leurs implications cosmologiques

H. ZIAEPOUR (ESO, Munich)

Perturbation theory in angular quantization approach and the expectation values of exponential fields in Sine-Gordon model

R. POGHOSSIAN (Yerevan Physics Institute)

A propos d'opérateurs différentiels et d'algèbres W classiques, ou introduction à la théologie russe (Série de cours)

C. ROGER (Université Lyon I et LAPTH)

Differential calculus, stars and twisted stars on finite dimensional quantum planes

R. COQUEREAUX (CPT, Marseille)

Planètes extra-solaires

M. MAYOR (Observatoire de Genève)

Supersymétrie fractionnaire : racine $F^{1/2}$ de représentations

M. RAUSCH DE TRAUBENBERG (LPM, Montpellier II et LPT, Strasbourg I)

Une étude approfondie de la structure des hadrons : distributions non diagonales et processus exclusifs durs

M. DIEHL

Keskifon les gens au labo ? Tome 1 : Caracteres différentiels et boucle de Wilson (ou comment j'ai appris à aimer l'intégration des connexions)

F. THUILLIER (LAPTH Annecy-le-Vieux)

Séminaires d'intérêt général

Chargé de Mission : H. Pessard

Année 1998

La variation du climat et les risques naturels dans les Alpes du Nord (Conférence)

Pierre KUNTZ, (Université de Genève)

Que serions-nous sans nos miroirs ? (Film)

J-F. DARS et A. PAPILLAUT (CNRS AV)

Les comètes (Conférence)

D. FAVRE (Association Tycho Brahé)

Aper-El le vizir oublié (Film)

A. ZIVIE, (CNRS, Mission archéologique française de Saqqarah)

Casablanca, préhistoires au Maroc (Film)

J-L. BOUVRET

La radioactivité, de la découverte aux applications (Conférence)

Y. ZOLNIEROWSKI (LAPP)

Sur les traces des indiens du Cap Horn (Film)

D. LEGOUPIL (CNRS, URA Ethnologie préhistorique)

Le jour de l'éclipse (Conférence illustrée par un film de A. LABOUZE)

F. VANNUCCI (Université de Paris VI)

Année 1999

Le Clonage: un saut dans l'inconnu (Film)

D. CHEGARAY

Adam, roi des singes (Film)

J-P. FARGIER et J. CHALINE

Les plantes transgéniques (Conférence)

C. DUMAS (ENS-Lyon, UMR Reconnaissance cellulaire et amélioration des plantes)

Les particules élémentaires de A comme atome à Z comme ZO (Conférence avec animation sur ordinateur)

P. GHEZ (LAPP)

VIRGO au LAPP : à la recherche des voix de l'univers (Film)

G. Roussi (projection en présence des réalisateurs)

Mahasthan, cité oubliée du Bangladesh (Film)

V. LHORME

Communication vers le grand public

Chargé de Mission : H. Pessard, Assistante : N. Berger

Le souci d'améliorer l'information du grand public vis-à-vis de la recherche dans notre discipline, et de faire connaître l'existence de notre laboratoire dans la région, a amené le LAPP à développer des actions de communication au niveau local.

Science en Fête

- Octobre 1998 : Journées Portes Ouvertes
Visites guidées du laboratoire : panneaux décrivant les diverses activités et expériences du LAPP, présentation de détecteurs ou parties de détecteurs, exposition de maquettes, petites expériences en direct, démonstrations de CAO, initiations à Internet.

Conférence de David Maurin "L'espace: le plus grand accélérateur de physique des particules"

- Octobre 1999 : Village des Sciences au Château d'Annecy
Présentation en continu du film "VIRGO au LAPP : à la recherche des voix de l'univers". Ce film d'une vingtaine de minutes a été réalisé par le SCAVO* sur l'expérience Virgo et le travail réalisé par le groupe du LAPP.

Conférence/Diaporama Animé de Philippe Ghez "Les particules de A comme Atome à Z comme Z⁰"



Journées Portes Ouvertes Octobre 1998



Journées Portes Ouvertes Octobre 1998

Conférences dans les Lycées

Une vingtaine de conférences, notamment dans le cadre du programme NEPAL (Noyaux Et Particules Au Lycée) préparé par l'IN2P3, ont été données dans les lycées de la Savoie et de la Haute-Savoie par des chercheurs ou doctorants du LAPP.

Cafés Scientifiques

Créés en Octobre 1998, ils sont organisés une fois par mois par la MJC d'Annecy-le-Vieux. Le LAPP a animé le premier café scientifique "L'espace est-il infini" puis un second, en Janvier 1999, sur le thème "Les particules".

Emissions de Radio

Plusieurs chercheurs du laboratoire ont participé à une série d'émissions d'une heure sur la Physique diffusées sur une radio locale Radio Nessy.

*SCAVO : Service audiovisuel du centre scientifique d'Orsay

Publications

Thèses

Publications de Physique Expérimentale

ALEPH

Three-prong τ decays with charged kaons

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 1 (1998) 65-79.

Measurement of the b baryon lifetime and branching fractions in Z decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 2 (1998) 197-211.

An upper limit on the τ neutrino mass from three- and five-prong τ decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 2 (1998) 395-406.

Searches for charginos and neutralinos in e^+e^- collisions at $\sqrt{s} = 161$ and 172 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 2 (1998) 417-439.

K_s^0 production in τ decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 4 (1998) 29-45.

Study of B_s^0 oscillations and lifetime using fully reconstructed D_s decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 4 (1998) 367-385.

Observation of doubly-charmed B decays at LEP

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 4 (1998) 387-407.

Measurement of the axial-vector tau spectral functions and determination of $a_1(M_\tau^2)$ from hadronic τ decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 4 (1998) 409-431.

Search for supersymmetry with a dominant R -parity violating LLE coupling in e^+e^- collisions at centre-of-mass energies of 130 GeV to 172 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 4 (1998) 433-451.

Measurement of the fraction of hadronic Z decays into charm quark pairs

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 4 (1998) 557-570.

Search for evidence of compositeness at LEP I

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 4 (1998) 571-590.

A measurement of the semileptonic branching ratio $BR(b\text{-baryon} \rightarrow pl \bar{\nu} X)$ and a study of inclusive p^ , K^* , $p\bar{p}$ production in Z decay*
ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 5 (1998) 205-227.

Search for charged Higgs bosons in e^+e^- collisions at centre-of-mass energies from 130 to 172 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 418 (1998) 419-429.

Search for supersymmetry in the photon(s) plus missing energy channels at $\sqrt{s}=161$ GeV and 172 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 420 (1998) 127-139.

Four-jet final state production in e^+e^- collisions at centre-of-mass energies ranging from 130 to 184 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 420 (1998) 196-204.

Measurement of triple gauge-boson couplings at 172 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 422 (1998) 369-383.

Measurement of the W mass by direct reconstruction in e^+e^- collisions at 172 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 422 (1998) 384-398.

Resonant structure and flavour tagging in the $B\rho^$ system using fully reconstructed B decay*

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 425 (1998) 215-226.

Determination of A_{FB}^b using jet charge measurements in Z decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 426 (1998) 217-230.

A measurement of the inclusive $b \rightarrow s g$ branching ratio

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 429 (1998) 169-187.

Single- and multi-photon production in e^+e^- collisions at a centre-of-mass energy of 183 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 429 (1998) 201-214.

Search for sleptons in e^+e^- collisions at centre-of-mass energies up to 184 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 433 (1998) 176-194.

A measurement of the gluon splitting rate into b anti- b pairs in hadronic z decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 434 (1998) 437-450.

The forward-backward asymmetry for charm quarks at the Z

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 434 (1998) 415-425.

Scalar quark searches in e^+e^- collisions at $\sqrt{s}=181-184$ GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 434 (1998) 189-199.

Study of D^0 anti- D^0 mixing and D^0 doubly Cabibbo suppressed decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 436 (1998) 211-221.

Searches for the Neutral Higgs Bosons of the MSSM in e^+e^- Collisions at Centre-of-mass Energies of 181-184 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 440 (1998) 419-434.

Studies of quantum chromodynamics with the ALEPH detector

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Reports 294 (1998) 1-165.

Determination of $|V_{ub}|$ from the measurement of the inclusive charmless semileptonic branching ratio of b hadrons

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 6 (1999) 555-574.

Search for supersymmetry with a dominant R -parity violating $LQ\bar{D}$ coupling in e^+e^- collisions at centre-of-mass energies of 130 GeV to 172 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 7 (1999) 383-405.

Search for B_s^0 oscillations using inclusive lepton events

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 7 (1999) 553-569.

One-prong t decays with kaons

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 10 (1999) 1-18.

Measurement of triple gauge-boson WWg couplings at LEP2 using photonic events

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 445 (1998) 239-248.

Analysis of transverse momentum correlations in hadronic Z decays

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 447 (1999) 183-198.

Search for the standard model Higgs boson at the LEP2 collider near $\sqrt{s} = 183$ GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 447 (1999) 336-351.

Search for invisible Higgs boson decays in e^+e^- collisions at centre-of-mass energies up to 184 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Nuclear Physics B450 (1999) 301-312.

Search for charged Higgs bosons in e^+e^- collisions at $\sqrt{s}=181-184$ GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 450 (1999) 467-478.

A study of single W production in e^+e^- collisions at $\sqrt{s}=161-183$ GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 462 (1999) 389-400.

Determination of the LEP centre-of-mass energy from Z_g events

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 464 (1999) 339-349.

A direct measurement of $|V_{cs}|$ in hadronic W decays using a charm tag

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 465 (1999) 349-362.

Search for an invisibly decaying Higgs boson in e^+e^- collisions at 189 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 466 (1999) 50-60.

Search for charginos and neutralinos in e^+e^- collisions at centre-of-mass energies near 183 GeV and constraints on the MSSM parameter space

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 11 (1999) 193-216.

Measurement of the $e^+e^- \rightarrow ZZ$ production cross section at centre-of-mass energies of 183 and 189 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 469 (1999) 287-302.

Searches for sleptons and squarks in e^+e^- collisions at 189 GeV

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., Physics Letters B 469 (1998) 303-314.

Study of t decays involving kaons, spectral functions and determination of the strange quark mass

ALEPH Collaboration, Barate R. et al., European Physical Journal C 11 (1999) 599-618.

L3

Measurement of $e^+(958)$ formation in two-photon collisions at LEP1

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 418 (1998) 399-410

Measurement of the average lifetime of b -hadrons in Z decays

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 416 (1998) 220-232.

Search for scalar leptons, charginos and n linos in e^+e^- collisions at $\sqrt{s}=161-172$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., European Physical Journal C 4 (1998) 207-219

Local multiplicity fluctuations in hadronic Z decay

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 429 (1998) 375-386.

Measurement of the weak dipole moments of the tau lepton

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 426 (1998) 207-216.

