

Avant-Propos

Mettre à jour les constituants ultimes de la matière, les particules, établir la nature des forces qui les lient, comprendre les principes sous-jacents à cette organisation et à l'œuvre partout dans l'univers depuis le Big-Bang jusqu'à l'aspect sous lequel nous l'observons aujourd'hui, sont, depuis sa création, les raisons d'être du LAPP, Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique des Particules.

Ce rapport précise les activités et les évolutions durant les années 2000 et 2001, tout en resituant le laboratoire dans son contexte institutionnel, scientifique et technique ainsi que local. Il a, en outre, l'ambition de présenter le laboratoire et ses activités à un plus large public.

Présentation du LAPP

C'est l'un des 18 laboratoires de l'IN2P3, département scientifique du 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) du CNRS et de l'Université de Savoie. L'ensemble des 140 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, des étudiants en thèse et chaque année une quarantaine 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 auquel 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.

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 du CERN (LEP, LHC) et de Stanford aux USA (SLAC), d'autres se tournent vers l'étude des particules produites dans l'univers avec des projets embarqués sur la Station Spatiale Internationale (ISS), d'autres encore cherchent à mettre en évidence

les ondes gravitationnelles avec la construction d'un très grand interféromètre près de Pise (Italie).

Ces projets expérimentaux structurent l'activité du laboratoire, au travers de diverses phases : 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. Elle conduit naturellement à des contacts nombreux avec le tissu industriel environnant.

La réalisation et l'évolution des programmes expérimentaux

Les thèmes de recherche au centre des activités du laboratoire concernent les grands volets de la physique des particules :

- le modèle standard et ses extensions
- la recherche d'antimatière primordiale dans l'univers et l'étude des rayons cosmiques
- la recherche des ondes gravitationnelles

De récentes avancées significatives dans certains de ces domaines ont influencé le choix de nouveaux projets et motivé les équipes engagées dans la réalisation des futures expériences.

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.

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 complètent leur programme sur les deux thèmes phares de LEP2 :

- La poursuite des mesures de précision (mesure de la masse et des constantes de couplage des bosons W) pour ALEPH, la recherche directe de nouvelles particules (boson de Higgs, particules super-symétriques) dans L3 et celle indirecte de nouvelle physique dans ALEPH.

- 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 2006, plus que jamais motivées par la quête du boson de Higgs. Le LAPP est fortement engagé vers ce futur à travers sa contribution à la calorimétrie électromagnétique de chacun des détecteurs :

- Le groupe Atlas a pris d'importantes responsabilités dans tous les aspects de la réalisation du calorimètre électromagnétique à Argon liquide d'Atlas : mécanique, électronique, informatique, mobilisant les équipes techniques du laboratoire et les incitant à maîtriser de nouveaux domaines.
- Le groupe CMS, après avoir été à l'origine du choix de cristaux de tungstate de plomb pour la construction du calorimètre électromagnétique, a conçu et développé une station d'irradiation (GIF) qui permet de tester et caractériser les cristaux en milieu irradié.

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 des expériences Babar 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.

Tout en assurant une participation active aux prises de données et un support important pour leur transfert et analyse au centre de calcul de Lyon, le groupe BABAR du laboratoire s'est fortement impliqué dans l'analyse contribuant à établir le résultat principal de BABAR $\sin 2\beta = 0.59 \pm 0.15$; une valeur non nulle de ce paramètre signe une différence entre matière et antimatière. Le groupe s'investit également dans l'étude de canaux destinés à établir des mesures précises de l'ensemble des paramètres décrivant la désintégration des mésons B.

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 mise en évidence d'oscillations entre neutrinos de type différents prouve que les neutrinos sont massifs. Ce thème de recherche est abordé au LAPP depuis de nombreuses années. C'était le propos de l'expérience NOMAD, qui recherchait la production de τ dans les interactions de neutrinos produits avec le type ν_μ , la production de τ prouvant la transformation des neutrinos en ν_τ . Le groupe NOMAD du LAPP a participé à l'analyse finale qui est maintenant achevée ; elle a permis de repousser les limites des paramètres d'oscillations.

Dans le même temps les résultats enregistrés au Japon par l'expérience SuperKamiokande regardant les neutrinos produits lors des interactions des rayons cosmiques dans l'atmosphère, impliquent qu'il y ait oscillation, très probablement entre ν_μ et ν_τ , dans un domaine de paramètres inaccessible à l'expérience NOMAD. 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 2005.

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 10% de la matière de l'univers...
- les mécanismes de la dynamique de la galaxie.

Le groupe AMS, après l'analyse des données enregistrées lors du vol d'un prototype sur la navette Discovery, a pris des responsabilités dans la construction de la mécanique et de l'électronique du calorimètre électromagnétique associé au spectromètre. 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 début 2003.

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, supporté par l'ESA, c'est un observatoire embarqué

dédié à cette physique qui serait réalisé à l'horizon 2008. 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 concurrent 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 devrait être terminée début 2003. La mise en route de la partie centrale 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. C'est un des engagements principaux des équipes techniques du laboratoire. D'ores et déjà un test de 72 heures a été effectué avec l'interféromètre central et a permis de prendre des données qui affineront la compréhension du détecteur. En parallèle à la mise en route, l'équipe de physique prépare activement l'analyse des données.

