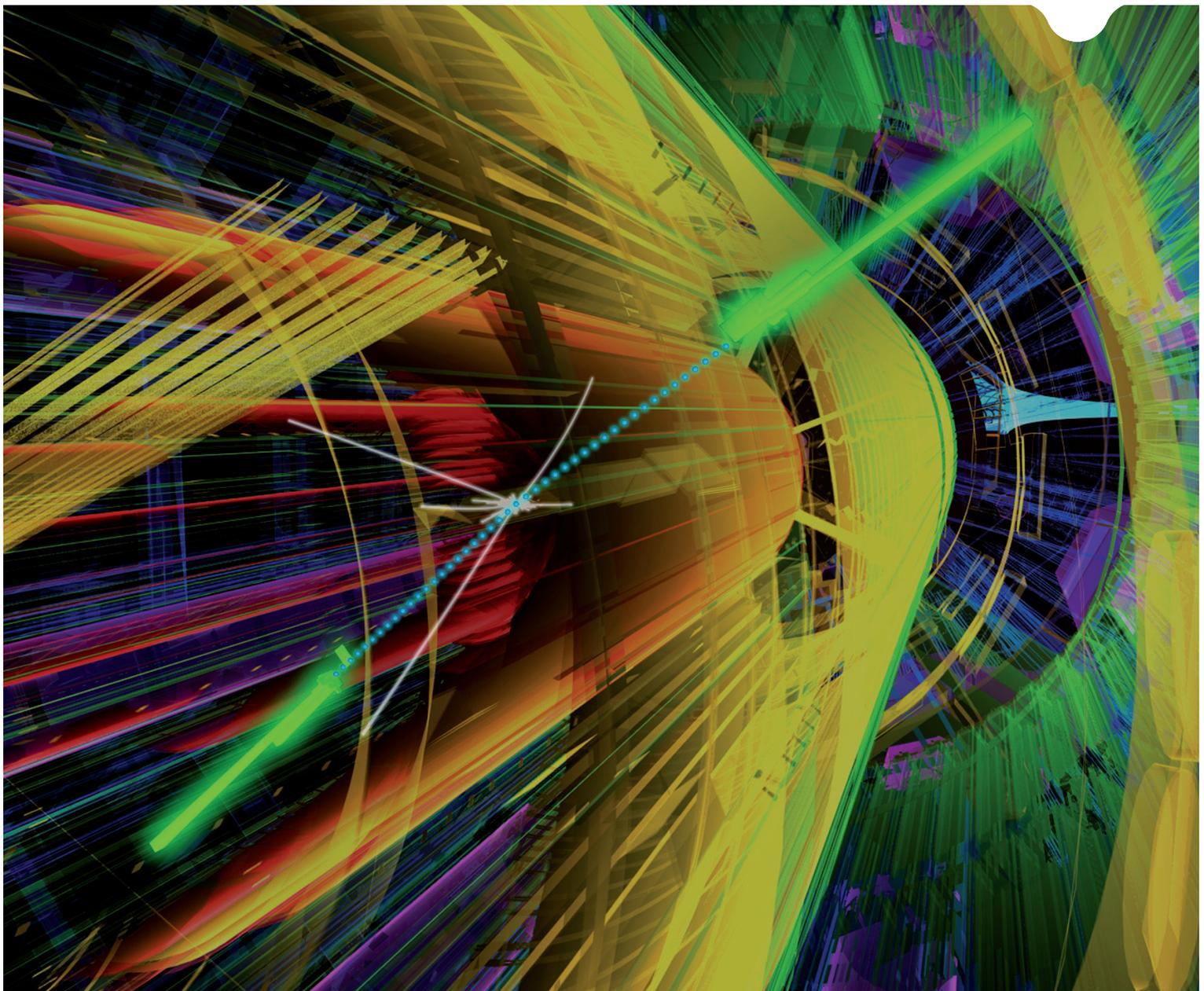


LPNHE

LABORATOIRE DE PHYSIQUE
NUCLÉAIRE ET DE HAUTES ÉNERGIES

RAPPORT D'ACTIVITÉ
2010-2012



RAPPORT D'ACTIVITÉ LPNHE

2010-2012



AVANT-PROPOS

Le 4 juillet 2012 restera-t-il comme le jour où la découverte du Higgs a été annoncée au monde entier ? Nul ne le sait encore. Ce qui semble maintenant acquis, c'est que les deux grandes expériences du LHC, ATLAS et CMS, ont, l'une et l'autre, observé un excès significatif d'événements dans des états finals compatibles avec des désintégrations d'un boson de Higgs ayant une masse voisine de 125 GeV. En ce début d'été 2012, les expériences CDF et DØ, analysant les données récoltées auprès du Tevatron, observent également un excès d'événements compatible avec un Higgs de cette masse.

Il faudra plusieurs mois et peut-être plus pour en avoir la certitude. Mais si ce n'est le Higgs, cela y ressemble fortement et l'équipe ATLAS du laboratoire, dont une partie importante travaille d'arrache-pied sur ce sujet depuis de nombreuses années, pourra alors être fière d'avoir contribué à cette découverte. Le groupe « Higgs » du laboratoire est, en effet, très présent sur ce front comme l'est le reste de l'équipe ATLAS sur la physique du Top ou dans la préparation de la phase à haute luminosité du LHC.

Après de longues années de préparation, les années 2010 à 2012 ont, en effet, vu le LHC et ses détecteurs produire leurs premiers résultats à un rythme époustoufflant, l'accélérateur volant de record d'énergie en record de luminosité et les expériences produisant des résultats quasiment en temps réel, malgré le volume toujours plus grand de données et l'impressionnante complexité des analyses.

Au Tevatron aussi qui, après de nombreuses années de fonctionnement et des résultats importants dont la découverte du quark Top, a produit ses dernières collisions en 2011, les chercheurs du laboratoire ont grandement contribué aux récents résultats obtenus sur le Higgs.

Mais il n'y a pas que sur le front du Higgs que les années 2010 à 2012 ont été riches en découvertes. En observant les désintégrations du Bs en paire de muons, l'expérience LHCb a posé des contraintes inégalées sur la validité du modèle standard et l'existence d'une physique au-delà du modèle standard. L'expérience T2K, qui a aussi commencé à prendre des données en 2010, a, de son côté, observé l'apparition de neutrinos électroniques et posé ses premières contraintes sur l'angle de mélange θ_{13} . Ici aussi, les chercheurs du laboratoire étaient très présents et ont fortement contribué à ces nouveaux résultats.

Le LPNHE est un laboratoire de recherche des universités Pierre et Marie Curie (UPMC) et Paris Diderot, et du CNRS, au travers de son Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules, l'IN2P3. Ses activités scientifiques, vous l'aurez compris à la lecture de ce qui précède, relèvent de la physique expérimentale des particules. Elles relèvent aussi des astroparticules et de la cosmologie et, dans ces domaines également, les résultats obtenus de 2010 à 2012 sont impressionnants.

L'année 2012 aura été l'année où la caméra géante de HESS, dont une grande partie de l'électronique a été construite au LPNHE, a vu sa « première lumière ». Après avoir subi ses derniers tests au laboratoire, la caméra a en effet été transportée en Namibie, au printemps, où elle a été montée sur le plus grand télescope d'astronomie gamma du monde. Les premiers événements en coïncidence avec les cinq caméras ont été observés dès la mi-juillet. L'ensemble est gigantesque et les découvertes attendues devraient surpasser celles, pourtant déjà éloquentes, faites, durant ces dernières années avec l'ensemble composé des quatre premières caméras de HESS.

De son côté, l'Observatoire Auger a continué à récolter sa moisson de rayons cosmiques aux plus hautes énergies. Pour compléter le dispositif existant, le plus grand détecteur radio de rayons cosmiques au monde a été installé sur le site, ouvrant la voie vers une meilleure compréhension de la nature de ces événements d'énergie ultime. Là encore, les équipes scientifiques et techniques du laboratoire se sont mobilisées et ont eu un rôle majeur dans ces avancées.

Enfin, le 10 décembre 2011, l'académie Nobel a décerné le prix Nobel de Physique à Saul Perlmutter, Brian Schmidt et Adam Riess pour la découverte de l'accélération de l'expansion de l'univers. L'équipe de cosmologie du laboratoire connaît bien ces chercheurs et leurs travaux. Elle travaille, en effet, depuis bientôt quinze ans avec Saul Perlmutter et plus récemment

avec Brian Schmidt sur les mesures de cosmologie avec les supernovae à l'origine de cette découverte majeure. Le groupe du laboratoire a su porter les techniques utilisées à un niveau de précision aujourd'hui inégalé et a publié en 2011, avec l'analyse de trois ans de données du projet Supernova Legacy Survey, les résultats les plus précis de mesure de l'équation d'état de l'énergie noire. Les années 2011 et 2012 ont aussi vu les projets futurs dans lesquels l'équipe cosmologie du laboratoire est engagée, LSST et Euclid, passer des étapes cruciales et prendre une importance grandissante dans le paysage mondial de la cosmologie à l'horizon 2020.

