

Rapport Activité



2009-2013

Avant-propos

Les années 2009-2013 ont été très riches pour le laboratoire Leprince-Ringuet. Nous y avons vu le démarrage du LHC, les premières oscillations dans les expériences neutrinos au Japon, la convergence GeV-TeV en astronomie Gamma, le démarrage et l'installation de HESS-2 en Namibie. En 2012, nous y avons vécu l'observation et la découverte d'une particule de 125 GeV, qui possède les propriétés du boson de Higgs tant attendu. Au cours de cette période, il faut aussi noter que l'École polytechnique et l'ETH-Zurich ont démarré un master conjoint de physique des hautes énergies, avec un vrai succès après seulement quelques années de fonctionnement.

Le Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR) est le premier né des laboratoires du centre de recherche de l'École Polytechnique. Fondé en 1936 par Louis Leprince-Ringuet lors de sa nomination au poste de professeur de l'École. Ses recherches portaient alors sur l'étude de la nature des particules secondaires produites dans les gerbes atmosphériques par les rayons cosmiques.

Avec le démarrage du CERN, le laboratoire s'est impliqué naturellement sur la physique auprès des accélérateurs de particules. Il a pris une part essentielle dans la découverte des courants neutres et l'avènement du paradigme moderne de la physique des particules, le modèle standard. Plus d'un siècle après sa découverte, le rayonnement cosmique garde encore beaucoup de mystères et son étude continue au LLR au travers de l'astronomie gamma de haute énergie, alors que la physique des particules explore de nouveaux territoires auprès de grands accélérateurs, les deux domaines s'épaulant, tant du point de vue conceptuel que technique.

Au carrefour des mondes, entre science fondamentale et monde de l'ingénierie, le laboratoire s'appuie sur un savoir-faire technologique unique, plaçant souvent les groupes du LLR au centre des expériences. Cette technicité nous conduit aussi vers les frontières technologiques, vers les applications sociétales, telles que les applications médicales en thérapie du cancer, mais aussi vers l'interdisciplinaire et les projets à plus long termes, tels que l'accélération laser-plasma.

Notre situation au cœur d'une grande école d'ingénieur, nous conduit naturellement à une forte implication dans l'enseignement de nos thématiques dans la formation proposée aux élèves ingénieurs de l'École polytechnique. Dans ce cadre, de nombreux chercheurs enseignent ou encadrent des travaux pratiques. Au-delà du cycle ingénieur, Henri Videau, Michel Gonin et moi-même, nous nous sommes investis dans la création du Master PHE, mis en place conjointement avec la prestigieuse école d'ingénieur suisse, ETH-Zurich. Cette formation de master permet d'ouvrir l'offre locale de formation à nos thématiques de recherches, avec une forte base théorique et un bagage expérimental qui doit permettre aux étudiants de ce master d'avoir une forte crédibilité dans la recherche de financement de thèse. Malgré des temps difficiles pour les financements de thèse, nous avons toujours la capacité de proposer aux élèves ingénieurs, qui le souhaitent, de s'initier à la recherche fondamentale par des thèses sur les sujets les plus brûlants (par exemple les recherches sur le boson de Higgs, prix Nobel 2013), mais aussi aux grands défis technologiques que représentent les instruments nécessaires à ces recherches. D'une certaine façon, la taille des grandes collaborations internationales auxquelles nous participons, parfois de plusieurs milliers de physiciens et ingénieurs du monde entier, apporte aux jeunes doctorants une première idée des projets à l'échelle de la planète, dans un environnement compétitif et un fonctionnement comparable à ce que l'on trouve dans les entreprises multinationales. Au LLR, ils y rencontrent un environnement de premier plan, une très grande visibilité et reconnaissance de l'expertise des physiciens, avec une grande capacité d'innovation scientifique (on pense bien sûr à la seule figure présentée par le comité Nobel en 2013). Cette « marque de fabrique » est historique et elle a toujours fait l'identité des physiciens de ce laboratoire, de Gargamelle à CMS, de CAT à HESS et le satellite Fermi.

Rien n'illustre mieux cette capacité d'innovation scientifique que le travail de P. Fleury ou encore B. Degrange, qui furent à l'origine du développement en France de l'astronomie gamma au sol (Themistocle) et spatiale (Glast/Fermi). L'astrono-

mie gamma de haute énergie couvre une gamme en énergie de la dizaine de MeV jusqu'à la centaine de TeV, et c'est la sonde principale de l'étude des phénomènes les plus violents de l'Univers. Aujourd'hui comme hier, le laboratoire continue d'être un acteur incontournable dans les développements, l'exploitation et la prospective des expériences de ce domaine. C'est ainsi que nous avons assuré la conception, la réalisation et la maintenance de la mécanique des caméras qui observent au sol la lumière Cherenkov provenant de l'interaction des photons de hautes énergies avec l'atmosphère, pour le projet international HESS situé en Namibie. Nous préparons également la prochaine génération de ces observatoires dans le projet CTA, dont la taille (environ 60 télescopes) rejoindra les grands projets dits de « big science ».