Angular multiplicity fluctuations in hadronic Z decays and comparison to QCD models and analytical calculations

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 428 (1998) 186-196.

Measurement of tau polarisation at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 429 (1998) 387-398.

Determination of the number of light neutrino species from single photon production at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 431 (1998) 199-208.

Measurement of the $B^0_d \bar{B}^0_d$ oscillation frequency

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., European Physical Journal C 5 (1998) 195-203

Search for new Physics phenomena in fermion-pair production at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 433 (1998) 163-175.

Measurement of the anomalous magnetic and electric dipole moments of the tau lepton

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 434 (1998) 169-179.

Search for the standard model Higgs boson in $e+e-$ interactions at $\sqrt{s}=183$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 431 (1998) 437-450.

Photon structure functions and azimuthal correlations of lepton pairs in tagged gg collisions

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 438 (1998) 363-378.

Search for neutral Higgs bosons of the minimal supersymmetric standard model in $e+e-$ interactions at $\sqrt{s}=130-183$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 436 (1998) 389-402.

Study of the hadronic photon structure function $f_2(\gamma)$ at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 436 (1998) 403-416.

Production of single W bosons in $e+e-$ interactions at $\sqrt{s}=130-183$ GeV and limits on anomalous WW g couplings

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 436 (1998) 417-427.

Test of CP invariance in $Z \rightarrow \tau \tau g$ decay

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 436 (1998) 428-436.

Measurement of the inclusive charmless semileptonic branching fraction of beauty hadrons and a determination of $|V_{ub}|$ at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 436 (1998) 174-186.

Study of anomalous ZZg and Zgg couplings at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 436 (1998) 187-198.

Measurement of radiative Bhabha and quasi-real Compton scattering

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 439 (1998) 183-196.

Measurement of W-pair cross sections in $e+e-$ interactions at $\sqrt{s}=183$ GeV and W-decay branching fractions

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 436 (1998) 437-452.

Measurement of the Michel parameters and the average tau-neutrino helicity from tau decays at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 438 (1998) 405-416.

Measurement of the effective weak mixing angle by jet-charge asymmetry in hadronic decays of the Z boson

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 439 (1998) 225-236.

Searches for scalar top and scalar bottom quarks in $e+e-$ interactions at $161 \leq \sqrt{s} \leq 183$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 445 (1999) 428-438.

Upper limit on the lifetime difference of short- and long-lived B^0_s mesons

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 438 (1998) 417-429.

Single and multi-photon events with missing energy in $e+e-$ collisions at $\sqrt{s}=183$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 444 (1998) 503-515.

Search for charged Higgs bosons in $e+e-$ collisions at centre-of-mass energies between 130 and 183 GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 446 (1999) 368-377.

QCD results from studies of hadronic events produced in $e+e-$ annihilations at $\sqrt{s}=183$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 444 (1998) 569-582.

Measurement of the $e+e- \rightarrow Z \rightarrow b\bar{b}$ forward-backward asymmetry and the B^0B^0 mixing parameter using prompt leptons

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 448 (1999) 152-162.

The Q^2 evolution of the hadronic photon structure function F_2 at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 447 (1999) 147-156.

c_2 formation in two-photon collisions at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 453 (1999) 73-82.

Inclusive charm production in two-photon collisions at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 453 (1999) 83-93.

Heavy quarkonium production in Z decays

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 453 (1999) 94-106.

*Measurement of the cross-section for the process $g^*g \rightarrow$ hadrons at LEP*

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 453 (1999) 333-342.

Study of neutral-current four-fermion and ZZ production in $e+e-$ collisions at $\sqrt{s}=183$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 450 (1999) 281-293.

Measurement of mass and width of the W boson at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 454 (1999) 386-398.

Search for scalar leptons in $e+e-$ collisions at $\sqrt{s} = 183$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 456 (1999) 283-296.

Search for R-parity violating chargino and neutralino decays in $e+e-$ collisions up to $\sqrt{s}=183$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 459 (1999) 354-366.

Measurement of an elongation of the pion source in Z decays.

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 458 (1999) 517-528.

Formation of the eta c in two-photon collisions at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 461 (1999) 155-166.

Search for heavy neutral and charged leptons in $e+e-$ annihilation at $\sqrt{s}=183$ and 189 GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 462 (1999) 354-364.

Search for the standard model Higgs boson in $e+e-$ interactions at $\sqrt{s}=189$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 461 (1999) 376-386.

Search for heavy isosinglet neutrinos in $e+e-$ annihilation at $130 < \sqrt{s} < 189$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 461 (1999) 397-404.

Search for low scale gravity effects in $e+e-$ collisions at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 464 (1999) 135-144.

Measurement of the spectroscopy of orbitally excited B mesons at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 465 (1999) 323-334.

Study of Z boson pair production in $e+e-$ collisions at LEP at $\sqrt{s}=189$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 465 (1999) 363-375.

Search for charged Higgs bosons in $e+e-$ collisions at $\sqrt{s} = 189$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 466 (1999) 71-78.

Measurement of inclusive D^{+} production in two-photon collisions at LEP*

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 467 (1999) 137-146.

Measurement of triple-gauge-boson couplings of the W boson at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 467 (1999) 171-184.

Single and multi-photon events with missing energy in $e+e-$ collisions at $\sqrt{s} = 189$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 470 (1999) 268-280.

Search for extra dimensions in boson and fermion pair production in $e+e-$ interactions at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 470 (1999) 281-288.

Search for extra dimensions in boson and fermion pair production in $e+e-$ interactions at LEP

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 470 (1999) 281-288.

Search for scalar leptons in $e+e-$ interactions at $\sqrt{s}=189$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 471 (1999) 280-292.

Search for scalar quarks in $e+e-$ interactions at $\sqrt{s}=189$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 471 (1999) 308-320.

Search for neutral Higgs bosons of the minimal supersymmetric standard model in $e+e-$ interactions at $\sqrt{s}=189$ GeV

L3 Collaboration, M. Acciarri et al., Physics Letters B 471 (1999) 321-331.

NOMAD

Search for a new gauge boson in p^0 decays

NOMAD Collaboration, P. Astier et al., Physics Letters B 428 (1998) 197-205

A search for $n_m \ll n_t$ oscillations using the NOMAD detector

NOMAD Collaboration, P. Astier et al., Physics Letters B 431 (1998) 219-236

A large area transition radiation detector for the NOMAD experiment

G. Bassompierre et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A 403 (1998) 363-382

The NOMAD experiment at the CERN SPS

NOMAD Collaboration, J. Altegoer et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A 404 (1998) 96-128

Performance of the NOMAD transition radiation detector

G. Bassompierre et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A 411 (1998) 63-74

Performance of long modules of silicon microstrip detectors

G. Baricchello et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A 413 (1998) 17-30

A B4C-Silicon target for the detection of neutrino interactions

G. Baricchello et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A 419 (1998) 1-15

A more sensitive search for $n_m \ll n_t$ oscillations in NOMAD

NOMAD Collaboration, P. Astier et al., Physics Letters B 453 (1999) 169-186

Precision measurement of scaled momentum charge multiplicity and thrust in $n_m N$ and $\bar{\nu}_\mu N$ interactions

NOMAD Collaboration, P. Astier et al., Physics Letters B 445 (1999) 439-448

WA102

A study of pseudoscalar states produced centrally in pp interaction at 450 GeV/c

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B427 (1998) 398-402.

A study of the centrally produced $f\bar{f}$ system in pp interactions at 450 GeV/c

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B432 (1998) 436-442.

A study of the centrally produced $K^(892) \bar{K}^*(892)$ and $f\omega$ systems in pp interactions at 450 GeV/c*

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B436 (1999) 204-210.

A measurement of the branching fractions of the $f_1(1285)$ and $f_1(1420)$ produced in central pp interactions at 450 GeV/c

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B440 (1998) 225-232.

A study of the centrally produced baryon-antibaryon systems in pp interactions at 450 GeV/c

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B446 (1999) 342-348

A partial wave analysis of the centrally produced K^+K^- and $K_s^0 K_s^0$ systems in pp interactions at 450 GeV/c and new information on the spin of the $f_1(1710)$

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B453 (1999) 305-315

*A partial wave analysis of the centrally produced p^*p^* system in pp interactions at 450 GeV/c*

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B453 (1999) 316-324

A partial wave analysis of the centrally produced $p^0 p^0$ system in pp interactions at 450 GeV/c

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B453 (1999) 325-332

*A coupled channel analysis of the centrally produced K^+K^- and p^*p^* final states in pp interactions at 450 GeV/c*

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B462 (1999) 462-470

Experimental evidence for a vector-like behaviour of Pomeron exchange

WA102 Collaboration, D. Barberis et al., Physics Letters B 467 (1999) 165-170

NA38/NA50

Transverse momentum of J/psi, psi' and mass continuum muon pairs produced in $^{32}S-U$ collisions at 200 GeV/c per nucleon

NA38 Collaboration, Abreu M.C. et al., Physics Letters B423 (1998) 207-212.

Charmonia production in 450 GeV/c proton induced reactions

NA38 Collaboration, Abreu M.C. et al., Physics Letters B444 (1998) 516-522.

A four-dimensional deconvolution method to correct NA38 experimental data

NA38 Collaboration, Abreu M.C. et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A405 (1998) 139-152.

J/psi and psi' and Drell-Yan production S-U interactions at 200 GeV/nucleon

NA38 Collaboration, Abreu M.C. et al., Physics Letters B449 (1999) 128-136.

J/ψ and ψ' production in p, O and S induced reactions at SPS energies
NA38 Collaboration, Abreu M.C. et al., Physics Letters B466 (1999) 408.

Charmonium production in Pb-Pb interactions at 158 GeV/c per nucleon
NA50 Collaboration, Ramello L. et al., Nuclear Physics A638 (1998) 261c-268c.

Observation of fission in Pb-Pb interactions at 158 GeV
NA50 Collaboration, Abreu M.C. et al., Physical Review C59 (1999) 876-883.

Observation of a threshold effect in the anomalous J/ψ suppression
NA50 Collaboration, Abreu M.C. et al., Physics Letters B450 (1999) 456-466.

VIRGO

The signal detection system for the VIRGO interferometer
R. Flaminio et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A 409 (1998) 477.

A VME based CCD imaging system for the VIRGO interferometer control
Bellachia F. et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A 413 (1998) 151.

SIESTA, a time domain, general purpose simulation program for the VIRGO experiment
Caron B. et al., Astroparticle Physics 10 (1999) 369-386.

AMS

Search for antihelium in cosmic rays
AMS Collaboration, Alcaraz J. et al., Physics Letters B 461 (1999) 387-396

Protons in near earth orbit
AMS Collaboration, Alcaraz J. et al., Physics Letters B 472 (2000) 215-226.