Les années 2010 à 2012 ont donc été très riches en événements scientifiques d'importance pour le laboratoire. Nos équipes ont témoigné de leur total engagement dans les projets de taille internationale auxquels prend part le LPNHE et elles ont montré leur dynamisme dans l'analyse des données récoltées et l'obtention de résultats dont l'importance est attestée par de très nombreuses publications et récompenses.

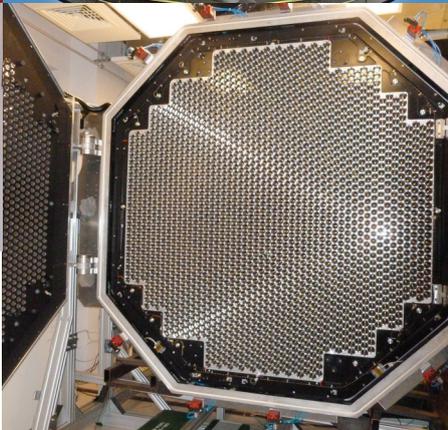
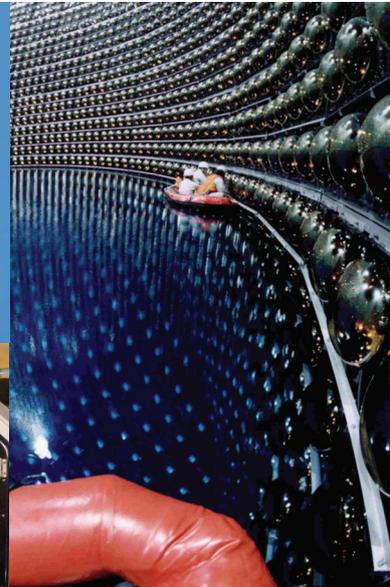
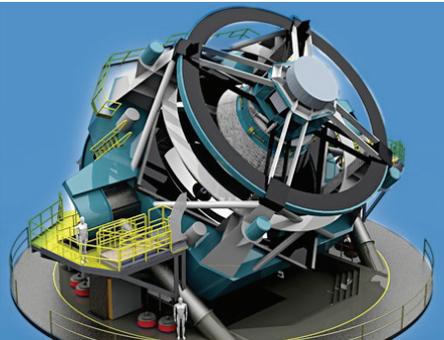
Sur un tout autre plan, les années 2010 à 2012 ont vu les étapes finales du déménagement des personnels du laboratoire dans le secteur Ouest du campus Jussieu. La centaine de chercheurs, enseignants-chercheurs et doctorants qui effectuent leur recherche au laboratoire avec le soutien d'une cinquantaine d'ingénieurs, techniciens et personnels administratifs occupe maintenant des locaux rénovés et fonctionnels situés à l'angle Nord-Ouest du Campus Jussieu. L'emménagement dans ce secteur, où se trouve maintenant toute la physique de l'UPMC, s'est accompagné de la mise à disposition du laboratoire de salles d'expériences et de tests modernes, de nouvelles salles blanches et de salles informatiques équipées. L'emménagement du LPNHE dans ces nouveaux locaux est une réelle chance pour le laboratoire. Je salue, une fois encore, la patience et la bonne humeur dont a fait preuve le personnel soumis durant ces deux dernières années, à toutes sortes de contraintes et d'inconvénients de natures diverses liés à ces mouvements.

Pour conclure, je remercie toutes les personnes qui ont participé à la rédaction de ce rapport et en particulier l'équipe de rédaction : Piera Ghia, Didier Lacour et Laurence Lavergne qui, assistés de notre chargée de communication Isabelle Cossin et de Violaine Cardot, ont réalisé et mis en forme ce splendide document.

Reynald Pain
Juillet 2012

LES FAITS MARQUANTS

2010



AVRIL 2010

- **LPNHE**
Patrick Naymann est nommé chef du service électronique

JANVIER 2010

- **HESS**
HESS, est lauréat du prix « Rossi » de la société américaine d'Astrophysique

MARS 2010

- **LHC**
Démarrage de l'accélérateur à une énergie de 7 TeV dans le centre de masse
- **AUGER**
Mise en évidence d'une coupure dans le spectre des rayons cosmiques au-delà de 50 EeV, probablement la coupure GZK

MAI 2010

- **LPNHE**
Vers le nouveau laboratoire !
- **LPNHE**
Arrivée de Laurence Lavergne en qualité de directrice technique

JUILLET 2010

- **DØ**
Exclusion d'un boson de Higgs du modèle standard entre 158 et 175 GeV/c² avec une luminosité de 6.7 fb⁻¹

AOÛT 2010

- **LSST**
Le projet a été classé n° 1 par le comité américain « Astronomy and Astrophysics Decadal Survey »

NOVEMBRE 2010

- **HESS**
Retour de la caméra au LPNHE

JANVIER 2011

- **LPNHE**
Sophie Trincaz-Duvoid est nommée directrice adjointe

MARS 2011

- **T2K**
Détection d'une possible oscillation de neutrinos muoniques en neutrinos électroniques (six événements observés)

JUIN 2011

- **T2K**
Première mesure de l'angle de mélange θ_{13} non nul



ÉTÉ 2011

- **SNLS**
Publication de l'analyse de cosmologie des trois premières années de données

JUILLET 2011

- **AUGER**
1^{er} mondiale de l'observation du signal micro-onde émis par les gerbes atmosphériques extensives

30 SEPTEMBRE 2011

- **Tevatron**
Fin de la prise de données avec une luminosité intégrée de 12 fb^{-1} délivrée à chacune des expériences CDF et DØ

OCTOBRE 2011

- **LPNHE**
Participation au village de la Science de l'UPMC dans le cadre de la Fête de la Science



NOVEMBRE 2011

- **LHCb**
Première « évidence » de violation de CP dans les désintégrations des mésons charmés
- **LPNHE**
Lancement du « Laboratoire d'excellence » : Institut Lagrange de Paris

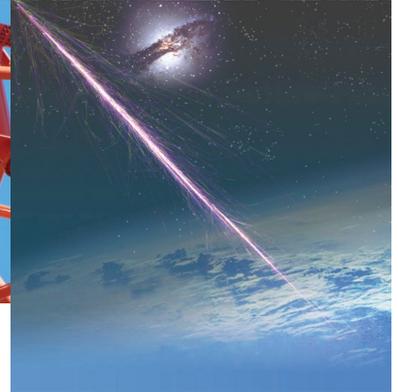
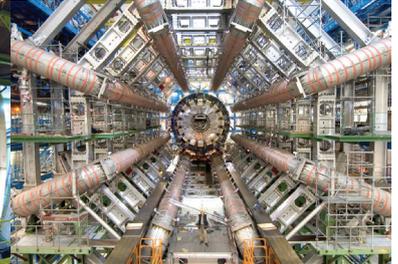


FÉVRIER 2012

- **DØ**
Observation d'un excès d'événements compatible avec un boson de Higgs entre 115 et 135 GeV/c^2 se désintégrant en paires de quarks b
- **ILC**
Le LPNHE rejoint la collaboration CALICE en charge de la calorimétrie

MARS 2012

- **HESS**
Départ de la caméra en Namibie
- **T2K**
Redémarrage un an après le tremblement de terre au Japon
- **LHCb**
Première mise en évidence de la violation de CP dans le système des mésons B_s
Fortes contraintes de l'espace des paramètres de la super-symétrie avec des nouvelles limites sur le rapport d'embranchement de $B_s \rightarrow \mu\mu$ et par la mesure de l'angle de mélange β_s



AVRIL 2012

- **LHC**
L'accélérateur redémarre à une énergie record de 8 TeV dans le centre de masse
- **LSST**
Passe la revue de projet américain CD1
- **AUGER**
Mesure de la section efficace proton-proton à 57 TeV dans le centre de masse
- **LSST**
Démarrage de la collaboration Dark Energy

