

Rapport d'activité 2002-2003

LAPP

Laboratoire
d'Annecy-le-vieux
de Physique
des Particules

9 Chemin de Bellevue - BP 110 74941 Annecy-le-Vieux CEDEX - FRANCE
Tel : (33) (0)4 50 09 16 00 -- Fax : (33) (0)4 50 27 94 95
<http://lapp.in2p3.fr/>

Directeur de publication

Jacques Colas

Equipe éditoriale

Daniel Décamp

Nicole Berger

Claudine Bombar

Cyril Drancourt

Frédérique Marion

Marie-Noëlle Minard

Vanessa Riva

Infographie

Gérard Dromby

Crédit Photographique

CERN, LAPP, NASA, SLAC

Sommaire

Présentation	5
Programmes expérimentaux	
Le Modèle Standard et ses extensions	11
Les mesures de précision et la recherche de nouvelles particules	13
Fin des expériences du LEP : ALEPH et L3	15
Expérience ATLAS au LHC	21
Expérience CMS au LHC	26
La violation de CP	29
Expérience BaBar sur le collisionneur PEP-II à SLAC	31
Expérience LHCb	36
La physique des neutrinos	39
Expérience OPERA sur le faisceau neutrino CNGS du CERN	41
Les astroparticules	45
Expérience AMS sur la Station Spatiale Internationale	47
Projet de Recherche et Développement EUSO sur la Station Spatiale Internationale	51
La recherche des ondes gravitationnelles	55
Expérience de recherche d'ondes gravitationnelles VIRGO	57
Les savoir-faire du laboratoire	
Compétences et savoir-faire	62
Les services techniques	63
Le service électronique	63
Le service informatique	68
Le service mécanique	73
La recherche et le développement	
La stabilisation des quadrupôles d'un collisionneur linéaire CLIC	77
Les positrons	78
La valorisation et les relations industrielles	79
L'organisation et le fonctionnement du laboratoire	
L'organisation du laboratoire	83
Le comité scientifique et le conseil de laboratoire	83
Les revues et les contrats d'objectifs	83
La gestion documentaire EDMS	84
La base de gestion locale du personnel	84
L'organigramme général	85

Les ressources humaines	86
Les personnels	86
La formation permanente	87
Les services administratif et généraux	88
Le service administratif	88
Les services généraux	89
La bibliothèque	90

L'enseignement supérieur

L'enseignement supérieur	93
La formation par la recherche	94
Les thèses	94
Les stages	94
Liste des thèses soutenues au LAPP	95

Les partenaires du LAPP

Le Laboratoire de Physique Théorique LAPTH	99
L'Ecole Supérieure d'Ingénieurs d'Annecy ESIA	101

La vie scientifique et la communication

L'animation scientifique	105
Les séminaires de physique expérimentale	105
Les ateliers de prospective	105
L'atelier des Houches	105
La conférence Beaune 2002	105
La communication	107
La communication au sein du LAPP	107
La communication vers le public	107
Les distinctions	110
Liste des séminaires et cours donnés au LAPP	111

Les publications

Publications	115
Communications à des conférences	121

Présentation

La physique des particules élémentaires a l'objectif ambitieux de mettre à jour les constituants ultimes de la matière, les particules, d'établir la nature des forces qui les lient et de comprendre les principes sous-jacents à cette organisation. Ces particules et forces sont à l'œuvre partout dans l'univers et ont joué un rôle déterminant dans son évolution depuis le Big Bang jusqu'à l'aspect sous lequel nous l'observons aujourd'hui : galaxies, étoiles, trous noirs, éléments chimiques et systèmes biologiques. Les découvertes en physique des particules concernent ainsi le cœur même de notre existence. C'est le sujet des travaux menés au LAPP, Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique des Particules.

Créé en 1976 le LAPP est l'un des 18 laboratoires de l'Institut national de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), département du Centre National de Recherche Scientifique (CNRS) regroupant les pôles de recherche expérimentale en physique nucléaire et physique des particules. Dans ses murs, il héberge le LAPTH, laboratoire de physique théorique dont les thèmes de recherche accompagnent et motivent les expériences conçues et réalisées au LAPP. Cette proximité conduit à une synergie très féconde.

