

Attirer les meilleurs étudiants français qui ont étudié loin d'Annecy est une tâche difficile, ce qui représente certainement une faiblesse. Une ouverture volontariste, que nous avons mise en place, vers des étudiants étrangers et l'apport financier du Labex remédie en partie à ce problème.

La réalisation de nos projets et notre compétitivité reposent sur des services techniques compétents à la pointe de la technologie. La nature de nos réalisations exige des ingénieurs et techniciens (IT) en nombre important et hautement qualifiés dans plusieurs domaines : calcul des structures, automatisme et automatique, électronique numérique et analogique, informatique temps réel, opérations pour le centre de calcul, soutien aux utilisateurs. Toutes ces activités sont bien couvertes au laboratoire. Les départs non remplacés dans le futur conduiront mathématiquement à une baisse significative de ce personnel. Ceci sera un défi important qui demandera des changements structurels dans la manière de travailler : favoriser la mutualisation entre laboratoires du Labex, se concentrer sur les tâches de conception et exporter des études et réalisations au secteur privé avec toutes les conséquences financières, réduire le nombre de projets. Probablement la solution à ce problème sera une combinaison de plusieurs possibilités.

Un défi important pour le laboratoire est la valorisation de la recherche. Notre engagement pour la mécatronique et les collaborations locales avec Polytech'Savoie, le pôle de compétitivité Arves industries et le CETIM devraient favoriser le contact avec le monde industriel qui est aujourd'hui balbutiant. Un chargé de valorisation au LAPP qui intervient au début des projets contribue à la sensibilisation de nos équipes pour la valorisation. Pour la première fois un brevet est en cours d'examen.

Opportunités

Sur le plan scientifique les améliorations des détecteurs auprès du LHC sont des opportunités réelles pour acquérir des nouvelles compétences. Ainsi le remplacement du trajectographe d'ATLAS est une opportunité pour un nouveau projet d'envergure permettant de développer des compétences en électronique, mécanique et traitement des données. Cette activité, considérée stratégique, est soutenue par le laboratoire et le labex ENIGMASS.

Le développement de la cosmologie au sein de l'IN2P3 est très important. L'arrêt dans 3-4 ans d'AMS et le retour d'un physicien du LAPP, actuellement sur LSST à SLAC, pourrait libérer des ressources pour créer une nouvelle équipe dédiée à cette discipline, en collaboration avec le LPSC et l'IPAG de Grenoble.

Sur le plan organisationnel, la création des grands centres universitaires est une opportunité pour le laboratoire de rejoindre l'Université de Grenoble Alpes qui affiche une grande priorité pour la recherche. La présence de quatre laboratoires de notre discipline au sein de cette université consolide et renforce notre thématique.

Stratégie scientifique

La découverte du boson de Higgs au LHC a couronné le modèle standard mais plusieurs questions fondamentales attendent une réponse dans le futur : Y-a-t-il une nouvelle physique au-delà du modèle standard, qu'en est-il de la matière et l'énergie noire ? La stratégie du programme de recherche du laboratoire est motivée par la réponse à ces questions essentielles qui peut venir des expériences sur collisionneurs ou d'astro-particules.

La recherche de nouvelle physique sera le sujet principal de la prochaine prise des données au LHC. En doublant l'énergie, on ouvre de nouvelles possibilités pour rechercher des nouvelles particules et des déviations aux prédictions du modèle standard. Si des nouveaux phénomènes se manifestent avant 2020, leur nature déterminera le futur de notre discipline pour de longues années : études approfondies au LHC, décision pour un accélérateur e^+e^- adéquat. C'est la voie royale. Si aucune nouvelle physique ne se manifeste aux énergies du LHC et compte tenu des difficultés technologiques actuelles pour gagner un ordre de grandeur en énergie, la stratégie de la discipline devrait être la suivante : a) miser sur des mesures de précision, en exploitant longuement le LHC à haute luminosité et décider de construire un accélérateur e^+e^- qui devra mesurer tous les couplages du Higgs avec grande précision. Ceci devra aller de pair avec l'amélioration des prévisions théoriques. b) développer la physique et la technologie des accélérateurs pour atteindre des champs magnétiques élevés et des gradients d'accélération forts et préparer ainsi un futur accélérateur dans 20 ou 30 ans. En parallèle il nous semble très important d'explorer la nature des neutrinos en visant une mesure de la hiérarchie des masses et la violation de CP. Ainsi notre stratégie scientifique pour le laboratoire dans ce domaine est la suivante :

- a) Exploitation du programme de LHC en participant aux upgrades des expériences ATLAS et LHCb. Recherche directe de nouvelle physique et mesures de précision.

- b) Consolidation de la physique des neutrinos et concentration à terme sur un futur programme Long Base Line.
- c) Participation à une expérience sur collisionneur e^+e^- dans le futur si un tel accélérateur est décidé. R&D sur les détecteurs et développement de l'instrumentation des accélérateurs.