JUIN 2012

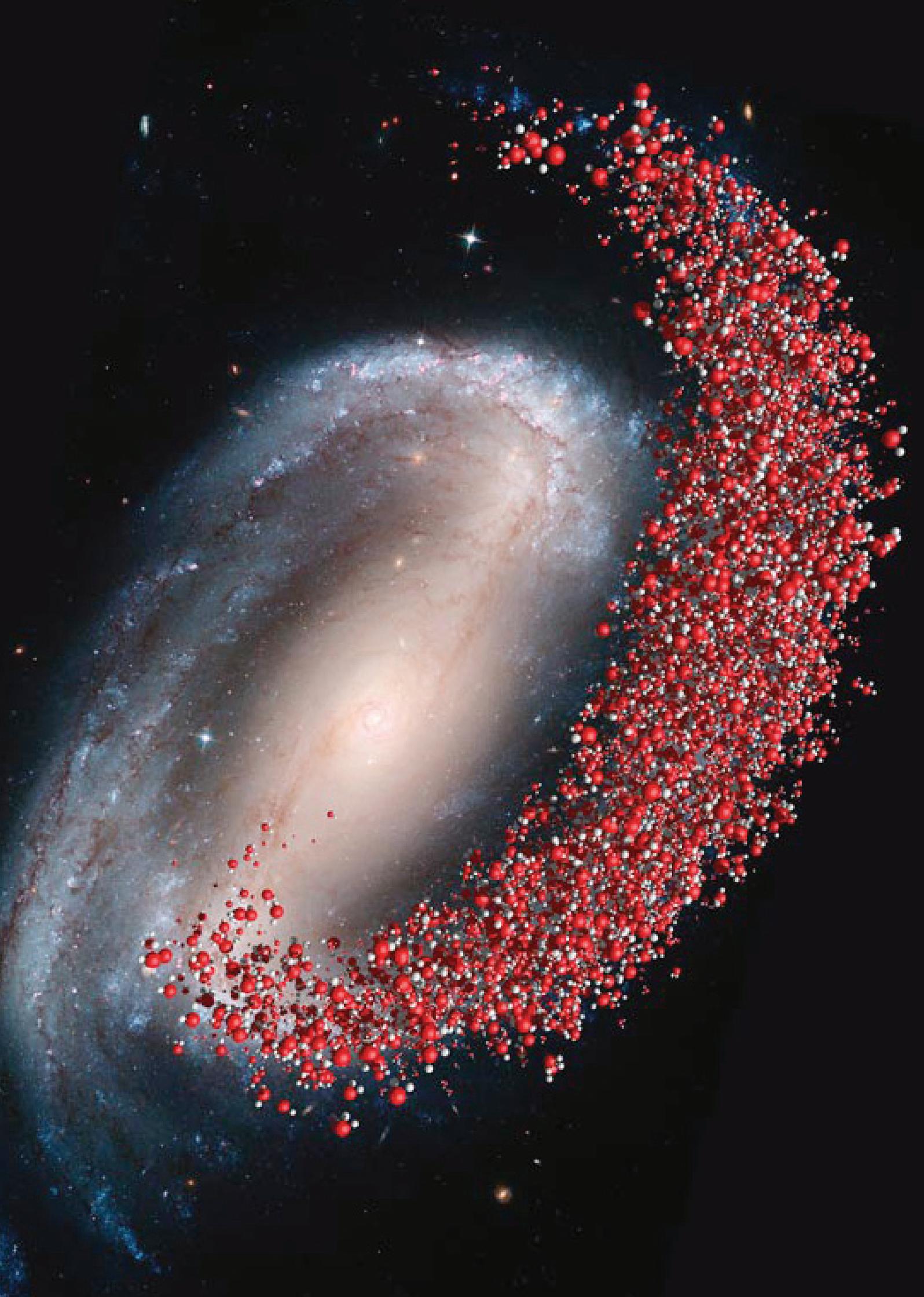
- **T2K**
Nouvelle mesure de l'angle de mélange θ_{13}

JUILLET 2012

- **ATLAS**
Observation à 5σ d'un excès d'événements compatible avec un boson de Higgs
- **HESS**
Première lumière du télescope HESS II

SOMMAIRE

Avant propos	03	Enseignement	99
Faits marquants	06	L'enseignement supérieur	100
Recherche	11	Responsabilités dans les instances universitaires	103
Masses et interactions fondamentales	13	Formation par la recherche	104
Physique au Tevatron : DØ et CDF	14	Les thèses au LPNHE	105
Physique au LHC : ATLAS	20	Les stages au LPNHE	108
Recherche et développement pour les futurs détecteurs silicium	26	Compétences et réalisations techniques	111
Asymétrie matière-antimatière	33	Service électronique et instrumentation	114
BABAR et le projet SuperB	34	Service mécanique	121
L'expérience T2K	38	Service informatique	125
LHCb : physique des saveurs lourdes au LHC	43	Pôles d'expertise	130
Approches phénoménologiques	49	Valorisation	136
Matière noire et énergie noire	53	Communications à des conférences et responsabilités	138
Supernova Legacy Survey (SNLS) et Supernova Factory (SNF)	54	Fonctionnement du Laboratoire	141
Les projets LSST et Euclid	58	Organisation	142
Dynamique des systèmes auto-gravitants	63	Partenariats scientifiques	144
Nature et origine du rayonnement cosmique	67	Ressources financières	145
HESS : astronomie gamma des très hautes énergies	68	Ressources humaines	146
L'observatoire Pierre Auger	73	Formation permanente	147
CTA : un observatoire pour l'astronomie gamma des très hautes énergies	78	Communication et documentation	148
Publications et communications	83	Radioprotection	151
Publications	83	Hygiène et sécurité	151
Communications à des conférences	91	Services généraux	152
Séminaires	93	Personnel du LPNHE	154
Interventions dans des écoles thématiques	94	Animation scientifique et communication	157
Organisation de conférences et écoles thématiques	94	Les séminaires	158
Responsabilités dans les instances scientifiques et techniques	95	La réunion du vendredi	161
Distinctions	97	La biennale	162
Conférences grand public	97	La fête de la science	163
Activités de vulgarisation	97	Laradioactivite.com	165
		Les masterclasses	166



RECHERCHE

Masses et interactions fondamentales

Physique au Tevatron : DØ et CDF

Physique au LHC : ATLAS

Recherche et développement pour les détecteurs silicium : trajectographe du détecteur

ATLAS et calorimétrie auprès de l'accélérateur ILC

Asymétrie matière-antimatière

BABAR et le projet SuperB : deux générations d'usines à saveurs lourdes

L'expérience T2K

LHCb : physique des saveurs lourdes au LHC

Approches phénoménologiques

Matière noire et énergie noire

Supernova Legacy Survey (SNLS) et Supernova Factory (SNF)

Les projets LSST et Euclid

Dynamique des systèmes auto-gravitants

Nature et origine du rayonnement cosmique

HESS : astronomie gamma des très hautes énergies

L'observatoire Pierre Auger

CTA : un observatoire pour l'astronomie gamma des très hautes énergies

Publications et communications

Publications

Communications à des conférences

Séminaires

Interventions dans des écoles thématiques

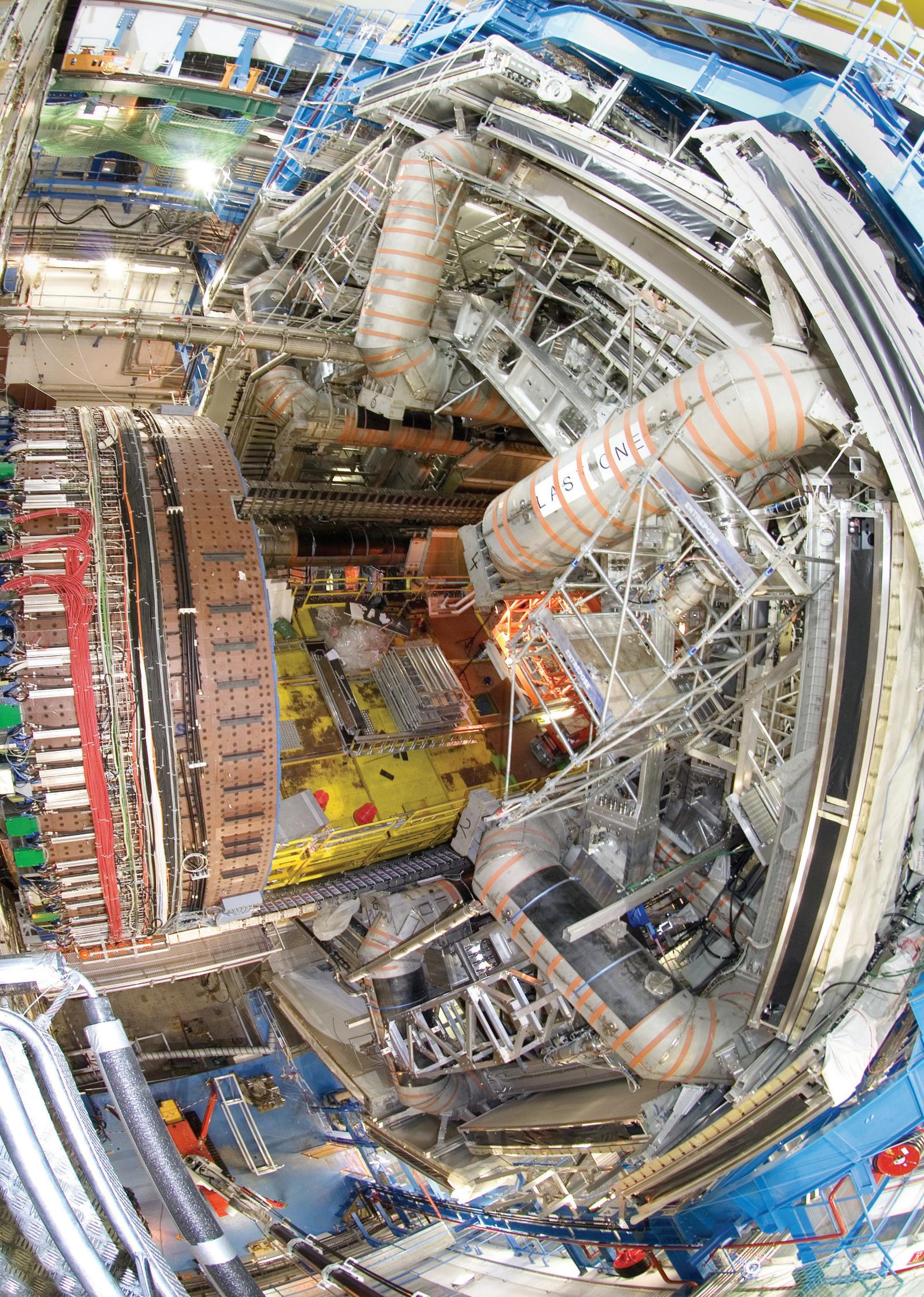
Organisation de conférences et écoles thématiques

Responsabilités dans les instances scientifiques et techniques

Distinctions

Conférences grand public

Activités de vulgarisation



MASSES ET INTERACTIONS FONDAMENTALES

Le modèle standard de la physique des particules décrit avec précision les résultats d'expériences extrêmement variées et couvrant une gamme d'énergie allant d'une fraction d'électron-volt à plusieurs centaines de milliards d'eV.