Les évolutions dans les services techniques.

Les réalisations en cours évoquées ci-dessus n'ont pu voir le jour que soutenues par les services techniques : électronique, informatique, mécanique. Les programmes entrepris leur ont permis d'acquérir de nouvelles compétences et méthodes de travail : le spatial pour la mécanique, la réalisation de circuits intégrés résistant aux radiations et la maîtrise de techniques innovantes (DSP) pour l'électronique, des perspectives attirantes s'ouvrent en informatique avec le projet de calcul et de stockage de données réparties GRID et les nouvelles architectures logicielles des expériences LHC. Cette évolution des métiers et des techniques est supportée par un important programme de formation permanente.

Organisation de la vie au laboratoire

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

Pour la réalisation des projets le service administratif joue un rôle de support dans la gestion des marchés, des achats, du budget et du personnel et suit avec efficacité les évolutions des réglementations.

L'organisation d'une équipe «support général» a permis d'améliorer la convivialité des lieux et de faire face de façon efficace à de nombreux travaux d'entretien, le nouvel aménagement de l'entrée du laboratoire n'étant pas le moindre.

Il faut noter que les mouvements de personnels dus à quelques mutations, mais de manière plus préoccupante à un grand nombre de départs à la retraite non compensés ont demandé une réorganisation du travail. La participation des agents et l'accompagnement par des formations appropriées sont essentielles pour franchir ce cap.

Répondant à une demande initiée par les services sensibilisés aux démarches "Qualité", une gestion documentaire cohérente au niveau du laboratoire est mise en place. C'est un projet pilote pour l'IN2P3.

Les partenaires du LAPP

Un des seuls laboratoires de recherche du CNRS en Haute-Savoie, les interactions du LAPP avec le milieu local revêt des aspects divers :

Les équipes du LAPP bénéficient d'échanges stimulants et fructueux avec les physiciens théoriciens du LAPTH, avec qui ils collaborent sur des thématiques communes dans des groupes de travail nationaux comme internationaux.

Si la vocation première du laboratoire est la recherche fondamentale, elle va de pair avec la formation. A ce titre les enseignants-chercheurs et personnels chercheurs et techniques interviennent dans les enseignements de l'Université, de l'IUT, de l'ESIA ou des organismes de formation permanente. En outre ce sont une quarantaine de stagiaires issus des différentes filières de l'enseignement supérieur qui sont accueillis au LAPP chaque printemps et y insufflent un dynamisme certain. L'expertise qu'ils acquièrent au laboratoire est un capital dont ils peuvent faire profiter les entreprises qui les embauchent.

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

- des projets de développements pour la machine LHC, avec l'aide du conseil général de Haute-Savoie et, pour le plus important d'entre eux, en liaison avec une entreprise locale.
- un développement électronique pour un projet coordonné par l'ESA
- une valorisation vers les PME-PMI, de développement informatique, en collaboration avec des équipes du CERN et de UWE, avec le support de pôles locaux universitaires et du département à travers Thésame.

- une application de logiciels de simulation à un projet industriel avec Thomson.

Par la maîtrise de techniques de pointe, le LAPP est à même d'apporter, sur des sujets précis, un support à des entreprises locales.

Les échanges entre le milieu local et le laboratoire est source d'enrichissement mutuel ; l'effort mérite d'être poursuivi.

Les actions de communication

L'animation scientifique, le dialogue au sein du laboratoire, l'ouverture vers le campus comme vers le public sont les axes majeurs des actions réalisées.

Outre des séminaires scientifiques et techniques touchant aux sujets d'actualité de la discipline, plusieurs écoles et colloques d'audience internationale et nationale ont été organisés au laboratoire contribuant à son rayonnement scientifique.

Vivant maintenant sur le même campus que l'ESIA et l'IUT, une meilleure connaissance devrait s'installer à travers des journées communes, des séminaires et peut-être, à l'avenir, des collaborations se dessiner.

Le succès des journées portes ouvertes reflète la curiosité du public pour le domaine de la physique fondamentale ; afin de mieux répondre à ces attentes des visites de groupes de lycéens sont organisées, une exposition permanente permet d'appréhender le domaine.

Prix et distinctions

Enfin les remises de distinctions, comme récemment la médaille de bronze du CNRS à D.Duchesneau et du prix Joliot-Curie à Y. Karyotakis, soulignent l'excellence du laboratoire. Elles sont le résultat du dynamisme et de l'excellent travail des équipes techniques, administratives et des physiciens du laboratoire.

L'Université de Savoie, le département de Haute-Savoie et la région Rhône-Alpes possèdent avec le LAPP un atout précieux pour assurer leur rayonnement.

Merci à D. Décamp, et à N. Berger, C. Bombar, G. Dromby, A.Jérémie, V. Tisserand car sans leur savoir faire et leur collaboration ce rapport n'aurait pu être réalisé.

Jacques COLAS, Directeur

Marie-Noëlle MINARD, Sous Directeur