ATLAS

Test beam results from a stereo preshower integrated in the liquid argon calorimeter. (RD3)

ATLAS Coll., Ajaltouni Z. et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A411 (1998) 313-329.

CMS

Systematic study of the short-term instability of PbWO₄ scintillator parameters under irradiation.

Annenkov A.N. et al., Radiation Measurement. 29 (1998) 27-38.

Influence of Mo impurity on the spectroscopic and scintillation properties of PbWO₄ CRISTALS

Böhm M. et al., Status Solidi A 167 (1998) 243.

On the origin of the transmission damage in lead tungstate CRISTALS under irradiation

Annenkov A., Auffray E., Korzhik M., Lecoq P., Peigneux J.P., Phys. Stat. Sol. 170 (1998) 47-61.

Beam tests of lead tungstate CRISTAL matrices and a silicon strip preshower detector for the CMS electromagnetic calorimeter

Auffray E. et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A412 (1998) 223-237.

A new structural model for Pb-deficient PbWO₄

Moreau J.M., Gladyshevskii R.E, Galez Ph., Peigneux J.P., Korzhik M.V., Journal of Alloys and Compounds 284 (1999) 104-107.

Beam studies of SAD-150 heavy CRISTAL PWO calorimeter, small angle multiphoton detector of GAMS-4 PI spectrometer

Binon F.G. et al., Nucl. Instr. & Methods in Phys. Res. A 428 (1999) 292-298.

Communications dans des conférences, colloques ou écoles

ALEPH

B/B flavour tagging and doubly charmed B decays in ALEPH

R. Barate, Proc. ICHEP'98, Vancouver, Canada, July 23-29 1998, pp. 1219-1223, LAPP-EXP 99-03.

W mass and cross-sections

S. Jezequel, Hadron Structure 98, Stara Lesna, Slovakia, 7-13 Septembre 1998.

Electroweak results from the cross-sections and asymmetries with ALEPH at energies from 130 to 189 GeV

E. Merle, Lake Louise Winter Institute, Alberta, Canada, 14-20 Février 1999, LAPP-EXP 99-02.

Bose-Einstein correlations and color reconnection effect in W pair decay at LEP2

F. Martin, XXXIV Rencontres de Moriond QCD Hadronic session, Les Arcs, 21-27 Mars 1999, LAPP-EXP 99-04.

Fermion pair production at LEP 2

C. Goy, Blois 99, Frontiers of Matter, Blois, France, 28 Juin – 3 Juillet 1999, LAPP-EXP 99-10.

Fermion pair production at LEP 2 from 130 to 196 GeV

M.N. Minard, EPS 99, Tampere, Finland, 15-21 Juillet 1999, LAPP-EXP 99-11.

L3

Studies of hadronic event structure in e^+e^- collisions

D. Duchesneau, Proc. Lake Louise Winter Institute, Alberta (Canada) 15-21 février 1998, p.388, LAPP-EXP 98-02.

Higgs mass from electroweak data

J.J. Blaising, XXXIII Rencontres de Moriond QCD Hadronic session, Les Arcs, 21-28 mars 1998, LAPP-EXP 98-04.

Experimental aspects of QCD in e^+e^- collisions

D. Duchesneau, Proc. ICHEP'98, Vancouver (Canada) July 23-29 1998, p. 263, LAPP-EXP 98-06.

Aspects expérimentaux de QCD dans les annihilations e^+e^-

D. Duchesneau, Séminaire au LAL, 7 septembre 1998.

Search for new particles at LEP2

S. Rosier-Lees, XXVI SLAC Summer Institute of Particle Physics, Stanford (USA) 3-14 aout 1998, LAPP-EXP 98-07.

Chargino and neutralino searches at LEP2

G. Coignet, Higgs and Supersymmetry : Search and Discovery, Gainesville (USA) 8-12 mars 1999.

Higgs and susy searches at LEP2

S. Rosier-Lees, Workshop Physics at TeV colliders, Les Houches (France) 7-18 juin 1999.

Susy searches at LEP2 in the context of the constrained MSSM.

S. Rosier-Lees, SUSY99, FNAL (USA) 14-18 juin 1999.

Precision electroweak tests at LEP

A. Degré, IX Lomonosov Conf. on Elementary Particle Physics, Moscou (Russie) 20-25 septembre 1999.

Susy searches at LEP

A. Balandras, IX Lomonosov Conf. on Elementary Particle Physics, Moscou (Russie) 20-25 septembre 1999.

NOMAD

NOMAD and the Web

P. Nedelec, talk given at the "Physics without Frontiers", Sarajevo, 1998WA102

WA 102

A study of the p^0-p^0 system in charge exchange and central collisions

A. Kondashov (Pics 576), QCD 98, Montpellier (France) 2-8 juillet 1998 (session parallèle)

Further evidence of gluonic states from WA102 experiment

A. Singovski, ICHEP'98, Vancouver (Canada), July 23-29 1998 (session parallèle)

A study of $p^0 p^0$ system produced in central pp collisions

A. Sobol (Pics 576), LEAP 98 Cagliari (Italie) 7-13 septembre 1998 (session parallèle)

A study of $p^0 p^0$ system produced in pp charge exchange and pp central collisions

A. Kondashov (Pics 576), Workshop on Hadron Spectroscopy, Frascati (Italie) avril 1999 (session parallèle).

Recent results on WA102 experiment

A. Singovski, QCD 99, Montpellier (France) 7-13 juillet 1999 (session plénière).

Recent results on WA102 experiment

A. Singovski, HADRON 99, Beijing (Chine) 17-22 Aout 1999 (session plénière)

VIRGO*Status of the gravitational wave detector VIRGO*

R. Flaminio, Proc. ICHEP'98, Vancouver (Canada) July 23-29 1998, pp. 1413-1417.

The gravitational wave detector VIRGO

R. Flaminio, LSC Meeting, Boulder (USA) Aout 1998

SIESTA: a global, time domain simulator of a gravitational wave antenna

F. Marion, Conférence "Around VIRGO", Tirrenia (Italie) 20-24 September 1998 (Actes sous forme de CD-Rom).

Détection interférométrique des ondes gravitationnelles : où en sont VIRGO et les autres projets

F. Marion Séminaires donnés à l'ISN Grenoble (10 décembre 1998) et au LPNHE Paris VI et VII (18 mars 1999)

L'IN2P3 et Virgo

B. Mours, Journées de Giens, Septembre 1998

Data Management for Virgo

B. Mours, Rencontre VIRGO-TAMA, Tokyo (Japon) Novembre 1998

Virgo alignment system

V. Sanibale, Aspen winter Conference on GW and their detection, Boulder (USA) Janvier 1998.

Online processing and data analysis enviroment for the GW detectors

D. Verkindt, Recontres de Moriond "Gravitational Waves and Experimental Gravity", Janvier 1999.

The interferometer signal detection in VIRGO

L. Derome, Recontres de Moriond "Gravitational Waves and Experimental Gravity", Les Arcs (France) Janvier 1999.

Status of VIRGO

F. Marion, 3rd E. Amaldi Conference on Gravitational Waves, Caltech Pasadena (USA) 12-16 juillet 1999.

ATLAS*The ATLAS electromagnetic calorimeter and the ATLAS level 1 calorimeter,*

G. Sauvage, Proc. ICHEP'98, Vancouver (Canada) July 23-29 1998, p. 1538-1542.

L'expérience ATLAS au LHC

G. Sauvage, séminaire donné à SUBATECH, Nantes (France) 5 novembre 1998.

ATLAS electromagnetic barrel calorimeter construction and quality test measurements

N. Massol, VIII International Conf. on Calorimetry in High Energy Physics CALOR99, Lisbon (Portugal) 13-19 June 1999, LAPP-EXP 99-08.

Détecteur ATLAS et nouvelles techniques de détection

G. Sauvage, cours donné à l'école d'été de physique des hautes énergies de Safi (Maroc), juillet 1999.

The ATLAS calorimeter calibration board tests of a first set of boards and new developments

G. Perrot, Proc. 5th Workshop on Electronics for LHC experiments, Snowmass (USA) 20-24 September 1999, p. 265-269.

Overview of the readout electronics of the ATLAS LARG calorimeters

J. Colas, Proc. 5th Workshop on Electronics for LHC experiments, Snowmass (USA) 20-24 September 1999, p. 217-221.

CMS*Certifying procedures for lead tungstate CRISTAL parameters during mass production for the CMS ECAL*

Auffray E. et al., submitted to IEEE98 Toronto (Canada) 8-14 Nov. 1998.

The electronic calibration of the ECAL-CMS

J.P. Mendiburu, Y. Baek, D. Boget, J. Ditta, N. Fouque, Proc. 5th Workshop on Electronics for LHC experiments, Snowmass (USA) 20-24 September 1999, p. 531-536, LAPP-EXP 99-09.

Publications du Laboratoire de Physique Théorique

Théorie des champs et symétries - systèmes intégrables - physique statistique

Symmetry and codon usage correlations in the genetic code

L. Frappat, P. Sorba and A. Sciarrino, Physics Letters A 259 (1999) 339

Four-point functions in $N=4$ supersymmetric Yang-Mills theory at two loops

B. Eden, P. S. Howe, C. Schubert, E. Sokatchev and P. C. West, Nuclear Physics B 557 (1999) 355-379

Deformed W_n algebras from elliptic $SL(N)$ algebras

J. Avan, L. Frappat, M. Rossi and P. Sorba, Com. Math. Physics 199 (1999) 697

Yangian realisations from finite W -algebras

E. Ragoucy and P. Sorba, Com. Math. Physics 203 (1999) 551

Central extensions of classical and quantum q -Virasoro algebras

J. Avan, L. Frappat, M. Rossi and P. Sorba, Physics Letters A251 (1999) 13

Universal construction of q - W algebras

J. Avan, L. Frappat, M. Rossi and P. Sorba, Com. Math. Physics 202 (1999) 445

Yangian symmetry in the non linear Schrodinger hierarchy

M. Mintchev, E. Ragoucy, P. Sorba and P. Zaugg, Journal of Physics A32 (1999) 5885

A new approach to axial vector model calculations II

F. A. Dilkes, D. G. C. McKeon and C. Schubert, JHEP 03 (1999) 022

Universal solutions of quantum dynamical Yang-Baxter equations

D. Arnaudon, E. Buffenoir, E. Ragoucy and P. Roche, Letters Math. Physics 44 (1998) 201-214

New $W_{q,p}(sl(2))$ algebras from the elliptic algebra $A_{qp}(sl(2)_C)$

J. Avan, L. Frappat, M. Rossi and P. Sorba, Physics Letters A 239 (1998) 27

A crystal base for the genetic code

L. Frappat, A. Sciarrino and P. Sorba, Physics Letters A250 (1998) 214

On non-linear superfield versions of the vector-tensor multiplet

E. Ivanov and E. Sokatchev, Physics Letters B 429 (1998) 35

Some remarks on topological 4d-gravity

F. Thuillier, Journal of Geometry and Physics 27 (1998) 3-4

Critical behaviour of the tandom field ising model

J.Y. Fortin and P.C.W. Holdsworth, Physics Letters A31 (1998) 85

Critical correlations of the 2-dimensional, 3-state Potts model

J. Mc Cabe and T. Wydro, Int. Journal of Modern Physics A13 (1998) 1013

A new approach to axial vector model calculations

D.G.C. McKeon and C. Schubert, Physics Letters B 440 (1998) 101-107

3-point functions in $N=4$ Yang-Mills

P.S. Howe, E.Sokatchev and P.C.West, Physics Letters B 444 (1998) 341-351

Integrable open boundary conditions for XXC models

D. Arnaudon and Z. Maassarani, JHEP 10 (1998) 024

Decoupling transformations in path integral bosonization

C.D. Fosco and J.C. Le Guillou, Nucl.Physics B535 (1998) 483

A note on the generalised Lie algebra $sl(2|q)$

D. Arnaudon, J. Physics A: Math. Gen. 31 (1998) 6647-6652

Algebraic approach to q -deformed supersymmetric variants of the Hubbard model with pair hoppings