Le LAPP est une Unité Mixte de Recherche (UMR 5814) du CNRS et de l'Université de Savoie. L'ensemble des 130 personnels permanents qui y interviennent, à l'exception de 8 enseignants chercheurs, sont des personnels CNRS (chercheurs, ingénieurs, techniciens et administratifs) ; en outre le LAPP accueille des visiteurs étrangers pour une durée déterminée, une quinzaine d'étudiants en thèse et chaque année une trentaine de stagiaires issus des différentes filières de l'enseignement supérieur (IUT, maîtrise, écoles d'ingénieurs, DEA).

C'est le CNRS qui assure une large majorité des budgets d'équipement et fonctionnement du laboratoire auxquels viennent s'ajouter un support de l'Université de Savoie et des contributions ciblées sur des programmes identifiés du Conseil Général de Haute-Savoie, de la région Rhône-Alpes ou bien encore du Centre National d'Etudes Spatiales.

La Physique Expérimentale

Au sein de collaborations internationales impliquant une cinquantaine de pays, les équipes du LAPP poursuivent des programmes expérimentaux qui ont pour objet de mettre à jour les éléments de base qui composent la matière, de comprendre les symétries qui les organisent et les forces qui les lient. Les équipes du laboratoire sont ainsi

engagées dans des collaborations actives auprès des accélérateurs de particules les plus récents :

- Au CERN près de Genève, au LEP qui après plus de dix ans de fonctionnement exemplaire a été arrêté fin 2000 et au LHC accélérateur en cours de construction qui succédera au LEP et dont le démarrage est prévu en 2007 ou encore au SPS qui enverra bientôt un faisceau de neutrinos en direction du laboratoire du Gran Sasso près de Rome (2006).
- Au SLAC à STANFORD aux USA où une expérience cherche à mesurer les différences de comportement entre matière et anti-matière.

A côté des expériences auprès des accélérateurs, l'étude des phénomènes produits dans l'univers continue d'être une source importante de découvertes. Le LAPP participe à une expérience près de Pise visant à mettre en évidence des ondes gravitationnelles (VIRGO), ainsi qu'à une expérience de détection d'antimatière dans l'espace (AMS) qui se déroulera sur la station spatiale internationale (ISS).

Ces projets expérimentaux structurent l'activité du laboratoire, au travers de diverses phases : définition, conception et construction de l'appareillage, acquisition des données, analyse et interprétation des résultats. La réalisation des détecteurs s'appuie sur les compétences, le savoir-faire et la capacité à mettre en œuvre des technologies innovantes des services techniques : électronique, informatique, mécanique. Elle conduit naturellement à des contacts nombreux avec le tissu industriel environnant.

Les sujets abordés concernent les grands thèmes de la physique des particules :

Le Modèle Standard et ses extensions

De nombreuses expériences réalisées au cours des 25 dernières années ont permis de construire une très élégante description du monde physique, le «Modèle Standard». De puissants principes de symétrie relient les différentes briques de base (quarks et leptons) et permettent de générer les forces qui agissent entre elles. Les expériences auprès du LEP au CERN ont permis de vérifier les prédictions de ce modèle avec une très grande précision. Une particule, nécessaire à la cohérence de la théorie, n'a cependant pas encore été observée : le boson de Higgs ; d'autres éléments laissent entrevoir la nécessité de compléter le modèle. Ce sont là deux thèmes essentiels de la recherche actuelle en physique des particules. L'intégration de la gravité dans cette description de la nature est aussi un défi que beaucoup actuellement cherchent à relever.

Les mesures de précisions et la recherche du boson de Higgs

Avec l'arrêt du LEP en Novembre 2000, au terme d'une dernière année qui a permis d'atteindre l'énergie record de 104.5 GeV par faisceau, c'est le programme LEP2 qui a terminé ses prises de données. Les équipes ALEPH et L3 achèvent leur programme sur les deux thèmes phares de LEP2 : la recherche directe de nouvelles particules (boson de Higgs, particules supersymétriques), la poursuite des mesures de précision permettant la recherche indirecte de nouvelle physique (mesure de la masse et des constantes de couplage du W).

Le futur de cette ligne de physique est incarné par les expériences ATLAS et CMS qui prendront auprès du LHC le relais sur ce thème à l'horizon 2007, plus que jamais motivées par la quête du boson de Higgs. Le LAPP est fortement engagé à travers sa contribution à la calorimétrie électromagnétique de chacun des détecteurs.

Pour ces expériences réalisées par des collaborations internationales auprès des accélérateurs du CERN, la proximité géographique du laboratoire est un atout majeur qui donne à nos équipes une visibilité reconnue.