En dépit de cet immense succès, de nombreuses questions demeurent et il reste à confirmer la découverte du boson de Higgs, vecteur du mécanisme de génération des masses des particules.

La mise en évidence de cette particule et son étude détaillée ainsi que les mesures de précision des paramètres du modèle standard, notamment dans le domaine de la physique du quark top, sont des enjeux majeurs des expériences auprès des accélérateurs à la frontière des énergies accessibles (Tevatron à Fermilab, LHC au CERN et futur collisionneur linéaire).



Le Tevatron a terminé sa prise de données le 30 Septembre 2011. Depuis le début du Run II au printemps 2001, une luminosité intégrée d'environ 12 fb^{-1} a été délivrée à chacune des expériences CDF et $D\bar{0}$, soit environ 80 fois plus que lors de l'intégralité du Run I (1992-96). Malgré le démarrage du LHC, le Tevatron reste compétitif dans de nombreux domaines grâce à une grande expertise atteinte en analyse, mais aussi du fait que c'est un collisionneur proton-antiproton. Après la première série de publications sur environ 1 fb^{-1} de données (Run IIa), les analyses suivantes ont montré que les détecteurs permettaient d'exploiter la haute luminosité du Run IIb et d'améliorer sensiblement les résultats du Run IIa. Ceci est désormais pleinement confirmé par de nombreux résultats et publications, sur 5 à 10 fb^{-1} de données, en particulier sur la recherche du boson de Higgs, partie centrale de notre programme de recherche, ou de premières indications d'un Higgs de masse entre 115 et 135 GeV ont été observées par la combinaison des résultats de CDF et $D\bar{0}$.

L'expérience $D\bar{0}$
Chercheurs et doctorants

G. Bernardi, D. Brown, J. Brown,
Y. Enari, J. Lellouch, D. Li,
N. Huske

L'expérience CDF
Chercheurs et doctorants

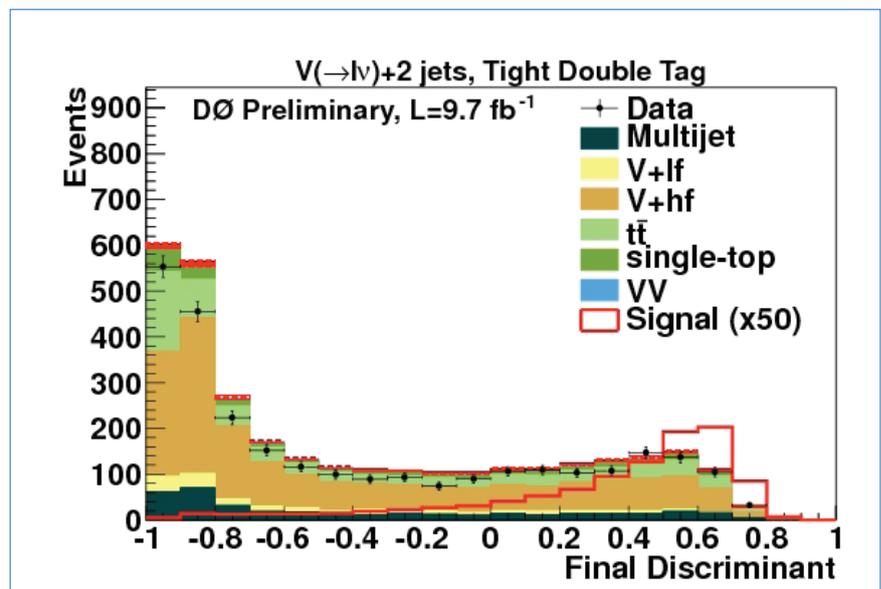
A. Savoy Navarro (jusqu'en 2010),
Sandro De Cecco, Matteo Corbo

PHYSIQUE AU TEVATRON : DØ ET CDF

L'expérience DØ

Figure 1

Discriminant signal/bruit-de-fond par des techniques d'analyse multidimensionnelle pour l'analyse de recherche de production WH, canal W+2 jets de quark-b. Les bruits de fond s'accumulent aux basses valeurs du discriminant et leurs distributions décrivent bien les données. Le signal est faible, mais est attendu aux grandes valeurs du discriminant.



Le groupe DØ du LPNHE a concentré ses activités techniques sur le calorimètre Uranium-Argon liquide, tant par le suivi de son opération au jour le jour que par de nombreuses responsabilités et contributions dans la

reconstruction calorimétrique et dans l'identification des objets. L'expertise acquise dans ce domaine s'est avérée d'une grande valeur pour la compétitivité des analyses de physique entreprises: la recherche du boson de Higgs et les propriétés du quark top. Ces sujets ont fait l'objet de six thèses soutenues en 2004, 2005, 2008, 2010, 2011 (S. Beauceron, E. Busato, J.-R. Vlimant, J. Lellouch, N. Huske, J. Brown), tandis qu'une dernière thèse sur la recherche du boson de Higgs est en cours (D. Li).

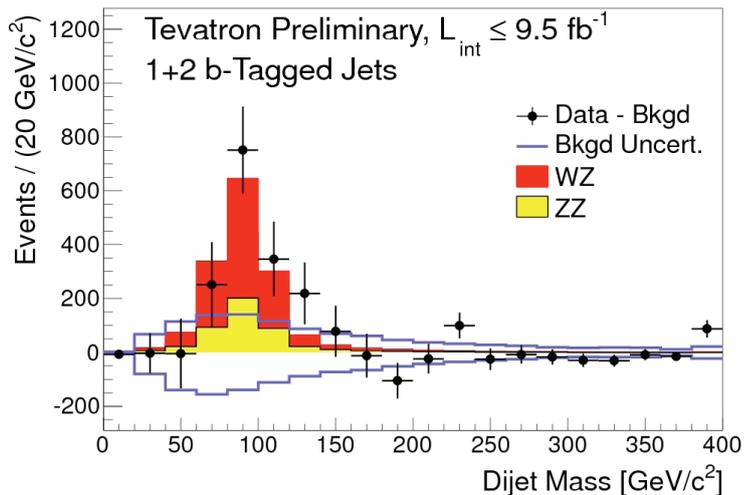


Figure 2

Observation du pic de masse du Z dans les processus WZ/ZZ analysés de manière identique à celle des analyses WH/ZH. Le bruit de fond a été soustrait, et le pic restant est bien décrit par la simulation des processus WZ et ZZ, démontrant une bonne compréhension de l'analyse par des techniques multi-dimensionnelles de ce genre de processus.

État du Tevatron et de DØ

Les performances du Tevatron ont dépassé les valeurs nominales attendues pour le Run II. Ainsi, une luminosité instantanée de $4 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ a été atteinte. Au 30 septembre 2011, date de fin de la prise de donnée, une luminosité intégrée de 12 fb^{-1} avait été fournie par la machine, rendant possible l'analyse de 10 fb^{-1} de données d'excellente qualité. Durant l'arrêt machine de trois mois du printemps 2006, des améliorations avaient été faites au détecteur pour exploiter pleinement la phase de haute luminosité : une couche supplémentaire du détecteur de microvertex autour du tube à vide avait été ajoutée et ses performances se sont révélées excellentes. En outre, le système de déclenchement calorimétrique avait été remplacé ce qui a permis l'utilisation d'algorithmes plus performants. Ainsi le détecteur a pu être exploité de manière optimale.

Pour la recherche du boson de Higgs de basse masse ($< 135 \text{ GeV}$), la qualité de la reconstruction des jets de quark b est cruciale. L'amélioration des algorithmes d'identification de ces jets permet maintenant d'atteindre une efficacité d'étiquetage des jets issus

des quarks b supérieure à 60 %, pour un taux de fausse identification de 1 %. Les algorithmes visant à améliorer la résolution en énergie des quarks b sont en cours de développement, avec une forte participation de notre groupe.