D. Arnaudon, JHEP 12 (1997) 006

De Haas-van Alphen oscillations and magnetic breakdown: semiclassical calculation of multi-band orbits

J.Y. Fortin, J. Bellisard, M. Gusmão and T. Ziman, Phys. Rev. B57 (1998) 1484

Representatives of the Thom class of a vector bundle

M. Bauer and F. Thuillier, Journal of Geometry and Physics 25 (1998) 29

Aspects of $N_T=3$ 2 topological gauge theories and D-branes

M. Blau and G. Thompson, Nuclear Physics B492 (1997) 545

New super KdV system with the $N=4$ SCA as the hamiltonian structure

F. Delduc, L. Gallot and E. Ivanov, Physics Letters B396 (1997) 122

Correlators of the phase model

N.M. Bogoliubov, A.G. Izergin and N.A. Kitanine, Physics Letters A231 (1997) 347

Uniqueness of the Seiberg-Witten effective Lagrangian

R. Flume, M. Magro, L. O'Raifeartaigh, I. Sachs and O. Schnetz, Nuclear Physics B494 (1997) 331

$N=2$ KP and KdV hierarchies in extended superspace

F. Delduc and L. Gallot, Com. Math. Physics 190 (1997) 395

$d=2$, $N=2$ superconformal symmetries and models

F. Delduc, F. Gieres and S. Gourmelen, Classical and Quantum Gravity 14 (1997) 1623

Dispersion relations in doped CuO₂ planes

A.M. Daré and J.L. Richard, Phys. Rev. B55 (1997) 14614

Magnetic fluctuations in a finite two-dimensional XY model

P. Archambault, S.T. Branwell and P.C.W. Holdsworth, Journal of Physics A Math. Gen. 30 (1997) 8363

Anyonic realization of the quantum affine Lie superalgebra $U_q(A(M-1, N-1))$

L. Frappat, A. Sciarrino, S. Sciuto and P. Sorba, Journal of Physics A: Math. Gen. 30 (1997) 903

More on (4,4) supermultiplet in $SU(2) \times SU(2)$ harmonic superspace

E. Ivanov and A. Sutulin, Classical and Quantum Gravity 14 (1997) 843

Geometry of q -hypergeometric functions as a bridge between Yangians and quantum affine algebras

V. Tarasov and A. Varchenko, Invent. Maths 128 (1997) 501

Vassiliev knot invariants and Chern-Simons perturbation theory to all orders

D. Altschuler and L. Freidel, Com. Math. Physics 187 (1997) 261

The hyperbolic volume of knots from quantum dilogarithm

R.M. Kashaev, Letters Math. Physics 39 (1997) 269

Grassmannian Topological Kazama-Suzuki Models and Cohomology

M. Blau, F. Hussain and G. Thompson, Nuclear Physics B488 (1997) 599

Some general aspects of coset models and topological Kazama-Suzuki models

M. Blau, F. Hussain and G. Thompson, Nuclear Physics B488 (1997) 541

Interactions faibles/Interactions fortes*Two loop Compton and annihilation processes in thermal QCD*

P. Aurenche, F. Gelis, R. Kobes and H. Zaraket, Phys. Rev. D60 (1999) 076002

A new approach for the vertical part of the contour in thermal field theories

F. Gelis, Physics Letters B455 (1999) 205

A critical phenomenological study of inclusive photon production in hadronic collisions

P. Aurenche, M. Fontannaz, J.Ph. Guillet, B. Kniehl, E. Pilon and M. Werlen, Eur. Phys. Journal C9 (1999) 107

Gluon plasmon frequency near the light-cone

F. Flechsig, Nuclear Physics B547 (1999) 239

Ambiguities in the zero momentum limit of the thermal p^0 gg triangle diagram

F. Gelis, Phys. Rev. D59 (1999) 076004

Associated stop Higgs production at the linear collider and extraction of the stop parameters

G. Bélanger, F. Boudjema, T. Kon and V. Lafage, Eur. Phys. Journal C9 (1999) 511-520

New developments in the $1/N$ expansion and nonperturbative Higgs physics

T. Binoth and A. Ghinculov, Nuclear Physics B550 (1999) 77-98

Nonperturbative three-point functions of the $O(N)$ sigma model in the $1/N$ expansion at NLO

T. Binoth and A. Ghinculov, Physics Letters B450(1999) 220-224

Perturbative and nonperturbative Higgs Signals

A. Ghinculov and T. Binoth, Acta Physica Polon. B 30 (1999) 99-105

Quark and gluon fragmentation functions into photons

L. Bourhis, M. Fontannaz and J.P. Guillet, Eur. Phys. Journal C2 (1998) 529

Higgs mass saturation effect and the LHC discovery potential

A. Ghinculov, T. Binoth and J.J. van der Bij, Physics Letters B427 (1998) 343-347

Factorization and soft-gluon divergences in isolated-photon cross sections

S. Catani, M. Fontannaz and E. Pilon, Phys. Rev. D 58 (1998) 094025

Physics with $e^+ e^-$ linear collider

G. Bélanger, F. Boudjema and working group, Physics Reports 299 (1998) 1

Bremsstrahlung and photon production in thermal QCD

P. Aurenche, F. Gelis, R. Kobes and H. Zaraket, Phys. Rev. D58 (1998) 085003

Cutting rules in the real time formalisms at finite temperature

F. Gelis, Nuclear Physics B508 (1997) 483

Cosmologie/Astrophysique des particules*Antimatter cosmic rays*

P. Chardonnet, P. Salati and R. Taillet, New Astronomy 4 (1999) 275-282

Microlensing optical depth of the large Magellanic cloud

E. Aubourg, N. Palanque-Delabrouille, P. Salati, M. Spiro and R. Taillet, Astronomy & Astrophysics 347 (1999) 850-859

Which fraction of the measured cosmic-ray antiprotons might be due to neutralino annihilation in the galactic halo ?

A. Bottino, F. Donato, N. Fornengo and P. Salati, Phys. Rev. D 58 (1998) 123503

Préprints LAPTH

Théorie des champs et symétries - systèmes intégrables - physique statistique

Shortening of primary operators in N -extended SCFT and harmonic superspace analyticity

L. Andriopoli, S. Ferrara, E. Sokatchev and B. Zupnik, LAPTH-766/99, hep-th/9912007

Vacuum polarisation tensors in constant electromagnetic fields: Part I

C. Schubert, LAPTH-758/99,

Extremal correlators in four-dimensional SCFT

B. Eden, P. S. Howe, C. Schubert, E. Sokatchev and P. C. West, LAPTH-754/99, hep-th/9910150

Perturbation theory in radial quantization approach and the expectation values of exponential fields in sine-Gordon model

V. V. Mkhitarian, R. H. Poghossian and T. A. Sedrakian, LAPTH-752/99, hep-th/9910128

Explicit construction of nilpotent covariants in $N = 4$ SYM

P. S. Howe, C. Schubert, E. Sokatchev and P. C. West, LAPTH-746/99, hep-th/9910011

Cladistics of double Yangians and elliptic algebras

D. Arnaudon, J. Avan, L. Frappat, E. Ragoucy and M. Rossi, LAPTH-738/99, hep-th/9907190

Codon usage correlations and crystal basis model of the genetic code
M. L. Chiusano, L. Frappat, P. Sorba and A. Sciarrino, LAPTH-736/99

Simplifications of four-point functions in $N=4$ supersymmetric Yang-Mills theory at two loops

B. Eden, P. S. Howe, C. Schubert, E. Sokatchev and P. C. West, LAPTH-735/99, hep-th/9906051

On the radiatively induced CPT-Odd term in QED

C. D. Fosco and J. C. Le Guillou, LAPTH-731/99, hep-th/9904138

A quantum field theoretical representation of Euler-Zagier sums
U. Muller and C. Schubert, LAPTH-728/99

Deformed double Yangian structures

D. Arnaudon, J. Avan, L. Frappat and M. Rossi, LAPTH-716/99, math.QA/9905100

$N=2$ rigid supersymmetry with gauged central charge

N. Dragon, E. Ivanov, S. Kuzenko, E. Sokatchev and U. Theis, LAPTH-684/98

Explicit solution of the quantum three-body Calogero-Sutherland model

A. M. Perelomov, E. Ragoucy and P. Zaugg, LAPTH-681/98

A family of exactly solvable conformal models of quantum field theory in D dimensions

M. Ya. Palchik and E. S. Fradkin, LAPTH-677/98,

The superspace geometry of gravitational Chern-Simons forms and their couplings to linear multiplets : a review

G. Girardi and R. Grimm, LAPTH-673/98, hep-th/9801201

Interactions faibles/Interactions fortes

A full next to leading order study of direct photon pair production in hadronic collisions

T. Binoth, J. P. Guillet, E. Pilon and M. Werlen, LAPTH-760/99, hep-ph/9911340

Reduction formation for dimensionally regulated one-loop N -point integrals

T. Binoth, J. Ph. Guillet and G. Heinrich, LAPTH-759/99

Improved $B @ \pi i i_i$ form factors from the lattice

K. C. Bowler, L. Del Debbio, J. M. Flynn, L. Lellouch, V. Lesk, C. M. Maynard, J. Nieves and D. G. Richard, LAPTH-757/99

KLN theorem, magnetic mass, and thermal photon production

P. Aurenche, F. Gélis and H. Zaraket, LAPTH-756/99, hep-ph/9911367

Large- p_T inclusive P^0 cross sections and next-to-leading-order QCD predictions