La réponse à la question sur la nature de la matière noire ne peut venir qu'avec la combinaison de plusieurs observations. Des recherches directes après du LHC et indirectes en observant l'univers sont nécessaires. Le domaine des astro-particules s'est beaucoup développé ces dernières années et occupe aujourd'hui une grande place en France et au LAPP. Notre stratégie est basée sur l'observation des rayons cosmiques chargés, des photons et la recherche des ondes gravitationnelles avec Virgo. Ainsi nos priorités pour les dix ans qui viennent sont :

- a) Participer fortement au programme de CTA tout en exploitant les données de H.E.S.S. et H.E.S.S. II, ainsi que d'AMS.
- b) Après la mise en route d'Advanced Virgo, se focaliser sur l'analyse des données et la recherche des ondes gravitationnelles.
- c) Considérer de rejoindre une expérience qui met l'accent sur la cosmologie et la nature de l'énergie noire.

Cette stratégie du laboratoire a été discutée lors d'une réunion de perspectives scientifiques tenue à l'automne 2013 et a été validée par le conseil scientifique.

Physique sur collisionneurs

LHC: physique du modèle standard et au-delà

Le LAPP est engagé, avec les deux expériences ATLAS et LHCb, dans le programme de physique des collisions proton-proton à $\sqrt{s}=13-14$ TeV du LHC avec une luminosité instantanée maximum de $\mathcal{L}\sim 2\times 10^{34}/\text{cm}^2/\text{s}$. Les premières collisions à ces énergies sont attendues pour la première moitié de 2015.

Le programme scientifique comporte trois axes principaux.

- L'exploitation des données collectées pendant le run II du LHC (2015-2018) avec pour ATLAS la traque de nouveaux phénomènes rendus possibles par l'augmentation de l'énergie du LHC, les mesures des paramètres du boson de Higgs et des processus de production multi-bosoniques. La luminosité intégrée devrait s'élever à $\sim 100 \text{ fb}^{-1}$ pour le run II (soit quatre fois celle du run I). Les données collectées par LHCb permettront de mesurer avec une précision accrue, les processus rares du Modèle Standard permettant éventuellement de mettre en évidence l'existence de nouvelle physique. Ces recherches impliquent un engagement important des équipes, principalement des physiciens, dans les prises de données et l'analyse.
- Les deux équipes ATLAS et LHCb sont engagées au sein des deux expériences pour les développements en électronique numérique permettant de préserver un taux de déclenchement de premier niveau à hauteur de 100 kHz pour ATLAS et en augmentant le taux à 40 MHz pour LHCb. Les deux équipes sont engagées sur une thématique semblable mettant en œuvre des FPGA de toute dernière génération ainsi que les logiciels embarqués associés. Les cartes d'électronique et les logiciels seront installés in-situ pendant LS2 (2018-2019). La phase de développement, production et tests, demandera un engagement conséquent/important de physiciens, électroniciens et informaticiens en temps-réel. Cet engagement s'étendra, au-delà de l'installation, aux prises de données du run III, qui débiteront mi-2019.
- Après la mise en œuvre de l'amélioration du système de déclenchement, calorimétrique, l'équipe ATLAS s'engagera dans le remplacement de l'électronique numérique du calorimètre. L'intégralité du système de lecture du calorimètre devra être remplacée pour la phase à très haute luminosité du LHC (vieillesse et radiations). Pour des raisons similaires, le trajectographe d'ATLAS ne sera plus fonctionnel pour la phase II de l'upgrade du LHC. L'équipe ATLAS participe aux développements pour définir la géométrie du trajectographe entièrement équipé de senseurs de silicium. L'installation du nouveau trajectographe est prévue pour les années 2023-2025. L'équipe du LAPP a proposé une géométrie innovante pour la partie à petit rayon du détecteur (pixel) ainsi qu'une intégration ab-initio des services. L'expertise acquise pendant la phase de construction de l'IBL pour la description et la simulation du détecteur sera de première importance pour cette phase de R&D. Même si l'installation du détecteur n'est que dans une dizaine d'années, l'équipe doit être engagée dès maintenant pour participer à la définition du détecteur lors de la préparation du TDR (*Technical Design Report*) qui verra le jour fin 2016. Ce développement et un investissement à long terme et ouvre la possibilité de développer de nouvelles compétences au sein du laboratoire : nouveaux matériaux, production de modules pixels, intégration d'un système de

refroidissement,.... Cette phase demande une implication soutenue des équipes mécanique, électronique et informatique ainsi que des physiciens et constitue une priorité du laboratoire.