L'étude de la violation de CP

Si matière et antimatière ont été créées en équilibre au moment du «Big Bang», la matière semble aujourd'hui dominer très largement l'univers que nous pouvons observer. Outre un test approfondi du modèle standard, l'étude de la violation de CP peut éclairer l'origine de cette asymétrie.

Après la mise en évidence de la violation directe de la symétrie CP dans le système des kaons par les expériences NA48 et KTeV, les résultats récents des expériences Babar (à laquelle participe le LAPP) et Belle établissent fermement la violation de CP dans le système des mésons beaux, faisant de 2001 une année faste pour la violation de la symétrie matière-antimatière.

Cette ligne de recherche sera poursuivie à l'horizon LHC, puisque le laboratoire s'est engagé en 2001 dans le programme LHCb, dédié à l'étude de la physique du B au LHC.

La physique des neutrinos

La récente mise en évidence d'oscillations entre neutrinos de type différents prouve que des neutrinos sont massifs. Ce thème de recherche est abordé au LAPP depuis de nombreuses années. Tout récemment, les résultats enregistrés au Japon par l'expérience Super Kamiokande observant les neutrinos produits lors des interactions des rayons cosmiques dans l'atmosphère, impliquent qu'il y a oscillation, très probablement entre ν_μ et ν_τ . Aussi, afin de confirmer ce résultat important, la décision a été prise d'envoyer, à partir du CERN, un faisceau de neutrinos (ν_μ initialement) en direction du laboratoire souterrain du Gran Sasso, situé à 750 km de là, près de Rome. Une fraction des ν_μ devrait avoir oscillé

en ν_τ . L'équipe OPERA s'est engagée en 2001 dans la construction d'un détecteur dont les émulsions photographiques permettront d'identifier la production de τ issus de l'interaction de ces ν_τ . Ce programme devrait être opérationnel en 2006.

La recherche d'antimatière et l'étude des rayons cosmiques

Par la mesure précise hors de l'atmosphère terrestre de la nature des rayons cosmiques, le spectromètre AMS, embarqué sur la station spatiale internationale, se propose de rechercher :

- L'existence d'antimatière provenant du «Big Bang».
- La matière noire non baryonique (la matière que nous voyons et que nous connaissons ne représenterait que 5% de la matière de l'univers...).
- Les mécanismes de la dynamique de la galaxie.

La possibilité de déclencher sur des photons élargit encore la palette des sujets accessibles et permettra à AMS de faire le lien entre les expériences existantes.

L'installation du spectromètre sur la station spatiale est prévue pour 2007.

L'observation des rayons cosmiques de très haute énergie soulève beaucoup d'interrogations : quelles peuvent être les sources capables de les produire ? Comment ces rayons arrivent-ils à se propager dans l'univers sans interagir ? Avec le projet EUSO, soutenu par l'ESA, c'est un observatoire embarqué dédié à cette physique qui serait réalisé à l'horizon 2010. Il est entré en 2001 dans sa phase prospective, à laquelle le LAPP participe.

La recherche d'ondes gravitationnelles

De profondes similitudes existent entre les lois de l'électromagnétisme et celles de la gravitation. Si l'existence des ondes électromagnétiques est bien connue et leur usage courant, celle des ondes de gravitation l'est beaucoup moins et seules des observations indirectes prouvent leur existence. Leur mise en évidence est l'ambition du projet franco-italien VIRGO et du projet américain LIGO. Au-delà de l'intérêt pour l'étude de la relativité générale d'Einstein, une telle observation serait un premier pas vers la découverte du graviton, médiateur de l'interaction de gravité et ouvrirait la voie vers un nouveau mode d'observation de l'univers.

La construction de l'antenne interférométrique VIRGO s'est terminée en 2003. La mise en route du détecteur a commencé. Le groupe du LAPP assure des responsabilités majeures sur l'ensemble de détection du signal, l'étalonnage du détecteur et l'acquisition de données. En parallèle à la mise en route, l'équipe de physique prépare activement l'analyse des données.

Organisation de la vie au laboratoire

Pour réaliser son programme de recherche, le laboratoire est organisé en groupes de physique qui ont la

responsabilité de mener à bien les projets expérimentaux, et en services techniques (électronique, informatique, mécanique) dont la compétence permet d'étudier, de réaliser et d'exploiter les détecteurs ; le service administratif venant bien sûr en soutien indispensable à l'ensemble des activités. Des groupes de travail animés par des chargés de mission prennent en charge un certain nombre d'activités transversales : séminaires, formation permanente, comité hygiène et sécurité, commission informatique, encadrement des stagiaires, valorisation, ...

