



Cadre général

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.

Le LAPP qui fête ses 30 ans en 2006, est l'un des 21 laboratoires rattachés à l'Institut de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3), institut du Centre National de Recherche Scientifique (CNRS), regroupant les pôles de recherche expérimentale en physique nucléaire et physique des particules. Le LAPP est également rattaché à deux départements scientifiques du CNRS (Mathématiques, Informatique, Physique, Planète et Univers ou MIPPU, et Ingénierie). 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 9 enseignants chercheurs, sont des personnels CNRS (chercheurs, ingénieurs, techniciens et administratifs) ; en outre le LAPP accueille des visiteurs étrangers et des post-doc français ou 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 à laquelle 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.

Les thèmes de physique

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 : LHC (CERN), SLAC (Californie).

A côté des expériences auprès des accélérateurs, l'étude des phénomènes produits dans l'univers continue d'être une source importante de découvertes. Les détecteurs VIRGO, AMS, HESS sont ou seront à l'écoute des nouveaux messagers en provenance du Cosmos. Ces différents travaux sont présentés lors de conférences internationales et donnent lieu à de nombreuses publications.

Le Modèle Standard et ses extensions

De nombreuses expériences réalisées au cours des 30 dernières années ont permis de construire une très élégante description du monde physique, le «Modèle Standard» que les expériences auprès du LEP au CERN ont vérifié 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 également 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 précision et la recherche du boson de Higgs étaient déjà les thèmes privilégiés du LEP et le programme de recherche des équipes ALEPH et L3 du LAPP pendant plus de 10 ans. 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 dès 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 ces détecteurs qu'il continuera par l'exploitation des données sur ATLAS.

Pour ces expériences réalisées par des collaborations internationales auprès des accélérateurs du CERN, la proximité géographique du LAPP avec ce site expérimental est un atout majeur qui permet à ses équipes d'acquérir une visibilité reconnue. La synergie avec les théoriciens phénoménologues du LAPTH attachés à ces thématiques en accroît encore l'intérêt.

Cette ligne de recherche se poursuit dès à présent dans des projets à plus long terme pour lesquels les nouvelles particules signées au LHC pourront être étudiées dans un collisionneur linéaire à électrons. Les équipes du laboratoire s'investissent côté accélérateur en étudiant les techniques de la stabilisation des faisceaux et se joignent à l'effort mondial sur la conception des détecteurs.

La physique des saveurs

Si matière et antimatière ont été créées en équilibre au moment du Big-Bang, la matière semble aujourd'hui dominer très largement l'univers observé. Test approfondi du modèle standard, l'étude de la violation de CP dans la physique de la beauté et dans celle des neutrinos peut éclairer l'origine de cette asymétrie.

La physique de la beauté

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 ont établi fermement la violation de CP dans le système des mésons beaux en 2001, année faste pour la violation de la symétrie matière-antimatière. L'équipe BaBar du LAPP poursuivra activement ce thème jusqu'à la fin de l'exploitation des résultats. Cette ligne de recherche se prolonge au LHC par l'engagement du laboratoire dans le programme LHCb.

La physique des neutrinos

La récente mise en évidence d'oscillations entre neutrinos de types différents prouve que les neutrinos sont massifs. Ce thème de recherche est abordé au LAPP depuis de nombreuses années ; après les expériences Bugey et Chooz, c'était le propos de l'expérience NOMAD au CERN. Tout récemment, l'expérience SuperKamiokande au Japon puis l'expérience SNO au Canada, ont démontré, en observant les neutrinos produits lors des interactions des rayons cosmiques dans l'atmosphère ou ceux produits au cœur du soleil, que les neutrinos changent de saveur. Avec l'expérience OPERA, le laboratoire s'attache à apporter une preuve encore plus éclatante de ce phénomène, en observant, dans un faisceau de neutrinos muoniques produits au CERN, l'apparition de neutrinos tauïques interagissant dans un détecteur situé au laboratoire souterrain du Gran Sasso près de Rome, à 750 km du CERN. La prise de données commencera en 2006.

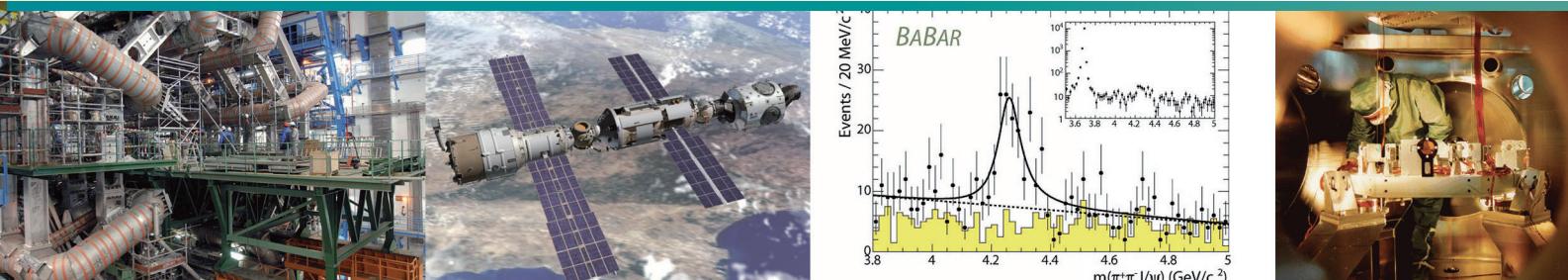
Les messagers du cosmos

La recherche d'antimatière et de matière sombre

Par la mesure précise, hors de l'atmosphère terrestre, de la nature des rayons cosmiques, le spectromètre AMS, embarqué sur la station spatiale internationale (ISS), se propose de rechercher les traces de l'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...) et les mécanismes de la dynamique de la galaxie. Même si l'installation du spectromètre sur la station spatiale est maintenant prévue pour 2009, 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.