P. Aurenche, M. Fontannaz, J. Ph. Guillet, B. A. Kniehl and M. Werlen, LAPTH-751/99, hep-ph/9910252

Y' to Y' ratio in diffractive photoproduction

P. Hoyer and S. Peigné, LAPTH-749/99, hep-ph/9909519

The stealthy Higgs model at future linear colliders

T. Binoth and J. J. van der Bij, LAPTH-745/99

Bosonic quartic couplings at LEP 2

G. Bélanger, F. Boudjema, Y. Kurihara, D. Perret-Gallix and A. Semenov, LAPTH-744/99, hep-ph/9908254

Z radiation off stops at a linear collider

G. Bélanger, F. Boudjema, T. Kon and V. Lafage, LAPTH-740/99

Two-loop Euler-Heisenberg QED pair-production rate

G. V. Dune and C. Schubert, LAPTH-739/99, hep-th/9907190

Susy Higgs at the LHC: Large stop mixing effects and associated production

G. Bélanger, F. Boudjema and K. Sridhar, LAPTH-730/99, hep-ph/9904138

On the stability domain of systems of three arbitrary charges

A. Krikeb, A. Martin and J.M. Richard and Tai Tsun Wu, LAPTH-712/98, Physics/9812031

Semi-exclusive processes: new probes of hadron structure

S.J. Brodsky, M. Diehl, P. Hoyer and S. Peigné, hep-ph/9812277, LAPTH-708/98

The higgs sector of the minimal 3 3 1 model revisited

N.A. Tuan, N.A. Ky and H.N. Long, LAPTH-701/98, hep-ph/9810273

Testing nonperturbative techniques in the scalar sector of the standard model

T. Binoth and A. Ghinculov, LAPTH-694/98, hep-ph/9808497

Cosmologie/Astrophysique des particules

Detection of neutralino annihilation photons from external galaxies

E.A. Baltz, C. Briot, P. Salati, R. Taillet and J. Silk, astro-ph/9909112, LAPTH-763/99

Kinematics of LMC stellar populations and self-lensing optical depth

P. Salati, R. Taillet, E. Aubourg, N. Palanque-Delabrouille and M. Spiro, LAPTH-732/99, astro-ph/9904400

Extending the DAMA annual-modulation region by inclusion of the uncertainties in astrophysical velocities

P. Belli, R. Bernabei, A. Bottino, F. Donato, N. Fornengo, D. Prosperi and S. Scopel, LAPTH-727/99, hep-ph/9903501

Antideuterons as a signature of supersymmetric dark matter

F. Donato, N. Fornengo and P. Salati, LAPTH-722/99, hep-ph/9904481

Detection of neutralino annihilation photons from external galaxies

E. A. Baltz, C. Briot, P. Salati, R. Taillet and J. Silk, LAPTH-763/99

Communications dans des conférences, colloques ou écoles

Théorie des champs et symétries - systèmes intégrables - physique statistique

Semi classical aspects of gauge theories

R. Stora, Symposium in the honour of Wolfhart Zimmermann, June 22-24, 1998, Schloss Ringberg

Selected topics in perturbative field theory: renormalization, differential algebras

R. Stora, June 15-26, 1998, Les Houches, France

Universal construction of quantum dynamical R-matrices and a variant of the Hubbard model with pair hopping

D. Arnaudon, The 7th Colloquium on Quantum groups and integrable systems, Czech. J. Phys 48 n° 11 p. 1285, Prague, June 18-20, 1998

World line path integrals as a calculational tool in quantum field theory

M.G. Schmidt and C. Schubert, 6th International Conference on Path Integrals from peV to TeV : 50 years from Feynman's Paper, August 25-29, 1998, Florence, Italy

On the calculation of QED amplitudes in a constant field

C. Schubert, Workshop on Frontier Techs of QED & Physics of the vacuum, Sofia, Bulgaria, 1998

Axial vector amplitudes, second order fermions, and standard model photon - neutrino processes

C. Schubert, LAPTH-Conf-729/99, Corfu Summer Institute on Elementary Particle Physics, September 6-14, 1998

Mathematical methods in modern theoretical physics

M. Eliashvili, G. Jorjadze, G. Lavrelashvili, P. Sorba and A. Tavkhelidze, ISPM98, Tbilisi, September 5-18, 1998

A quantum group theoretical model for the genetic code

L. Frappat, A. Sciarrino and P. Sorba, I. S. P. M., Math. Methods in Theoretical Physics, Tbilisi, Georgia, 5-18 sept. 1998

A Hubbard model with pair hopping and on universal dynamical R-matrices

D. Arnaudon, APCTP-Nankai Symposium 1998 on «Yang-Baxter systems, non linear models and their applications», Seoul, October 20-23, 1998

Yangians, finite W-algebras and the non linear Schrodinger hierarchy

M. Mintchev, E. Ragoucy, P. Sorba and Ph. Zaugg, ACTP-Nankai Symposium Yang-Baxter systems, non linear models and their applications, Seoul, October 20-23, 1998

Deformed Virasoro and W algebras from elliptic algebras

P. Sorba, International seminar on integrable systems, MPI 99-39, Bonn, April 99

Happy Birthday Carlo

R. Stora, Meeting in Honour of Carlo M. Becchi's 60th Birthday, Cortona, Italie, May, 31-02, 1999

Deformed oscillators algebra formulation of the non-linear Schrodinger hierarchy and of its symmetry

E. Ragoucy, GGIS-99, Prague, Tchequie, June, 17-19, 1999

On elliptic algebras and double Yangians

D. Arnaudon, J. Avan, L. Frappat, E. Ragoucy and M. Rossi, The 8th Colloquium on Quantum groups and integrable systems, Prague, June 17-19, 1999

Crystal basis model of the genetic code: structure and consequences

L. Frappat, A. Sciarrino and P. Sorba, III Int. Conference Symmetry in Nonlinear @ Mathematical Physics, Kiev Ukraine, July 12-18, 1999

Interactions faibles/Interactions fortes

Physics at the Linear Collider

F. Boudjema, Fifth Workshop on High Energy Physics Phenomenology, Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics, Pune, India, January 12-26, 1998

Inverse neutrinoless double beta decay and $DL = 2$ processes at linear colliders

G. Bélanger, LAPTH-698/98, International Symposium on Lepton and baryon number violation, Trento, Italie, April 98.

Minimal ten-parameter Hermitian texture zeroes mass matrices and the CKM matrix

M. Baillargeon, F. Boudjema, C. Hamzaoui and J. Linding, MRST 98, Towards the theory of everything, Montreal, 13-15 May 1998

Quasi-real photon production in thermal QCD

F. Gelis, 5th International Workshop on Thermal-Field Theory and their applications, TFT 98, Regensburg, Germany, 10-14 August 1998

Soft dilepton production and hard thermal loops

H. Zaraket, 5th International Workshop on Thermal-Field Theory and their applications, TFT 98, Regensburg, Germany, 10-14 August 1998

Inclusive photon production in hadronic collision

M. Werlen, 34th Rencontre de Moriond, QCD and High energy hadronic interactions, Les Arcs, 20-27 mars 1999

Implementation of the non-linear gauge into Grace

G. Bélanger, F. Boudjema, J. Fujimoto, T. Ishikawa, T. Kaneko, K. Kato, V. Lafage, N. Nakazawa and Y. Shimizu, 6th AIHENP, University of Crete, April 1999

Cosmologie/Astrophysique des particules

Galactic antiprotons and supersymmetry

P. Salati, Dark 98, Heidelberg, July 20-24, 1998

Galactic antiprotons and supersymmetry

P. Salati, P. Chardonnet, F. Donato, D. Maurin, R. Taillet, A. Bottino and N. Fornengo, Paris, December 9-11, 1998

Cosmic rays from dark matter annihilations

P. Salati, invited talk at the TAUP99 Conference, Paris, September 6-10, 1999

The antiproton signal of the supersymmetric dark matter present in the galactic halo

P. Salati, 8th International Workshop on Neutrino Telescopes, Venezia, February 23-26, 1999

Cosmic-ray antideuterons as a signature for neutralino annihilation in the galactic halo

P. Salati, F. Donato and N. Fornengo, contribution to the 26th International Cosmic Ray Conference, Salt Lake City, USA, August 17-25, 1999

The extra-galactic gamma-ray signal of supersymmetric dark matter

P. Salati, E. A. Baltz, C. Briot, R. Taillet and J. Silk, contribution to the 26th International Cosmic Ray Conference, Salt Lake City, USA, August 17-25, 1999

Thèses de Doctorat

1998

Recherches de *charginos* et de *neutralinos* avec le détecteur L3 à LEP
CHEREAU Xavier, 30 avril 1998, LAPP-T-98/01

Étude de la production associée du boson de Higgs, H_w , H_{η} , H_z @ $gg + e^+/\mu^+ + X$ avec le détecteur ATLAS, auprès du LHC
EYNARD Guillaume, 6 mai 1998, LAPP-T-98/02

Étude de la violation de CP dans le canal $B^0 \rightarrow J/\psi K_s^0$ et développement d'un compteur Cerenkov à aérogel
LAFAYE Rémi, 11 mai 1998, LAPP-T-98/03

Conception d'un dispositif d'acquisition rapide de grande dynamique : application à la lecture du calorimètre de l'expérience ATLAS
BUSSAT Jean-Marie, 5 juin 1998, LAPP-T-98/04

Système optique d'alignement du banc de détection de l'expérience VIRGO pour la recherche des ondes gravitationnelles
SANNIBALE Virginio, 26 juin 1998, LAPP-T-98/05

Recherche de l'oscillation $n_m - n_e$ dans l'expérience NOMAD
VALUEV Viatcheslav, 7 juillet 1998, LAPP-T-98/06

Fonctions de corrélation en théorie des champs à température finie : aspects formels et applications au plasma de quarks et de gluons
GELIS François, 14 décembre 1998, ENSLAPP-T-98/07

1999

Mesure des corrélations de Bose-Einstein dans les désintégrations de paires de Bosons W avec le détecteur ALEPH au LEP
MARTIN Franck, 16 avril 1999, LAPP-T-99/01

Système de détection de l'expérience VIRGO
DEROME Laurent, 21 avril 1999, LAPP-T-99/02

Mesure des sections efficaces et des asymétries difermioniques avec le détecteur ALEPH à LEP2 - interprétations au-delà du modèle standard
MERLE Elsa, 22 avril 1999, LAPP-T-99/03