Auparavant, l'implication du groupe dans la calorimétrie de DØ avait surtout porté sur l'amélioration des performances des algorithmes utilisés, tant pour obtenir de meilleures efficacités d'identification des objets (électrons, photons, jets, énergie transverse manquante) que pour l'amélioration de leur résolution en énergie. Après la réalisation du système de calibration électronique, projet réalisé avec le LAL-Orsay sous la responsabilité du laboratoire, le LPNHE a assuré l'exploitation et la maintenance du système en collaboration avec le groupe « Calorimeter Operation » de DØ.

Physique du Top

Avec son énergie dans le centre de masse de $1,96 \text{ TeV}$, le Tevatron a permis de découvrir, puis d'étudier le quark top. Dans ce domaine de physique, comme dans la recherche du boson de Higgs, les signatures expérimentales, basées sur la

présence d'un lepton, d'énergie transverse manquante et de jets de b, sont semblables. Cette particularité nous avait incités à poursuivre en parallèle ces deux champs de recherche, ce qui nous a permis de développer des outils et des techniques communs à ces différents sujets de physique. Le groupe ayant diminué de taille en 2008, nous avons progressivement concentré nos efforts sur la recherche du Higgs mais nous rappelons brièvement ci-dessous nos résultats en physique du top.

La section efficace $t\bar{t}$

Avec une luminosité intégrée de 1 fb^{-1} , les mesures des sections efficaces ont atteint le niveau de précision des calculs théoriques. L'analyse dans le canal électron+jets a été effectuée avec toutes les données accumulées jusqu'en 2005, soit une luminosité intégrée de 1 fb^{-1} . Notre groupe s'était concentré sur la mesure de cette section efficace par une méthode cinématique : les événements top sont séparés du bruit de fond par un discriminant de maximum de vraisemblance exploitant les propriétés cinématiques des événements top. La section efficace mesurée est en bon accord avec la valeur attendue dans le modèle standard.

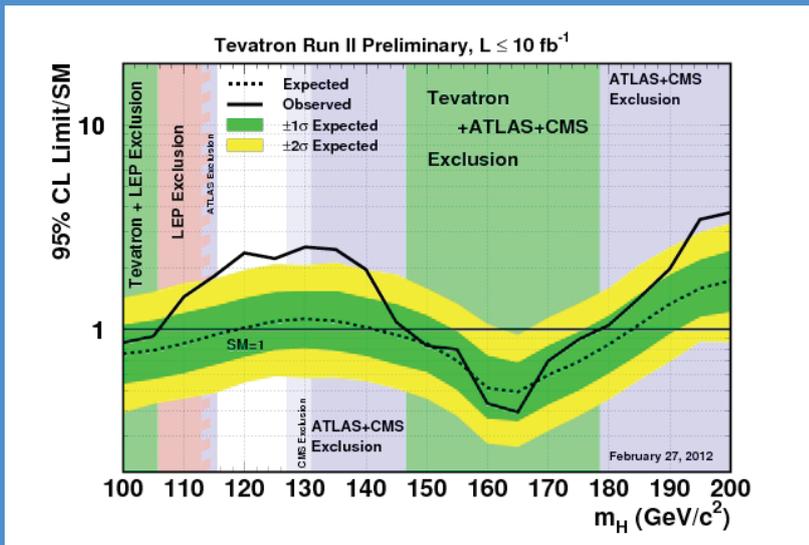


Figure 3

Limite d'exclusion (à 95 % NdC) du boson de Higgs rapporté à la valeur attendue de sa section efficace de production dans le modèle standard. La courbe noire donne la valeur obtenue en combinant toutes les recherches de $D\bar{0}$ et CDF et montre qu'entre 115 et 135 GeV un excès important est présent dans les données, alors que l'on s'attendrait à une exclusion entre 90 et 95 % NdC de 100 à 185 GeV. Entre 147 et 179 GeV le Tevatron exclu bien un boson de Higgs de cette masse.

Production électrofaible du top

La production électrofaible du quark top a une section efficace comparable à la production par interaction forte, mais son observation est plus difficile à cause d'un rapport signal/bruit plus faible, car le nombre de jets dans l'état final est plus faible. Notre groupe s'était concentré sur le canal électron+jets. L'observation du « single-top » a été réalisée en 2008 avec 2.7 fb^{-1} de données par les collaborations CDF et $D\bar{0}$. La mesure de la section efficace de production, donne directement accès à l'élément de la matrice CKM V_{tb} et cette mesure a été particulièrement intéressante à réaliser au Tevatron, car le rapport signal/bruit dans la voie s est d'environ 10 fois plus important que pour les interactions pp au LHC. Par ailleurs, la production électrofaible du quark top est un des bruits de fond principaux pour la recherche du boson de Higgs.

Recherche du boson de Higgs

Avec la luminosité accumulée, le Tevatron permet la recherche directe du boson de Higgs,

particulièrement dans le domaine de basse masse entre 115 et 135 GeV, qui est favorisé par les ajustements sur les mesures électrofaibles, mais aussi pour des masses proches de deux fois la masse du boson W (160 GeV) car à cette masse le Higgs se désintègre préférentiellement en deux W. Néanmoins, une luminosité importante est nécessaire pour atteindre un nombre d'événements suffisant pour une telle découverte, et à basse masse il faut également combiner plusieurs canaux de recherche pour atteindre la sensibilité voulue.

Notre groupe a joué un rôle pionnier dans la recherche du boson de Higgs au Tevatron, avec cinq thèses et deux habilitations à diriger des recherches sur ce sujet et des responsabilités centrales sur cette recherche au niveau de la collaboration, y compris sur la combinaison des résultats de $D\bar{0}$ et CDF.

La première étape dans la recherche du boson de Higgs à basse masse a consisté à comprendre avec une bonne précision la section efficace $t\bar{t}$, bruit de fond principal avec la production électrofaible du top. L'analyse a d'abord été effectuée

dans le canal électron en demandant que les deux jets présents dans l'état final soient étiquetés. Cette analyse, basée sur $0,2 \text{ fb}^{-1}$ de luminosité intégrée a permis d'établir une limite supérieure sur la section efficace de production WH de 12 pb, en supposant que le boson de Higgs a une masse de 115 GeV, soit environ 60 fois au dessus de la section efficace attendue dans le modèle standard (2005). Nous avons ensuite étudié le canal « muon » sur une statistique de $0,4 \text{ fb}^{-1}$, et la combinaison de ce nouveau résultat avec le canal électron a conduit en 2006 à une amélioration importante du résultat. En 2008, une plus grande luminosité (1 fb^{-1}), ajoutée à l'amélioration de la sélection des événements et de l'étiquetage des jets de b, ainsi que l'utilisation d'un réseau de neurones pour discriminer le signal du bruit de fond a permis d'améliorer la limite à 1.4 pb, laissant présager une mise en évidence possible, si le boson de Higgs est léger, avec une statistique de l'ordre de 10 fb^{-1} après avoir combiné ce canal avec le canal équivalent dans l'expérience CDF, et avec les autres canaux à basse masse (ZH, lorsque le Z se désintègre en 2 leptons ou en 2 neutrinos).

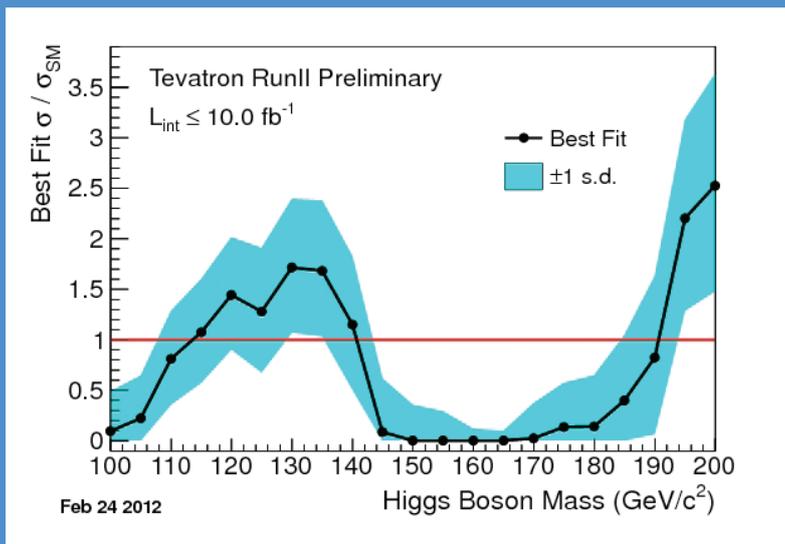


Figure 4

Amplitude du signal rapportée à l'amplitude attendue dans le modèle standard, mesurée dans l'hypothèse où le boson de Higgs est la cause de l'excès observé. Le 2^e excès autour de 200 GeV se situe dans une région où l'excès est moins significatif.