Complémentaire à cette approche, le réseau de télescopes de l'expérience HESS observe les sources gamma de très haute énergie, en mesure le spectre en énergie et l'extension spatiale. L'analyse des données enregistrées avec les quatre premiers télescopes est prometteuse, le cinquième télescope en construction sera opérationnel courant 2008.

Ces axes de recherche des groupes expérimentaux rejoignent ceux du groupe cosmologie du LAPTH.



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.

L'antenne interférométrique VIRGO en phase de mise au point s'approche de la sensibilité souhaitée. 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 fonctionnement, l'équipe de physique contribue à l'analyse des premières données.

Le soutien aux équipes de recherche

Pour mener à bien son programme de recherche fondamentale et réaliser ses engagements dans les collaborations internationales auxquelles il participe, le laboratoire s'appuie sur les compétences et la capacité de réalisation de trois services techniques qui interviennent respectivement dans les domaines de la mécanique, l'électronique et l'informatique, soutenus par un service administratif.

En mécanique le bureau d'étude est depuis longtemps pionnier sur les aspects de calcul et de simulation des structures soumises à des sollicitations thermiques, magnétiques, sismiques et vibratoires. Cette spécialisation est complétée par la maîtrise des techniques du vide, de la cryogénie et de l'automatisation. Le support en électronique couvre le domaine allant de la conception d'ASICs analogiques ou mixtes à la conception de circuits numériques complexes à base de circuits programmables (FPGA, DSP) ; cette spécialisation en électronique numérique est prolongée par la maîtrise des techniques permettant l'acquisition d'importants flux de données en temps réel. En outre les informaticiens se sont aussi spécialisés dans les outils de gestion de bases de données et dans les outils d'opération et de déploiement de la grille de calcul européenne (EGEE). Ces compétences sont régulièrement mises à disposition de partenaires tant académiques qu'industriels.

L'ensemble des projets est soutenu par une démarche qualité pilotée par une ingénieur qualité. C'est la diversité des projets qui donnent l'occasion d'acquérir régulièrement de nouvelles compétences comme la méthodologie du spatial à travers l'expérience AMS.

Les projets avec les partenaires

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. Pour élargir le cadre de ces collaborations, un centre de rencontres doté d'un accès à la grille de calcul européenne est en cours de réalisation.

Avec le LHC, le CERN deviendra à partir de 2007 le centre mondial de la physique des particules pour les dix années qui viennent, attirant de nombreux visiteurs. La création au LAPP d'un centre international d'accueil et de rencontres, réalisé en collaboration étroite avec le LAPTH, doit permettre de faire bénéficier l'ensemble de la communauté des physiciens français de cette richesse scientifique. Soutenu par l'IN2P3 et le département SPM, ce projet bénéficie aussi de l'intérêt du Conseil Général de Haute-Savoie. Ce Centre de Rencontres pour l'Exploitation et le Développement d'Outils (CREDO) a vocation à accueillir des collaborateurs étrangers ou français pour travailler sur le développement d'outils afin d'exploiter, analyser et interpréter les données du LHC ou des expériences d'astroparticules recherchant la matière noire (HESS, AMS). Le Conseil Général de Haute-Savoie soutient dès à présent ces activités liées à la mise en route et à l'exploitation du LHC. En soutien aux équipes travaillant sur LHC et profitant de l'expérience acquise par sa participation au projet LCG/EGEE, le laboratoire a également pour objectif, à travers le déploiement de ressources de calcul et de stockage disque, de créer un nœud de grille spécifiquement dédié à l'analyse des données LHC. Réalisé en relation et avec le soutien de l'Université de Savoie et du Ministère, ce nœud a aussi vocation à supporter les activités informatiques d'autres laboratoires de l'Université de Savoie.

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 dans le cadre du contrat de plan Etat-Région. En prémisses, une activité



commune autour du programme LAVISTA, soutenu par le réseau européen EUROTEV, étudie la stabilisation active des faisceaux des futurs collisionneurs linéaires à électrons. Ce premier pas devrait permettre de progresser vers la création d'une plate-forme mécatronique où les savoir-faire du LAPP et de l'ESIA en mécanique, électronique, capteurs et asservissement pourront se compléter et s'ouvrir conjointement vers le tissu industriel.

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

La formation

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 neuf enseignants chercheurs mais aussi de jeunes thésards au travers du monitorat ou des ingénieurs et techniciens du laboratoire, collaborent 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'IUT, l'ESIA ou à des organismes de formation permanente. La formation par la recherche, particulièrement vivante avec les quinze jeunes doctorants présents au laboratoire, 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 leur sont profitables au moment de leur arrivée dans le monde du travail.

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 vers des publics plus avertis autour de cafés scientifiques, de conférences ou d'interventions sur les chaînes locales de radio. Le succès rencontré par ces manifestations reflète la curiosité du public pour la physique fondamentale ; pour répondre à ces attentes des conférences sont organisées à destination des lycéens et complétées par la visite d'une exposition permanente dans les locaux du laboratoire qui permet d'appréhender le domaine.