Personnel du LAPP

Personnel du laboratoire au 31/12/99

PHYSICIENS-EXPERIMENTATEURS CNRS

AUBERT	Bernard	DR1	MARION	Frédérique	CR1
BASSOMPIERRE	Gabriel	CR1	MENDIBURU	Jean-Pierre	DR2
BLAISING	Jean-Jacques	DR2	MINARD	Marie-Noëlle	DR2
BOUTIGNY	Dominique	CR1	MORAND	René	DR2
CATZ	Philippe	DR2	MOURS	Benoît	DR2
COIGNET	Guy	DR1	NEDELEC	Patrick	CR1
COLAS	Jacques	DR1	PEIGNEUX	Jean-Pierre	DR2
DEGRE	André	DR2	PERRET-GALLIX	Denis	DR2
DUCHESNEAU	Dominique	CR1	PERRODO	Pascal	CR1
FAVIER	Jean	DR2	PESSARD	Henri	DR2
FLAMINIO	Raffaele	CR2	PIETRZYK	Boleslaw	DR2
GAILLARD	Jean-Marc	DRCE	POGGIOLI	Luc	CR1
GHEZ	Philippe	DR2	SAUVAGE	Gilles	DR1
GONZALEZ-MESTRES	Luis	CR1	SCHNEEGANS	Marc	DR2
GOUANERE	Michel	DR2	SILLOU	Daniel	DR2
GUILLAUD	Jean-Paul	DR2	THENARD	Jean-Michel	CR1
HENNINGSEN	Corinne	CR1	TISSERAND	Vincent	CR2
JEZEQUEL	Stéphane	CR1	VERKINDT	Didier	CR1
KARYOTAKIS	Yannis	DR2	VIALLE	Jean-Pierre	DR2
LAFAYE	Rémi	CR2	WINGERTER-SEEZ	Isabelle	CR1
LEES	Sylvie	CR1	YVERT	Michel	DR1
LEES	Jean-Pierre	CR1			

PHYSICIENS-EXPERIMENTATEURS ENSEIGNANTS

BARATE	Robert	PR2	KOSSAKOWSKI	Roman	PR2
BUSCULIC	Damir	MC2	ZITOUN	Robert	PR1
DE BONIS	Isabelle	MC2	ZOLNIEROWSKI	Yves	PR2
DECAMP	Daniel	PR1			

PHYSICIENS-THEORICIENS CNRS

ARNAUDON	Daniel	CR1	GUILLET	Jean-Philippe	CR1
AURENCHE	Patrick	DR2	PEIGNE	Stéphane	CR2
BELANGER	Geneviève	CR1	PILON	Eric	CR1
BOUDJEMA	Fawzi	CR1	RAGOUCY	Eric	CR1
CLEMENT	Gérard	CR1	SORBA	Paul	DR1
GIRARDI	Georges	DR2	STORA	Raymond	DRCE

PHYSICIENS-THEORICIENS ENSEIGNANTS

CHARDONNET	Pascal	MC1	SOKATCHEV	Emeri	PR2
FRAPPAT	Luc	MC1	TAILLET	Richard	MC2
LE GUILLOU	Jean-Claude	PRCE	THUILLIER	Franck	MC1
SALATI	Pierre	PR1			

INGÉNIEURS, TECHNICIENS, ADMINISTRATIFS

ALEXELINE	Michel	IE2	FOUQUE	Nadia	IE2
BALLANSAT	Jacques	TCE	FROGER	Myriam	AJT
BAUD	Jean-Philippe	TCN	GALLET	Raphaël	IE2
BAUDIN	Armand	AJT	GAILLARD	Georges	AI
BAZAN	Alain	IE2	GIACOBONE	Laurent	TCE
BELLACHIA	Fatih	AI	GIRARD	Claude	IR1
BERGER	Nicole	TCE	HERMEL	Valérie	IR2
BERMOND	Max	TPT	HERMEL	Richard	IR1
BERTSCH	Yves	IR1	IRIBARNES	Nicole	SARCE
BEVILLARD	Sonia	TCN	JACOB	Cécile	TCN
BILLAT	Claudia	IE2	LACOMBE	Marie-Claude	TCN
BOGET	Daniel	IE2	LACOTTE	Jean-Claude	I1
BOMBAR	Claudine	TCN	LE FLOUR	Thierry	IE2
BONIFACE	Claire	TCS	LE MAREC	Jean-Claude	I1
BONIFACE	Jacques	AI	LESUEUR	Jacky	IP1
BONNEFON	Henri	TCE	LETOURNEL	Patrick	TCS
CADOUX	Franck	IR2	LIEUNARD	Sophie	IE2
CAILLES	Michel	AI	LIEUNARD	Bruno	IE2
CAMBERLIN	Bernard	AI	MAIRE	Michel	I1
CHOLLET-LE FLOUR	Frédérique	IR2	MARMOUX	Marie-Louise	TCS
CLAUS	Chantal	TCN	MASSEROT	Alain	IR2
COLACE	Marie-Pascale	IE2	MOYNOT	Michel	IP2
CORAGEOUD	François	TCE	MUGNIER	Pierre	IR2
COTTIN	Monique	TCN	NEBOUX	Serge	AJTP
DAGUIN-MOYNOT	Geneviève	AI	ORIBONI	André	I2
DAVID	Pierre-Yves	TCE	ORLIAC	Maurice	AJTE
DELEBECQUE	Pierre	IR2	PANAZOL	Jean-Luc	AI
DERIBLE	Alain	TCE	PERROT	Guy	IE2
DITTA	Jean	I2	PETITPAS	Patrick	IE2
DREAN	Alain	TCN	PRAST	Julie	IR2
DROMBY	Gérard	AI	TURC	Dominique	IE2
DUBOIS	Jean-Marc	TCS	SOTTILE	Rico	TCN
DUCHESNEAU	Andréa	IR2	SUBLET	Françoise	TCN
DUFOURNAUD	Denise	IP2	TARDIF	Christine	AJTP
DURET	Elisabeth	AJTP	THION	Jacques	I1
FERT	Marie-Claude	AI			

PERSONNEL NON PERMANENT 1998 - 1999

CHATELAIN	Alexandre	CDD	MONTEIRO	Innocencio	CDD
DUMONT-DAYOT	Nicolas	CDD	PUTANIER	Brigitte	CDD
JOURNET	Laurent	CDD	SPELTA	Marc	CES
LOESCH	Jean-Jacques	CDD	TAIBI	Omira	CDD
MALOSSE	Sébastien	CDD	VILALTE	Sébastien	CDD

DOCTORANTS 1998 - 1999

BAEK	Yongwook	CMS	MARTIN	Franck	ALEPH
BALANDRAS	Arnaud	L3	MASSOL	Nicolas	ATLAS
BRIOT	Cilly	Théorie	MAURIN	David	Théorie
BROCHU	Frédéric	L3	MERLE	Elsa	ALEPH
DEROME	Laurent	VIRGO	MURRAY	Steven	CMS
DORE	Olivier	Théorie	NEUKERMANN	Lionel	ATLAS
KRASNOPEROV	Alexei	NOMAD	ROBBE	Patrick	BABAR
MARCHAL	Nils	Théorie	TROCME	Benjamin	ALEPH
			ZARAKET	Haitham	Théorie

Visiteurs Etrangers Physique Experimentale

1998

NOM	Prénom	Origine	Groupe	Début	Fin	Mois/98
BARAO	Fernando	Portugal	AMS	01/03/98	28/02/99	0,3
DOLGPOPOV	Alexander	Russie	CMS	06/06/98	05/07/98	1
DROBYCHEV	Gleb	Biélorussie	CMS	29/04/98	28/10/98	6
FEODOROV	Vladimir	Russie	CMS	20/04/98	10/05/98	0,7
INIAKYN	Alexander	Russie	CMS	27/07/98	15/08/98	0,7
JEREMIE	Andréa	Allemagne	BABAR	01/02/97	31/01/98	1
JEREMIE	Andréa	Allemagne	BABAR	01/07/98	10/08/98	1,5
KAMBARA	Hisanori	Japon	ATLAS	01/03/98	31/12/99	10
KONDASHOV	Andréi	Russie	CMS	26/06/98	26/07/98	1
KORJK	Michael	Russie	CMS	17/01/98	23/01/98	0,2
LAPATZIK	Andréi	Russie	CMS	15/09/98	12/10/98	1
OSKINE	Andréi	Russie	CMS	20/02/98	20/03/98	1
PANOV	Vladimir	Russie	CMS	29/04/98	22/05/98	0,8
PUKHOV	Alexander	Russie	CMS	01/03/98	14/03/98	0,5
PUPPO	Paola	Italie	VIRGO	01/10/98	30/09/99	3
SANNIBALE	Virginio	Italie	VIRGO	01/02/97	30/06/98	6
SAUGONIAV	Valentin	Russie	CMS	10/08/98	10/09/98	1
SOBOL	Andréi	Russie	CMS	24/08/98	24/09/98	1
ZOUEVSKI	Vladimir	Russie	CMS	24/04/98	13/05/98	0,6
Total						37,3

Visiteurs Etrangers Physique Experimentale

1999

NOM	Prénom	Origine	Groupe	Début	Fin	Mois/96
sur PICS						
DOLGPOPOV	Alexander	Russie	CMS	20/01/99	15/03/99	0,9
DOLGPOPOV	Alexander	Russie	CMS	16/03/99	16/04/99	1
DROBYCHEV	Gleb	Biélorussie	CMS	28/06/99	28/07/99	1
CHAGUINE	Peter	Russie	CMS	02/08/99	31/08/99	1
INIAKYN	Alexander	Russie	CMS	15/05/99	09/06/99	0,8
INIAKYN	Alexander	Russie	CMS	31/03/99	15/05/99	0,5
KONSADOV	Andréi	Russie	CMS	22/02/99	15/03/99	0,7
KORJK	Michael	Russie	CMS	17/03/99	31/03/99	0,5
LAPATZIK	Andréi	Russie	CMS	01/12/99	22/12/99	0,7
OBRAZTSOV		Russie	CMS	24/04/99	03/05/99	0,3
PANOV	Vladimir	Russie	CMS	15/07/99	04/08/99	0,7
PUKHOV	Alexander	Russie	CMS	01/11/99	30/11/99	1
SOBOL	Andréi	Russie	CMS	23/07/99	03/09/99	1,5
Total						10,6
KAMBARA	Hisanori	Japon	ATLAS	01/01/99	31/12/99	12
PRZYSIEZNIAK	Helnska	Canada	ALEPH/ATLAS	14/02/99	31/07/99	6
PUPPO	Paola	Italie	VIRGO	01/01/99	30/09/99	9
SINGOWSKI	Alexander	Russie	CMS	01/01/99	31/12/99	12
KACIMI*	Mohamed	Maroc	ATLAS	10/04/99	10/10/99	6
DRASCO	Steven	USA	VIRGO	21/06/99	21/08/99	2
* bourse marocaine						Total 47