L'adhésion à de nouveaux projets est étudiée par le conseil scientifique, puis l'attribution des ressources comme les problèmes d'organisation de la vie au laboratoire sont discutés par le conseil de laboratoire. Pour nourrir ces échanges qui préparent les décisions, des revues de lancement ou de suivi de projet sont effectuées. Les engagements du laboratoire sont alors formalisés par un contrat d'objectifs amendable en fonction de l'évolution du projet.

Les partenaires du LAPP

Les équipes du LAPP bénéficient d'échanges stimulants et fructueux avec les physiciens théoriciens du LAPTH, avec qui elles collaborent sur des thématiques communes dans des groupes de travail nationaux comme internationaux. A l'horizon LHC, un projet de centre d'accueil pourrait permettre d'accueillir quelques physiciens tant théoriciens qu'expérimentateurs désireux de se rapprocher du feu de l'action.

Si la vocation première du laboratoire est la recherche fondamentale, elle va de pair avec la formation. A ce titre, le personnel du LAPP, en particulier ses huit enseignants chercheurs mais aussi de jeunes thésards au travers du monitorat ou des ingénieurs et techniciens du laboratoire, collabore étroitement avec l'Université de Savoie à Chambéry et à Annecy ainsi qu'avec l'Université de Grenoble en dispensant plus de 2000 heures d'enseignement par an à l'Université, l'PIUT, l'ESIA (Ecole Supérieure d'Ingénieurs d'Annecy) ou dans des organismes de formation permanente.

La formation par la recherche, outre les thèses soutenues chaque année, concerne également une trentaine de stagiaires accueillis chaque année dans les groupes de physique ou les services techniques du laboratoire. Les formations et l'expertise qu'ils y acquièrent profitent aux entreprises qui les embauchent.

La proximité de l'ESIA facilite le tissage de nouveaux liens entre les équipes de recherche de l'ESIA et du LAPP. Un

projet d'une extension recherche de l'ESIA en partenariat avec le LAPP est soutenu par la région pour une réalisation vers 2006.

Plusieurs actions de valorisation des compétences et de développements techniques du laboratoire ont pu être entreprises ces deux dernières années :

- Une valorisation vers les PME-PMI de développement informatique, en collaboration avec des équipes du CERN et de UWE et avec le support de pôles locaux universitaires et du département à travers Thésame. Elle a conduit à la création d'une société : Agylium.
- Une application de logiciels de simulation de la production et du parcours de particules dans la matière à un projet industriel avec Thomson.

Par la maîtrise de techniques de pointe en électronique, informatique, mécanique, le LAPP est à même d'apporter, sur des sujets précis, un support à des entreprises. L'expérience montre qu'il est un intermédiaire efficace entre le CERN et le tissu industriel local.

La communication

Faire connaître notre domaine de recherche, nos métiers et nos savoir-faire est le moteur des actions de communication entreprises que ce soit vers le grand public lors des journées portes ouvertes, ou des publics plus avertis autour de cafés scientifiques, d'intervention sur les chaînes locales de radio ou de conférences. Le succès rencontré par ces manifestations reflète la curiosité du public pour la physique fondamentale ; pour répondre à ces attentes des conférences peuvent être organisées à destination des lycéens ; la visite d'une exposition permanente dans les locaux du laboratoire permet de compléter cette introduction et de mieux appréhender le domaine.

Prix et Distinctions

Les remises de distinction comme le Prix Thibaud 2002 à S. Rosier-Lees et le Prix des Neiges 2003 à R. Brunelière soulignent la reconnaissance par la communauté de l'implication dans les projets de recherche d'excellents jeunes chercheurs, gage pour l'avenir du dynamisme du laboratoire. En parallèle, les palmes académiques attribuées à K. Kuroda, à l'origine d'une nouvelle gamme de photo-détecteur, démontrent la richesse de nos collaborations internationales.

Merci à D. Décamp, et à N. Berger, C. Bombar, M.C. Drancourt, G. Dromby, V. Riva, F. Marion, car sans leur savoir-faire et leur patience ce rapport n'aurait pu voir le jour.

Jacques Colas, Directeur

Marie-Noëlle Minard, Sous Directeur