Du côté du spatial, nous avons démarré un développement possible sur la prochaine génération de télescopes gamma spatiaux, améliorant la résolution angulaire et capable d'effectuer des mesures de polarimétrie, avec le projet HARPO.

De manière tout à fait comparable, le laboratoire a joué un rôle de tout premier plan sur la physique des ions lourds relativistes, à la recherche d'un état de la matière hadronique déconfinée (plasma de quarks et de gluons). Après les expériences de cible fixe au CERN (NA38, NA50) le laboratoire s'est tourné vers l'expérience PHENIX sur l'accélérateur RHIC à Brookhaven aux États-Unis. Aujourd'hui, cette physique est toujours bien présente avec un rôle majeur d'un physicien du laboratoire dans la création d'un groupe de travail de cette physique sur le LHC et l'expérience CMS. Ce rôle a d'ailleurs été reconnu par l'obtention d'une ERC du responsable de ce groupe au LLR. Comme un retour à la source, il faut aussi noter une activité phénoménologique et de prospective (projet CHIC) sur des projets d'expérience en cible fixe.

Pour la physique auprès des accélérateurs, après avoir longuement travaillé sur la physique des saveurs de quarks, (Babar à Stanford-USA), le laboratoire est maintenant impliqué sur la physique des saveurs de neutrinos, au Japon, avec l'expérience T2K. Les résultats de 2013 ont été excellents, avec une précision record pour ce type d'expérience, sur les probabilités d'oscillations entre familles de neutrinos.

À la frontière en énergie, le LHC a démarré d'abord à 2,4 TeV puis à 7 et 8 TeV. Les données ont permis de mettre en évidence une nouvelle particule avec une masse de 125 GeV. Le laboratoire participe à l'expérience CMS, un très grand détecteur construit, mis au point et mis en fonctionnement par une collaboration

de 3000 physiciens/ingénieurs du monde entier. Au cours de la période 2009-2012, en plus de la maintenance et des mesures d'efficacités du système de déclenchement « calorimètre électromagnétique » (ECAL) de CMS, le groupe CMS du LLR s'est très fortement impliqué dans les analyses et les recherches du boson de Higgs. En s'appuyant sur son expertise du déclenchement « ECAL », le groupe a apporté des contributions décisives à la reconstruction et l'identification des électrons dans CMS, développé, et piloté l'analyse officielle de CMS menant à la mise en évidence du boson de 125 GeV, dans ses désintégrations $H \rightarrow ZZ^ \rightarrow 4$ leptons. Les études de ce boson, ainsi que la recherche de signaux inattendus par le modèle théorique des interactions de hautes énergies (le modèle dit « standard ») seront au cœur des prochaines années sur l'expérience CMS au LHC.*

Une méthode moderne d'analyse des événements, où chaque particule est reconstruite individuellement, (méthode dite du « particle flow », PFA en abrégé) a été développée au laboratoire. Tout d'abord utilisé pour les études de détecteur sur le futur collisionneur électron-positron (ILC), elle a conduit à des développements d'un nouveau genre de calorimètre dit « imageur », c'est-à-dire où la capacité d'imagerie du détecteur est privilégiée par rapport à la mesure d'énergie. Ce concept de calorimètre dont le laboratoire est à l'origine, est maintenant proposé dans de nombreux projets futurs. La méthode de PFA est maintenant aussi utilisée sur l'expérience CMS et le laboratoire est aujourd'hui connu et reconnu pour son expertise dans ce domaine sur CMS. Cette expertise locale a été déterminante sur les mesures du couplage du Higgs aux fermions (lepton tau) et constituera un atout majeur pour les prises de données du LHC après 2015, lors des recherches de signaux au-delà du modèle standard.

À la frontière des technologies, nos domaines de recherche ont conduit à des développements techniques propres, s'appuyant sur des moyens importants qui peuvent s'appliquer à bien d'autres domaines. Nous avons ainsi utilisé notre savoir-faire sur les « imageurs » de faisceau, (calibration en faisceau du ECAL de CMS), pour construire des profileurs de faisceau pour le traitement des cancers par des accélérateurs d'ions. Enfin, suite à des travaux pionniers dans les années 1980, nous participons à l'étude de nouvelles méthodes d'accélération par ondes plasma, en collaboration avec d'autres laboratoires de l'École polytechnique, de l'ENSTA, du CEA-Saclay et de l'université Paris-Sud.