Futurs collisionneurs

Depuis environ 12 ans le LAPP poursuit un programme de R&D sur deux axes : a) le développement des détecteurs gazeux MicroMegs pour équiper un futur calorimètre hadronique et b) l'instrumentation de l'accélérateur (contrôle nanométrique des vibrations et acquisition des données). En attendant une décision positive pour la construction d'un ILC au Japon ou une autre machine dans le futur lointain au CERN (CLIC ou FCC), notre stratégie est la suivante :

- a) Développer l'activité du contrôle nanométrique, très utile à CLIC ou FCC, qui présente aussi un grand potentiel de valorisation.
- b) Après avoir démontré la faisabilité de grandes chambres MicroMegs, se concentrer sur les problèmes fondamentaux de cette technologie, telle que la protection des décharges.

Si la construction d'un tel accélérateur était décidée dans le futur, le laboratoire devra dégager les ressources nécessaires pour participer aux futures expériences et à l'instrumentation de l'accélérateur.

Physique des neutrinos

Le groupe neutrino du LAPP est actuellement en train de participer à l'analyse finale des données d'OPERA qui devrait se terminer d'ici la fin 2015 avec le démontage de l'expérience au Gran Sasso et la publication finale de la mise en évidence du phénomène d'oscillation $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ par détection directe des ν_τ dans le faisceau CNGS.

Au-delà d'OPERA, le laboratoire a défini fin 2012, à la fin de la prise de données avec le faisceau, son orientation future et ses objectifs scientifiques qui l'ont amené à développer et à s'impliquer progressivement dans un nouveau programme expérimental de physique des neutrinos selon 3 axes pour les 5 prochaines années.

- Le premier axe couvre la recherche des neutrinos stériles et l'étude des anomalies réacteurs avec STEREO à l'ILL. Il s'agit d'un projet ANR qui est financé depuis 2013 et dont le LAPP est membre à part entière. Le groupe a la responsabilité des structures supports de blindage et du système de calibration des cellules de scintillateur liquide par un système de sources radioactives. Les engagements techniques concernent la mécanique et l'automatisme. L'installation, la mise en route du détecteur est prévue fin 2015 avec la prise de données en 2016 ; s'ensuivra alors l'analyse à laquelle les physiciens participeront activement et qui occupera certainement l'année 2017. De nombreux travaux de simulation ainsi qu'un travail de thèse ont démarré en 2013.
- Le deuxième axe concerne l'étude de la nature des neutrinos avec la participation du LAPP à la réalisation du démonstrateur de SuperNEMO dédié à la recherche de désintégration double β sans émission de neutrino au LSM. Le groupe est impliqué dans 2 parties centrales de l'expérience. Il travaille sur le R&D pour la conception et la réalisation de la moitié des feuilles sources double β à base de l'isotope ^{82}Se avec une équipe de mécanique. Il a aussi la responsabilité de la conception et la réalisation du système de contrôle commande et monitoring (Slow Control) de l'expérience avec une équipe informatique. Le détecteur devrait commencer à être installé courant 2015 et être mis en route en 2016, date à laquelle les systèmes de Slow Control devraient être opérationnels. Comme pour STEREO les physiciens du groupe impliqués dans SuperNEMO vont participer activement à la prise de données et à l'analyse qui s'ensuivra avec l'objectif de publier des résultats et de valider le fonctionnement du démonstrateur d'ici 2017. Une thèse devrait démarrer en octobre 2014 sur ce sujet. Si l'extension du laboratoire souterrain de Modane est décidée, le LAPP devra venir en soutien important à ce laboratoire.
- Le troisième axe est la préparation nécessaire à la ligne de recherche à long terme qui devrait déboucher sur une participation d'une grande partie du groupe neutrino à un projet unique de faisceau neutrino de très longue distance avec un détecteur géant installé dans une cavité souterraine. Les objectifs scientifiques sont la détermination de la hiérarchie de masse et la mesure de la violation CP si celle-ci existe dans le secteur leptonique. C'est un projet de long terme qui pourrait voir le jour vers 2025 mais qui nécessite de s'impliquer dès maintenant dans des R&D sur les technologies envisagées pour ces détecteurs massifs. C'est pourquoi le groupe du LAPP va participer dans un premier temps (2015-2018) au projet WA105 de développement d'un prototype de TPC argon liquide double-phase (technologie très prometteuse) au CERN. Ce prototype devrait permettre de valider l'approche technique proposée pour GLACIER dans le projet Laguna-LBNO et qui pourrait être utilisable pour tout autre projet de faisceau longue distance qui verra le jour à l'international. Le

groupe du LAPP a pris en charge la structure porteuse des plans d'anode et participe au développement de l'électronique de lecture de la lumière de scintillation dans l'argon par une matrice de photomultiplicateurs situés dans l'argon liquide.