Les deux thèses suivantes ont poursuivi cet effort, en améliorant l'acceptance des leptons issus du W, l'efficacité d'identification des jets de quark-b, et la discrimination signal/bruit-de-fond par des techniques d'analyse multidimensionnelle comme illustré dans la figure 1.

Les résultats les plus récents (février 2012) nous permettent d'atteindre une valeur d'environ 0.5 pb, soit 2.5 fois au dessus de la valeur du modèle standard, mais c'est surtout en combinaison avec les autres canaux que ce résultat a montré son importance.

Pour valider notre recherche du Higgs, nous avons aussi étudié le processus WZ ou le Z se désintègre en paires de quarks b, donc exactement le même état final que le canal WH recherché. La combinaison de notre résultat avec les canaux similaires de $D\bar{D}$ a permis de mettre en évidence la production WZ et ZZ en novembre 2011, ce qui a confirmé la sensibilité estimée à la détection du boson de Higgs à basse masse. En février 2012, la combinaison avec les canaux de CDF a permis une observation à 4.6 écarts standard, comme le montre la figure 2.

En février 2012 nous avons également effectué une première

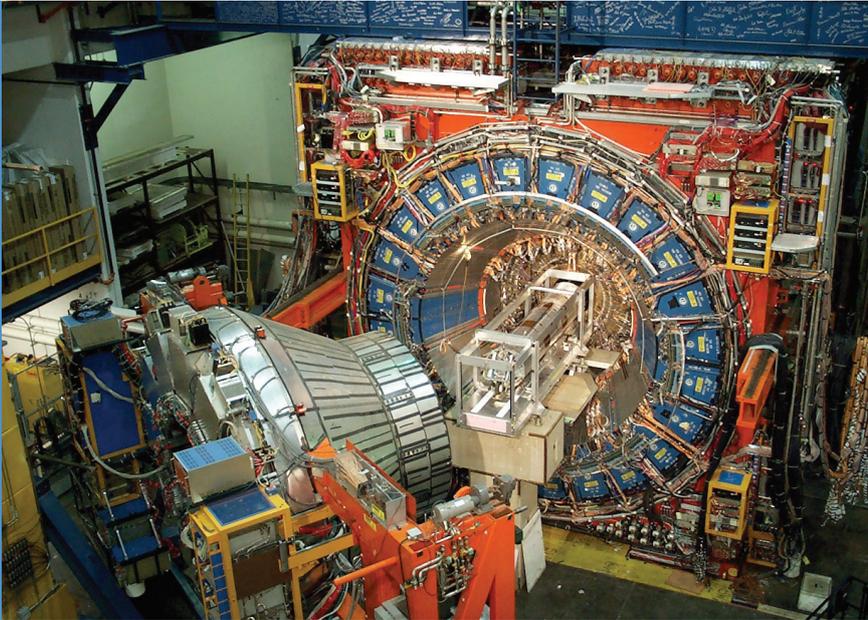
combinaison sur l'intégralité des données du Run II, soit 10 fb^{-1} , avec les autres canaux et avec ceux de l'expérience CDF, pour la recherche du boson de Higgs. À haute masse nous avons étendu notre zone d'exclusion, pour la porter à 147-179 GeV, mais cette région est maintenant mieux explorée par le LHC. À basse masse, nous avons observé une indication, à 2.2 écarts standard, de boson de Higgs, entre 115 et 135 GeV [2.6 écarts standard pour les canaux se désintégrant en paires de quarks-b]. Celle-ci est dans la même région que celle où les expériences du LHC ont également observé des premières indications, mais au Tevatron elle est due principalement au canal de désintégration $H \rightarrow b\bar{b}$, canal de désintégration dominant mais pour lequel le LHC n'aura vraisemblablement pas de sensibilité avant 2015, ce qui rend nos indications particulièrement intéressantes et complémentaires à celles du LHC. L'état actuel de cette combinaison est présenté en figure 3, en rapportant la limite combinée à la valeur attendue dans le modèle standard. Une valeur de 1 correspond donc à une sensibilité ou exclusion à 95 % de niveau de confiance, et l'on observe que pour $m_{\text{higgs}} = 115 \text{ GeV}$, cette sensibilité est atteinte. Nous observons cependant un facteur bien plus grand entre

115 et 135 GeV, compatible, avec la présence d'un boson de Higgs dans cette région de masse. Une amélioration en cours de la sensibilité de nos analyses nous permettra de mieux cerner cette région de masse, mais le résultat peut déjà être confronté à ce qu'on attendrait d'un signal de Higgs, comme le montre la figure 4. Vues les incertitudes, l'excès observé est compatible avec un Higgs du modèle standard.

Perspectives

Maintenant que la prise de données est terminée les efforts de la collaboration se concentrent sur l'analyse des données. Pour le boson de Higgs, des améliorations sont prévues dans les mois à venir afin d'améliorer le niveau de confiance des indications rapportées ci-dessus, et pour mesurer le rapport d'embranchement du Higgs se désintégrant en paires de b. Pour les autres de domaine de physique, il s'agira de finaliser les analyses en cours avec l'intégralité des données car le plus souvent seule une partie de l'échantillon a été analysée.

Le groupe du LPNHE prévoit de conclure son implication avec la fin de l'expérience prévue en 2014, mais d'ici là, avec les responsabilités de porte-parole, notre implication restera dominante.



L'expérience CDF du Fermilab

Crédit : Fermilab

L'expérience CDF

Depuis 2002, une équipe du LPNHE participe à l'expérience CDF auprès du Tevatron à Fermilab. Au cours des années, cette équipe a compté un à deux permanents, des post-docs et scientifiques associés et plusieurs étudiants en thèse ou en stage. Les activités ont porté notamment sur deux thématiques : la physique du quark top et l'étude de la violation de CP dans les mésons B_s . En ce qui concerne la première activité, la thèse de M. Corbo, actuellement en cours de finalisation, porte sur l'étude de la section efficace de production de paires de quarks top se désintégrant en quark b et boson W, celui-ci se désintégrant en un lepton tau et un neutrino. Ce canal, bien que statistiquement limité, présente un intérêt certain puisque sensible à la production d'un éventuel boson de Higgs chargé se désintégrant en une paire tau neutrino. Dans le domaine de la physique du quark b, et plus particulièrement en ce qui concerne la recherche de nouvelle physique dans la phase faible de mélange du système des méson B_s , l'activité a donné lieu à une thèse (G. Di Giovanni) dont le travail est le fruit d'une collaboration avec le groupe du MIT de CDF.

Portant initialement sur la physique des quarks lourds et la violation de CP dans les mésons B et D, cette activité s'est orientée fin 2010 vers la recherche du boson de Higgs se désintégrant en une paire de quarks b.

Dans cette optique, a été développé, en collaboration avec une équipe italienne, un algorithme d'étiquetage des jets initiés par un quark b, basé sur des réseaux de neurones. Ce travail a été appliqué avec succès à l'étude de la production des bosons de gauge W et Z en association à des jets de b mais aussi aux derniers résultats de CDF dans la recherche du boson de Higgs, parus aux conférences d'hiver 2012.

Les contributions de l'équipe CDF du LPNHE dans le domaine de la physique du Tevatron ont été significatives et rapportées dans de nombreuses publications de CDF. Le nombre total de publications de CDF, cosignées par les membres du LPNHE, est de 25 en 2010, 39 en 2011 et 32 en 2012. Les membres de l'équipe ont régulièrement été sollicités pour présenter les résultats de CDF lors de conférences

internationales ou de séminaires invités (cinq communications dans la période 2010-2012).

Par ailleurs, une activité importante dans la maintenance et les opérations du détecteur CDF a été conduite par le doctorant M. Corbo ; en particulier dans le suivi du trajectomètre au silicium SVX de CDF. Ce travail, crucial pendant la prise de données et nécessitant une présence sur place, a été fait avec le soutien de Fermilab.

Enfin, notons l'activité importante de suivi et conseil, durant ces dernières années, de plusieurs étudiants de Master dans le domaine de la physique du B, en partenariat avec le groupe CDF de l'INFN Roma 1.