Visiteurs Etrangers Physique Théorique

1998

NOM	Prénom	Origine	Début	Fin	Mois/98
BAIER	Rudolf	Allemagne	02/03/98	27/03/98	0,9
BAIER	Rudolf	Allemagne	01/07/98	08/08/98	1,25
BAILLARGEON	Marc	Canada	19/10/98	19/11/98	1
BINOTH	Thomas	Allemagne	03/11/97	03/11/98	10
BINOTH	Thomas	Allemagne	04/11/98	03/11/00	12
DONATO	Fiorenza	Italie	03/11/98	28/02/99	12
EDEN	Burkhard	Allemagne	03/08/98	15/08/98	0,5
FLECHSIG	Fritjof	Allemagne	14/09/98	15/12/98	3
GUPTA	Sourendu	Inde	06/07/98	08/08/98	1
IVANOV	Evgueny	Russie	15/04/98	24/05/98	1,33
IVANOV	Evgueny	Russie	05/10/98	05/11/98	1
KON	Tadashi	Japon	15/07/98	15/08/98	1
KY	Nguyen Anh	Vietnam	07/09/98	21/11/98	1,5
MINTCHEV	Mihail	Italie	02/08/98	30/08/98	1
PALCHIK	Mark	Russie	05/02/98	31/03/98	1,8
PERELOMOV	Askold	Russie	15/02/98	15/03/98	1
PERELOMOV	Askold	Russie	28/08/98	28/09/98	1
ROSSI	Marco	Italie	01/01/98	31/07/98	7
SCHUBERT	Christian	Allemagne	01/01/98	31/12/98	12
SEDRAKIAN	Ara	Arménie	10/11/98	22/12/98	1,43
SRIDHAR	Krishnamoorty	Inde	23/08/98	26/09/98	1
WERLEN	Monique	Suisse	01/09/98	30/09/98	1
WERLEN	Monique	Suisse	20/10/98	17/11/98	0,9
ZAUGG	Philippe	Suisse	01/10/96	30/09/98	9
Total					83,61

Visiteurs Etrangers Physique Théorique

1999

NOM	Prénom	Origine	Début	Fin	Mois/99
AZI	Ourida	Italie	15/10/99	30/10/99	0,5
AZI	Ourida	Italie	29/11/99	22/12/99	0,8
BAI	Cheng Ming	Chine	08/02/99	21/02/99	0,5
BANG	HH	Vietnam	01/10/99	30/11/99	2
EDEN	Burkhard	G-B	01/10/99	30/09/01	3
ELIASHVILI	Merab	Georgie	14/01/99	02/03/99	0,6
GE	Mo Lin	Chine	10/02/99	09/03/99	1
HEINRICH	Gudrun	Canada	05/12/99	19/12/99	0,5
HOANG	Ngoc Long	Vietnam	02/09/99	30/09/99	1
IVANOV	Evgueni	Russie	02/11/99	16/11/99	0,5
IVANOV	Evguény	Russie	02/02/99	03/03/99	1
JUNEMANN	Klaus	Allemagne	04/02/99	31/03/99	2
KONNO	Hitoshi	Japon	26/08/99	19/09/99	0,8
KOUADIK	Smain	Algérie	01/04/99	30/04/99	1
KRASNIKOV	Nikolai	Russie	19/08/99	02/09/99	0,5
PETITGIRARD	Emmanuel	Allemagne	01/05/99	31/07/99	3
POGHOSSIAN	Rubik	Arménie	15/09/99	31/10/99	1,5
ROSSI	Marco	Italie	01/10/99	30/09/01	3
SCIARRINO	Nino	Italie	25/08/99	10/09/99	0,5
SEDRAKIAN	Ara	Arménie	01/10/99	31/12/99	3
SEMENOV	Andreï	Russie	15/02/99	15/03/99	1
SEMENOV	Andreï	Russie	01/10/99	31/12/99	3
SON	Do Hoang	Allemagne	29/11/99	15/12/99	0,5
SRIDHAR	K.	Inde	18/06/99	06/07/99	0,6
TOBIMATSU	Keijiro	Japon	10/07/99	11/08/99	1
WERLEN	Monique	Suisse	10/05/99	07/06/99	1
WERLEN	Monique	Suisse	02/11/99	06/12/99	1
WERLEN	Monique	Suisse	01/03/99	31/03/99	1
ZUPNIK	Boris	Russie	11/10/99	08/11/99	1
Total					36,8

Service Administratif

DIRECTEUR	M. Yvert
DIRECTEUR ADJOINT	R. Morand
ASSISTANTE	S. Guilhem

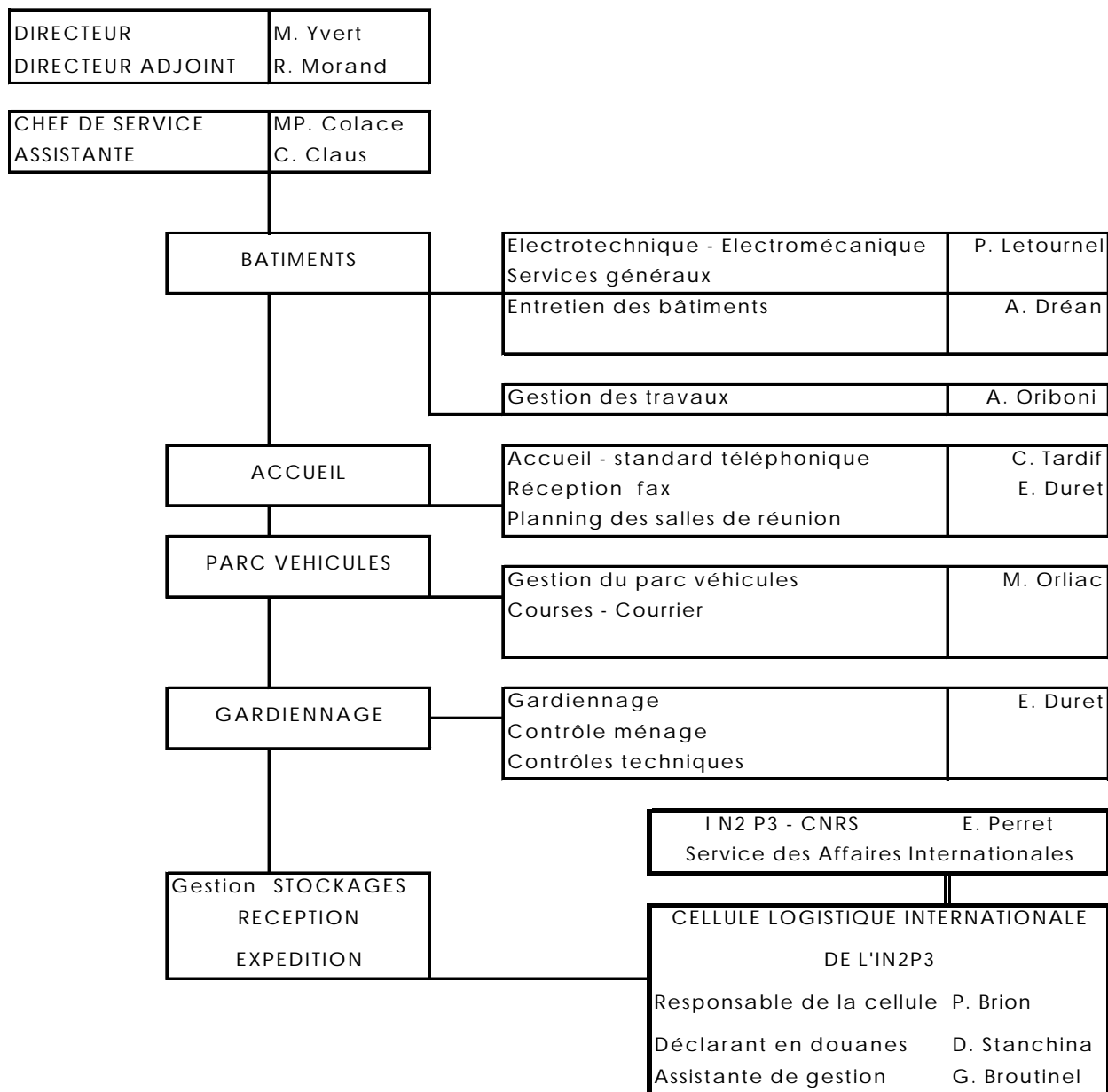
RESPONSABLE ADMI. ASSISTANTE	MP. Colace C. Claus
---------------------------------	------------------------

I N2 P3 - CNRS Agence Comptable Principale

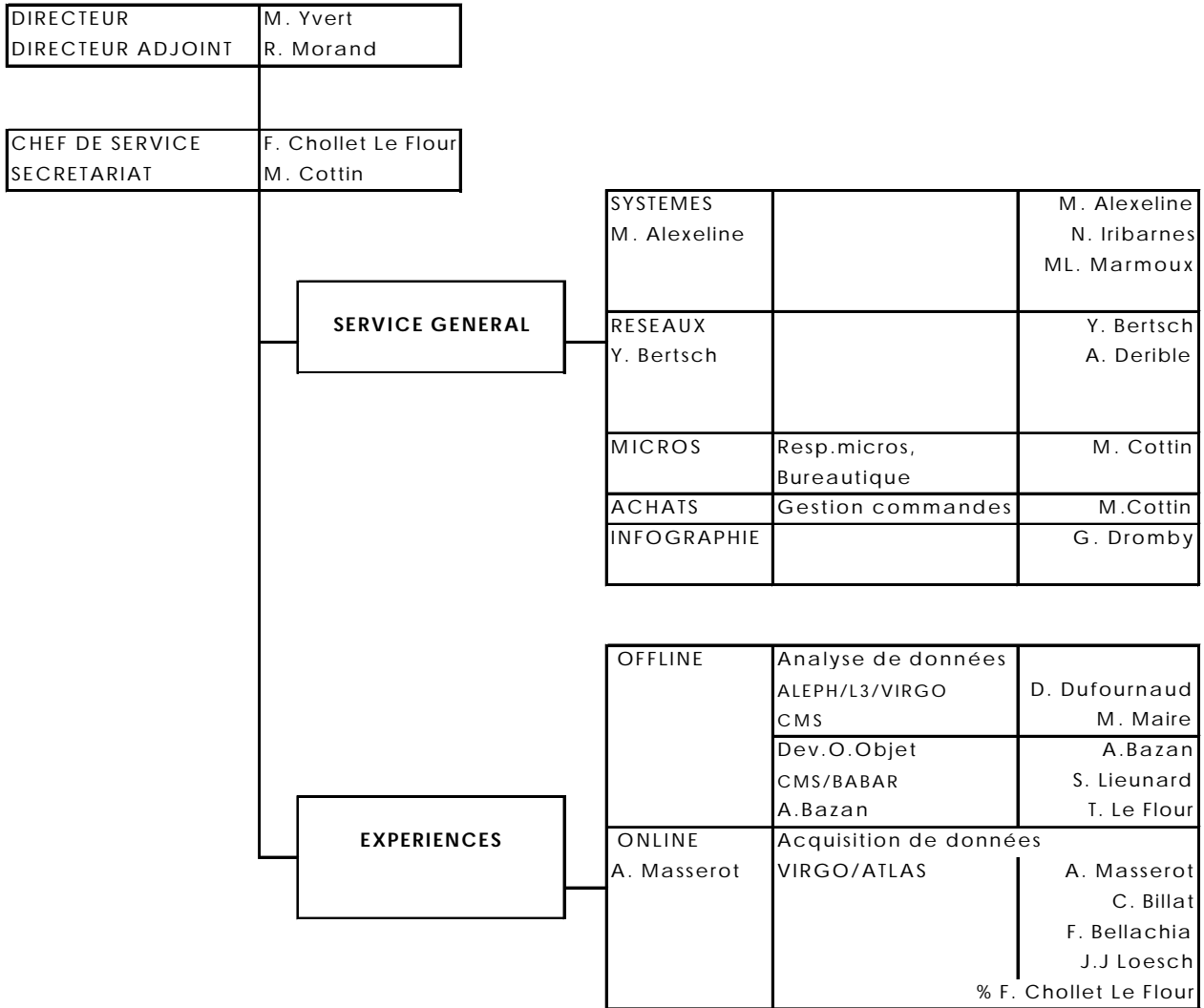
Régisseur avances-recettes Missions CERN, décisions VE	MC. Lacombe
---	-------------