Ces différentes implications permettent aux équipes du LAPP de poursuivre des recherches sur des thèmes clés de la physique des neutrinos avec développements techniques et retour scientifique à court et moyen terme notamment avec STEREO et SuperNEMO. Le programme envisagé permet de préparer l'avenir à long terme sur un projet phare de faisceau longue distance en développant les expertises appropriées.

Astrophysique

L'activité de recherche en physique des Astroparticules est conduite au LAPP par les chercheurs actuellement engagés dans l'analyse des données d'AMS, de H.E.S.S. ainsi que dans la préparation du futur Observatoire CTA pour l'astronomie gamma de très haute énergie. CTA est un des projets majeurs pour la prochaine décennie et il est inscrit dans la feuille de route d'ESFRI des infrastructures de recherche prioritaires en Europe. CTA, dont la construction démarrera en 2016, effectuera de nouvelles percées dans plusieurs domaines de l'astrophysique et, grâce à la qualité et à la précision des mesures que cet observatoire de nouvelle génération sera capable de fournir, aura un impact certain dans la cosmologie observationnelle moderne et dans la physique fondamentale. Au LAPP, les activités expérimentales et les recherches conduites au travers des observations du cosmos se complètent avec une ligne de recherche aussi prioritaire : la détection d'Ondes Gravitationnelles avec l'expérience Virgo. Les activités de développement instrumental de Virgo seront bientôt achevées et, à partir de 2015, la phase d'analyse de données scientifique s'ouvrira.

L'étude du rayonnement gamma de très haute énergie sera une priorité pour le laboratoire dans la période 2015-2020 et également une opportunité pour permettre de mener des études multi-messagers, grâce à la combinaison des résultats des autres expériences (e.g. Virgo) mais aussi d'autres observatoires astronomiques, dont l'accès aux données est ouvert. Ceci est l'orientation future du groupe Astro-gamma au LAPP et ses objectifs scientifiques l'ont amené à s'impliquer progressivement dans H.E.S.S. et à développer et être en première ligne du nouveau programme expérimental de physique de CTA.

Les activités se déclineront selon une série de thèmes scientifiques et 4 axes expérimentaux pour les 5 prochaines années.

La science :

- a) Les photons de haute énergie sont un canal important pour la détection indirecte de matière noire qui nécessite cependant une grande sensibilité expérimentale contre le fond astrophysique. Le centre Galactique est une cible d'un intérêt majeur mais plus qu'incertaine et nécessite une investigation sur une plus large fenêtre énergétique (du GeV au TeV) et des observations à plus grande sensibilité angulaire. Les galaxies naines sphéroïdales satellites de la Voie Lactée sont beaucoup plus proches et présentent un rapport masse sur luminosité important. Le cinquième télescope, pour l'exploration aux dizaines de GeV, permettra au système H.E.S.S. de poursuivre efficacement la recherche de matière noire. CTA offrira une sensibilité accrue offerte par le sous-réseau de télescopes de grande taille LST. L'excellente résolution angulaire de $< 0.1^\circ$ de CTA permettra d'exclure les contributions astrophysiques au fond diffus de gammas ; une sensibilité de l'ordre de 10^{-12} - 10^{-13} TeV cm⁻² s⁻¹ permettra avec environ 200 heures d'observation d'investiguer une bonne partie des modèles d'intérêt cosmologique pour une masse du neutralino comprise entre 30 et 600 GeV/c² et pour des valeurs minimales de section efficace d'annihilation $\langle\sigma v\rangle$ compris entre 10^{-27} et 4×10^{-26} cm² s⁻¹.
- b) Les observations des sources extragalactiques permettent des études en cosmologie et physique fondamentale. Le projet a démarré au LAPP plus récemment dans le cadre du Labex ENIGMASS. Des travaux théoriques et expérimentaux ont pu être conduits. L'exploration des énergies de seuil du système H.E.S.S. 2 mais aussi les perspectives ouvertes grâce à la sensibilité des télescopes CTA de grande taille (LST) dans le domaine d'énergie de 30 GeV à 100 GeV, ainsi que leur bonne résolution énergétique, permettront des mesures précises de variabilité et de coupures spectrales de ces sources. Cela permettrait de contraindre : a) l'origine de l'émission gamma diffuse extragalactique ; b) la mesure de l'effet d'absorption sur les spectres gamma de haute énergie des sources extragalactiques (e.g. les AGN-blazars) de la part du fond relique infra-rouge EBL (Extragalactic Background Light) ; c) l'espace de phase des paramètres cosmologiques (e.g. le plan Ω_m vs Ω_Λ) au travers des sources extragalactiques. L'hypothèse d'universalité des spectres émissifs d'objets comme les blazars et le Sursaut gamma en fonction de leur distance, sera explorée et vérifiée par CTA, ainsi grâce à des mesures astronomiques nouvelles et plus précises de la densité EBL, ces sources deviendraient des nouvelles chandelles standards cosmologiques.