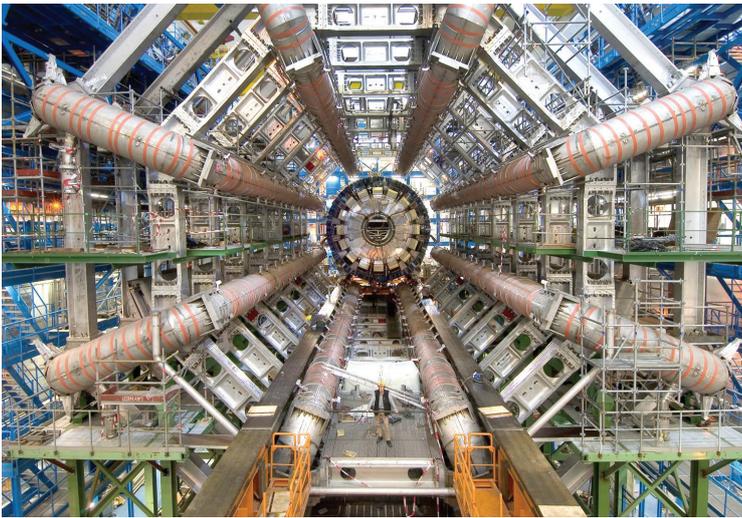
Le LHC a fonctionné de manière remarquable, et accumulé en 2010 et 2011 des données à l'énergie de collision de 7 TeV, avec une luminosité instantanée en constant progrès, atteignant les $3,65 \cdot 10^{33} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Le total des données accumulées, de l'ordre de 5fb^{-1} , a permis à l'expérience ATLAS d'obtenir une moisson de résultats qui pour l'essentiel confirment pour le moment la validité du modèle standard aux plus hautes énergies jamais explorées. Les recherches de nouvelle physique améliorent maintenant de manière significative les limites obtenues par les expériences LEP et TeVatron, mais n'ont pas encore permis de mettre en évidence des phénomènes au-delà du modèle standard. La fin de l'année 2011 a été marquée par les premières mesures de masse et de section efficace de production du quark top, ainsi que par la drastique réduction de la fenêtre de masse possible pour le boson de Higgs. L'été 2012 a vu la découverte d'un nouveau boson aux propriétés pour l'instant compatibles avec le boson de Higgs. Le groupe a apporté des contributions importantes à l'ensemble de ces résultats.

Chercheurs et doctorants

T. Beau, M. Bomben, S. Bordini,
E. Chareyre, G. Calderini,
J. Chauveau, E. Cogneras,
O. Davignon, S. De Cecco,
A. Demilly, F. Derue, Y. Enari,
M. W. Krasny, M. Kuna,
D. Lacour, B. Laforge, S. Laplace,
G. Lefebvre, Y. Li, K. Liu,
G. Marchiori, N. Méric,
I. Nikolic-Audit, J. Ocariz,
C. Rangel, M. Ridel, L. Roos,
P. Schwemling,
T. Theveneaux-Pelzer,
H. Torres, S. Trincaz-Duvoid,
N. Trinh-Thi, F. Vannucci, L. Yao

Équipe technique

D. Laporte, F. de Matos,
O. Le Dortz, Y. Orain



Le détecteur ATLAS
au moment de
la construction.
Crédit : CERN

PHYSIQUE AU LHC : ATLAS

Les expériences en cours auprès du collisionneur LHC du CERN ont pour but d'explorer la physique des particules à une énergie de plusieurs TeV.

Les années 2010 et 2011 ont vu le démarrage du LHC à l'énergie de 7 TeV ainsi que la prise d'un lot de données d'environ 5fb^{-1} . Ce dernier a conduit aux premières mesures de la production de jets, de bosons Z et W, a donné les premières mesures compétitives avec le TeVatron des propriétés du quark top. Ces premiers résultats ont démontré la capacité de l'expérience ATLAS à bien maîtriser des mesures de précision dans des états finaux difficiles expérimentalement. En s'appuyant sur cette expertise, ce lot de données a également permis de mener les premières recherches du boson de Higgs au LHC et de mettre très rapidement des contraintes très fortes sur la fenêtre de masse dans laquelle le boson de Higgs du Modèle Standard pourrait se trouver. L'année 2012 a démarré en trombe avec une montée en puissance du LHC : passage à 8

TeV et doublement de la luminosité instantanée. La prise de données correspondante a permis de mener l'analyse de presque 6fb^{-1} à 8 TeV dès l'été 2012. Sur la base des données 2011 et 2012, ATLAS a annoncé à la conférence ICHEP 2012 la découverte d'un nouveau boson aux propriétés pour l'instant compatibles avec celle d'un boson de Higgs. La significativité statistique de l'excès observé a atteint 5 écarts-type, limite usuelle pour annoncer la découverte d'une nouvelle particule. L'équipe du LPNHE a été très en pointe dans ce travail d'analyse dans la recherche du boson de Higgs en diphoton, l'un des canaux les plus sensibles dans le domaine de masse autour de 126,5 GeV où cette résonance est observée.

L'expérience ATLAS a également recherché de nombreuses signatures prédites par de multiples modèles de nouvelle physique. La conclusion actuelle est que de tels modèles sont rejetés au-delà du TeV. En particulier le modèle minimal super-symétrique est dorénavant quasiment exclu.

L'expérience ATLAS a été conçue afin d'aborder un large éventail de sujets : la physique du quark top, l'étude de paires de bosons W ou

Z, la recherche du boson de Higgs et de la super-symétrie ou de phénomènes plus exotiques encore, comme l'existence de dimensions supplémentaires. La calorimétrie, qui est le domaine principal d'implication du groupe, tient un rôle important dans la plupart des analyses de physique.

Les performances optimales du détecteur ne peuvent être obtenues qu'avec un travail assidu auprès du détecteur et des données brutes. Dans la droite ligne des implications passées lors de la construction, les physiciens du groupe s'attachent à comprendre les données, à analyser les campagnes d'étalonnage, afin d'assurer la meilleure qualité des prises de données pour les analyses. Les études menées portent entre autres sur la stabilité de la reconstruction et de l'étalonnage, la compréhension de la réponse du calorimètre aux muons, les effets des variations de haute tension sur la réponse, l'optimisation du terme constant de la résolution en énergie. L'ensemble de ces études est l'occasion pour la douzaine d'étudiants qui sont en cours de thèse ou qui l'ont soutenue au cours de ces deux dernières années d'avoir une contribution technique formatrice, visible et appréciée.

Le groupe est également impliqué dans l'optimisation du logiciel de reconstruction et d'identification des électrons et des photons. Il participe à l'effort de validation quotidien des différentes versions du logiciel hors-ligne et a une contribution importante dans le développement des algorithmes de déclenchement basés sur l'information des calorimètres qui servent à acquérir les événements riches en photons, électrons, jets ou énergie transverse manquante. Le groupe participe aussi au développement des moyens de calcul et de stockage de l'expérience que ce soit au travers de la mise en place du Tier 2 GRIF ou du suivi des activités de production sur les différents sites français dans le cadre du groupe Calcul Atlas France.

Parmi les nombreuses questions de physique fondamentale étudiées par ATLAS, le groupe du LPNHE se concentre sur les thématiques suivantes: la compréhension du Modèle Standard, et l'étude du

mécanisme de brisure de la symétrie électrofaible proposé pour expliquer l'origine de la masse des particules élémentaires.

Deux approches complémentaires sont poursuivies. Une première partie de l'équipe travaille à la recherche directe du boson de Higgs tandis que la seconde étudie les propriétés du quark top. Étant le fermion le plus lourd actuellement connu et, le couplage d'un fermion au boson de Higgs étant proportionnel à la masse au carré, le quark top doit permettre l'obtention d'informations pertinentes sur les interactions d'un éventuel boson de Higgs avec les fermions.

Il est toutefois possible que le boson de Higgs standard n'existe pas et il faudra mener de nombreuses études complémentaires pour confirmer dans quel cadre théorique s'interprète au mieux l'existence du nouveau boson que nous venons de découvrir. Le groupe travaille dans cette direction en préparant des mesures de précision de paramètres du Modèle Standard, ainsi que la mesure de la section efficace WW qui, sans mécanisme de Higgs, est divergente. Une telle mesure pourra apporter des informations importantes dans l'exploration du lagrangien de la nouvelle théorie englobant les découvertes récentes mais ne pourra se faire que dans la phase haute luminosité du LHC, c'est pourquoi une dernière activité du groupe porte sur le développement de nouveaux détecteurs internes à même de fonctionner dans les conditions extrêmement difficiles de cette phase de haute luminosité. Ces activités sont décrites en détail dans la partie « R&D » de ce document.

Recherche du boson de Higgs et photons directs

Au LHC, la recherche du boson de Higgs standard dans le canal diphoton est très importante car c'est le seul canal permettant de reconstruire la masse d'un éventuel boson de Higgs avec une très bonne précision (de l'ordre du pourcent) dans la zone de masse allant de 100 à 150 GeV/c² actuellement favorisée par la compatibilité interne des différentes mesures d'observables électrofaibles du Modèle Standard. Il s'agit d'un canal de recherche

difficile car il souffre d'un rapport signal sur bruit très défavorable de quelques pourcents, du fait d'une production importante de paires de photons par des processus standard et d'un rapport de branchement assez faible, de l'ordre de quelques pour mille. En fait, il s'avère particulièrement intéressant d'étudier pour eux-mêmes les mécanismes de production de paires de photons au LHC et notre groupe a donc décidé de mener deux activités complémentaires de ce point de vue :

- Mesures des sections efficaces de production de photons au LHC, comparaisons de ces mesures avec les calculs théoriques de la QCD, études de la composition des bruits de fond.
- Modélisation des bruits de fond diphotons standard et recherche d'un boson de Higgs se désintégrant en deux photons.