GESTION FINANCIERE	Gestion financière, Comptes CERN Mandataire du régisseur	C. Jacob
	Missions France - CEE - Etranger	S. Béviillard
	Grands comptes	F. Sublet
	Commandes, factures	B. Putanier
	Marchés publics Contrats de maintenance	C. Claus
PERSONNELS	Secrétariat formation permanente et service du personnel	S. Guilhem
	Service social	C. Claus
	Accueil stagiaires et doctorants Fournitures	M. Froger
BIBLIOTHEQUE - WEB	Documentation et communication	N. Berger
	Assistante du WEBMASTER	MC. Fert
SECRETARIATS DETACHES	Groupes de recherche - service méca	C. Le Marec
	ENSLAPP - URA 1436 Assistante de direction	D. Turc

Service Généraux



Service Informatique



Service Electronique

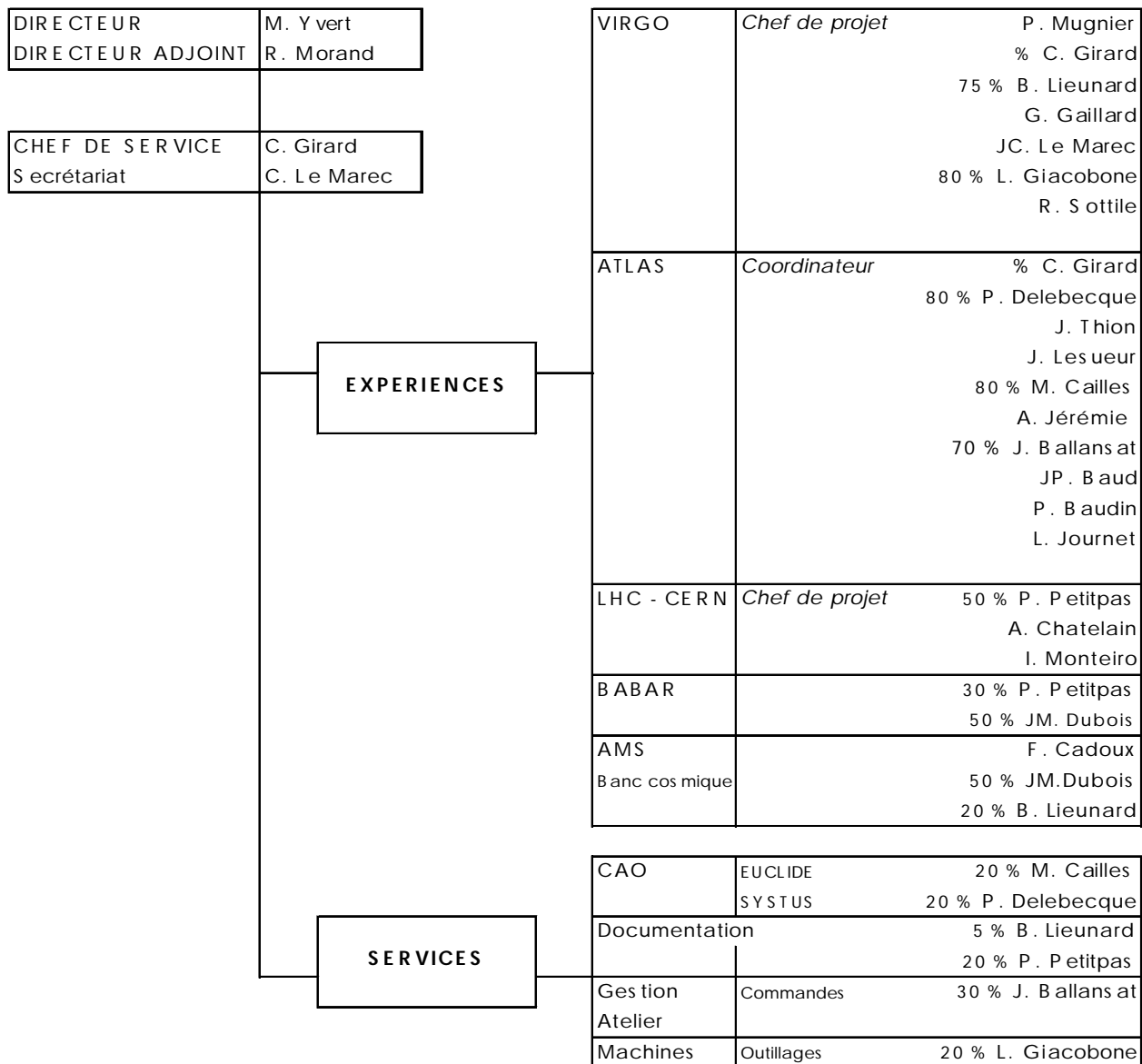
DIRECTEUR	M. Yvert
DIRECTEUR ADJOINT	R. Morand

CHEF DE SERVICE	M. Moynot
SECRETARIAT	C. Boniface

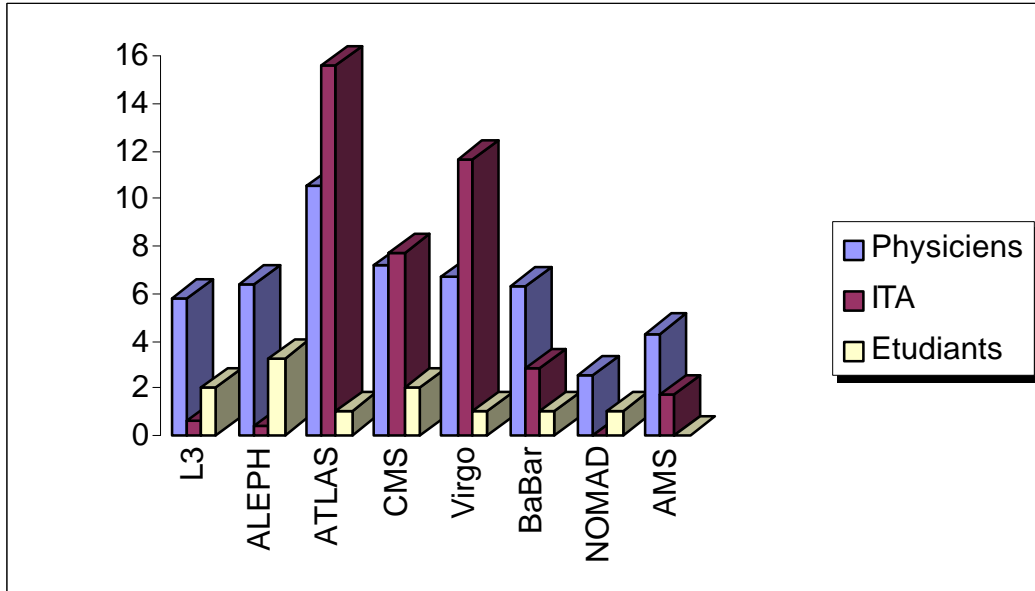


VIRGO <i>R. Hermel</i>	R. Hermel JC. Lacotte % PY. David
ATLAS <i>G. Perrot</i>	% M. Moynot G. Perrot J. Boniface H. Bonnefon G. Daguin J. Prast N. Dumont-Dayot
MULTI PROJETS : CMS, digital, nouveaux projets <i>V. Hermel</i>	V. Hermel D. Boget N. Fouque % P.Y. David S. Vilalte
CMS ANALOGIQUE	J. Ditta
BABAR	B. Camberlin
CAO <i>F. Corageoud</i>	JL. Panazol F. Corageoud
ACHATS <i>R. Gallet</i>	R. Gallet C. Boniface C. Bombar
MAGASIN ELECTRONIQUE	
DOCUMENTATION TECH.	
DIVERS	M. Bermond

Service Mécanique



Affectation des ressources du LAPP 1998/1999



Ce tableau représente la distribution des personnels sur les différents programmes du laboratoire.

Membres du Conseil de Laboratoire au 31/12/99

Membres de droit

Michel YVERT	Directeur
René MORAND	Sous-Directeur

Membres élus

ITA

Claudia BILLAT
Chantal CLAUS
Nadia FOUQUE
Valérie HERMEL
Bruno LIEUNARD

CHERCHEURS

Guy COIGNET
Jean-Pierre LEES
Pascal PERRODO
Henri PESSARD
Yves ZOLNIEROWSKI

Membres nommés

Jean-Philippe GUILLET	
Bernard ILLE	(IPN Lyon)
Angelo SCRIBANO	(INFN Pise)
Jean-Pierre VIALLE	

Invités permanents

Pierre BARAS	Président de l'Université de Savoie (ou son représentant)
Marie-Pascale COLACE	Responsable Administratif du Laboratoire

Membres du Conseil Scientifique au 31/12/1999

Membres de droit

Michel YVERT	Directeur
René MORAND	Sous-Directeur

Membres élus

Guy COIGNET
Jean-Pierre LEES
Pascal PERRODO
Henri PESSARD
Yves ZOLNIEROWSKI

Membres nommés

Jean-Philippe GUILLET	
Bernard ILLE	(IPN Lyon)
Angelo SCRIBANO	(INFN Pise)
Jean-Pierre VIALLE	

Invités permanents

Pierre BARAS	Président de l'Université de Savoie (ou son représentant)
Frédérique CHOLLET	Chef du service Informatique
Marie-Pascale COLACE	Responsable Administratif
Claude GIRARD	Chef du service Mécanique
Michel MOYNOT	Chef du service Electronique