Au cours de la période 2009-2013, les services ont été sous pression, avec un faible taux de remplacement des ITA sortants du laboratoire. Dans cette période, le service administratif s'est fortement renforcé pour faire face à une pression croissante et des demandes toujours plus complexes de la part de nos organismes de tutelles et de la multiplication des sources de financements, locales, nationales ou internationales. Bien sûr, cela n'a pu se faire qu'au détriment des services techniques et plus particulièrement le service mécanique. Néanmoins, les performances de ces services ont été exceptionnelles. On peut citer par exemple la construction de la caméra de HESS-2, ou la mécanique du détecteur proche de T2K (Japon), la mise en place, sur CMS, d'un centre de calcul (Tier 2) avec un des meilleurs rendements au monde, la maintenance des cartes électroniques de déclenchement (CMS), la mise au point du premier calorimètre imageur au monde, etc. Comme on le voit, malgré les difficultés, les services du LLR ont continué chaque jour et sur tous les projets, à démontrer leurs capacités d'innovation et de maîtrise technique. Plus encore, ils ont gardé ce « coup d'avance », cher aux joueurs d'échec, avec un suivi des dernières nouveautés technologiques jamais démenti. Ce qui fait un laboratoire, c'est sa richesse humaine, qui conduit les chercheurs, les ingénieurs et techniciens, et les administratifs à se dépasser pour les projets et pour le laboratoire. On peut donc légitimement en conclure que le laboratoire Leprince-Ringuet est très riche de ses agents.

Voilà donc un bref résumé et panorama des activités du laboratoire Leprince-Ringuet.

Pour conclure, je tiens encore à remercier l'ensemble des personnels du LLR, qui par leur investissement maintiennent le laboratoire au plus haut niveau, l'excellence scientifique répondant à son excellence technologique. Ce travail de tous les jours, dans un environnement parfois difficile et toujours très compétitif, mérite l'admiration de chacun et les remerciements de tous.

Un remerciement spécial aussi à Pascal Paganini et Sylvaine Pieyre qui ont tant œuvré pour ce rapport d'activité, ne comptant pas les heures et le stress.

Le directeur du LLR

Jean-Claude Brient

Faits marquants

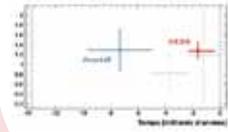
Janvier
Février

Mars
Avril

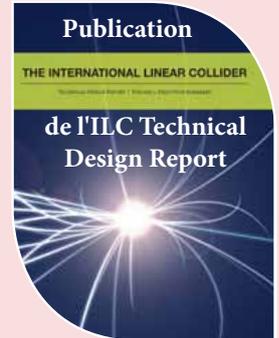
Mai
Juin

2013

1^{ère} mesure du brouillard cosmique par HESS/Fermi



Conférence CHEF2013

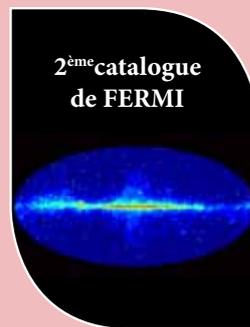


Publication de l'ILC Technical Design Report

2012



Plus de 250000 jobs/mois sur notre grille de calcul



2^{ème} catalogue de FERMI

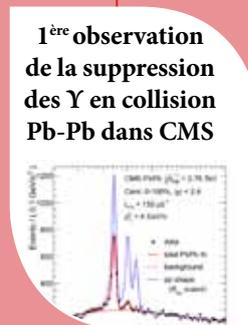
2011



Sélection du projet CILEX en tant qu'EquipeX



Création du Labex P2IO



1^{ère} observation de la suppression des Y en collision Pb-Pb dans CMS



1^{ère} indication de l'apparition de ν_e par T2K

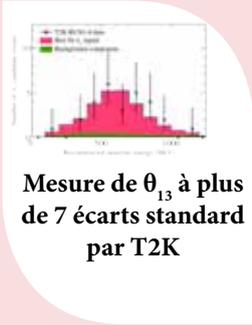
2010



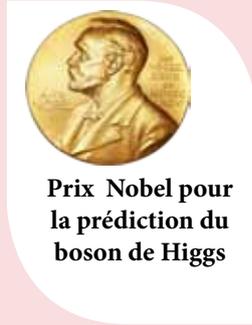
Premières données exploitables pour les analyses de physique de T2K

2009

Juillet
Août



Septembre
Octobre



Novembre
Décembre