Les données collectées en 2010 ont tout d'abord permis de valider les logiciels de reconstruction utilisés pour l'analyse et de vérifier les performances effectives du détecteur ATLAS. Elles ont permis en particulier de faire les premières calibrations in situ du calorimètre électromagnétique grâce à la production copieuse de bosons Z se désintégrant en paire d'électrons. Les données de 2011, représentant une luminosité intégrée plus de 100 fois supérieure à celle de 2010, ont permis de disposer d'un ensemble de données de désintégration du Z en γ permettant cette fois-ci de produire une calibration in situ des photons.

Sur le plan des mesures de sections efficaces de processus standard produisant des photons directs, les données de l'année 2010 ont permis la publication de plusieurs résultats importants auxquels le groupe a fortement contribué :

- Mesure de la section efficace inclusive de photons directs, incluant la mesure du spectre en impulsion transverse de ces photons (Phys. Rev D83),
- Mesure de la section efficace de production de paires de photons isolés dans les collisions à 7 TeV au LHC (Phys. Rev. D85)

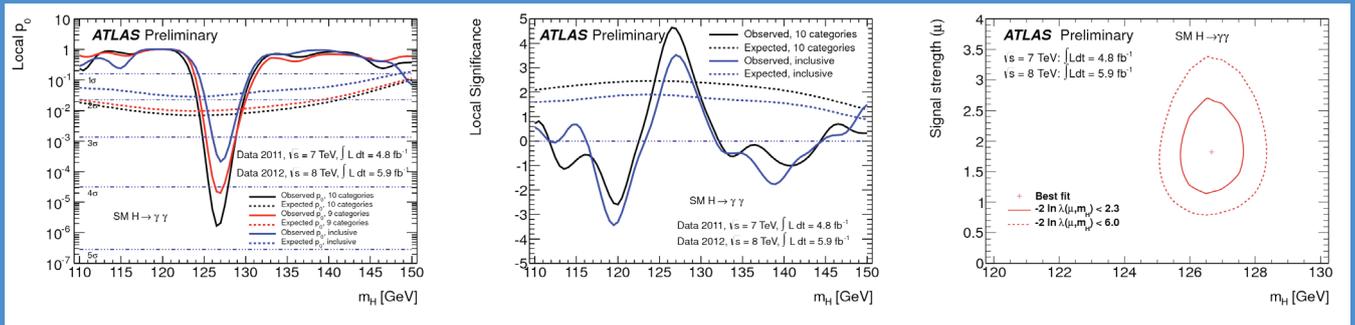


Figure 1

Recherche du boson de Higgs dans le canal diphoton à l'été 2012. Le canal $H \rightarrow \gamma\gamma$ permet d'exclure l'existence d'un boson de Higgs standard entre 112 et 122 GeV/c^2 et entre 132 et 143 GeV/c^2 à 95 % de niveau de confiance. On observe également un excès d'événements autour de 126,5 GeV/c^2 . La sensibilité des données

2011 et 2012 analysées de manière inclusive est présentée. La figure de droite présente la meilleure valeur de l'ajustement des données pour les deux paramètres inconnus : masse de la résonance observée en fonction du produit de la section efficace par le rapport d'embranchement en deux photons.

- Mesure de la section efficace de production d'un photon en association avec un jet (PRD)

Le groupe a été présent sur l'ensemble de ces analyses, de la reconstruction et l'identification des photons à la comparaison entre les prédictions des modèles et les résultats mesurés par ATLAS en passant par les mesures de l'efficacité du système de déclenchement et la compréhension des bruits de fond. L'investissement du groupe dans ces analyses s'est soldé par l'édition finale de plusieurs publications ainsi que par la nomination d'un physicien du groupe en tant que coordinateur de l'analyse des photons directs d'ATLAS. Les données prises en 2012 devraient permettre des améliorations très sensibles dans notre compréhension de la production de paires de photons au LHC. Afin de mener à bien ce travail, une physicienne du groupe a été nommée coordinatrice de cette analyse par la collaboration ATLAS. L'activité du groupe s'est également traduite par une participation à l'édition de plusieurs notes de conférences.

Sur le plan de la recherche du boson de Higgs standard dans le canal diphoton, le groupe a été également très actif et a participé à toutes les analyses publiées depuis le début de la prise de données d'ATLAS. Cette activité a donné lieu à plusieurs actes

de conférences et à la publication de deux articles faisant l'état de l'art de nos recherches avec les données 2010 et 2011. Pour l'été 2012, les données 2011 ont été ré-analysées et de nouvelles techniques d'analyse ont permis un gain de 15 % sur la sensibilité. Les données 2012 à 8 TeV ont également été analysées très rapidement avant l'été. Un membre de notre groupe était éditeur principal de la note de conférence préparée par ATLAS pour annoncer l'observation dans le canal Higgs en 2 photons d'une nouvelle résonance compatible avec un boson de Higgs standard d'une masse de 126,5 GeV avec une sensibilité de 4,5 écarts type dans ce canal spécifique.

Le groupe a été impliqué sur la quasi-totalité des étapes de l'analyse, allant de l'isolation des photons à l'aide des traces chargées au développement des outils statistiques permettant d'extraire les limites, en passant par la modélisation des fonds et leur décomposition en utilisant les outils développés auparavant pour les analyses diphotons, ou le paramétrage de la fonction de résolution en masse invariante de la paire diphotons. Par ailleurs, plusieurs améliorations de l'analyse ont été proposées et sont en cours de mise en œuvre dans l'analyse officielle. Cinq étudiants sont actuellement en cours de thèse sur la recherche du boson de

Higgs ou sur les analyses photon et diphoton.

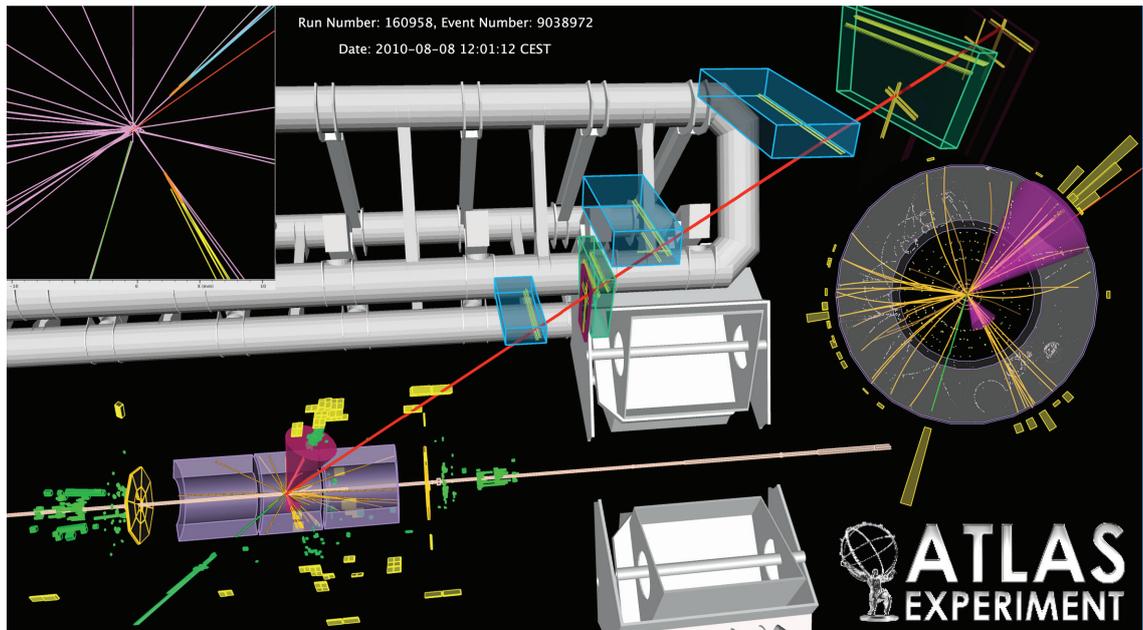
Les résultats de la recherche du boson de Higgs dans le canal diphoton à l'été 2012 sont présentés sur la figure 1 : le canal $H \rightarrow \gamma\gamma$ permet d'exclure l'existence d'un boson de Higgs standard entre 112 et 122 GeV/c^2 et entre 132 et 143 GeV/c^2 à 95 % de niveau de confiance. On observe également un excès d'événements autour de 126,5 GeV/c^2 avec une significativité statistique locale de 4,5 écarts type en considérant les données 2011 et 2012. La sensibilité des données 2011 et 2012 analysées de manière inclusive est également présentée sur cette figure. En dernier lieu, la figure de droite présente la meilleure valeur de l'ajustement des données pour les deux paramètres inconnus : masse de la résonance observée en fonction du produit de la section efficace par le rapport d'embranchement en deux photons en unités de valeurs prédites par le modèle standard. Elle montre que pour l'intensité du signal observé, cette mesure est compatible avec la prédiction du modèle standard.

Physique du quark Top

Le quark top découvert en 1995 au Tevatron par les expériences CDF et $D\bar{D}$ joue un rôle central dans les

Vue d'un événement d'une paire top-antitop se désintégrant en électron-muon avec deux jets de b. L'électron est caractérisé par la trace verte et l'amas d'énergie dans la vue 3D du calorimètre. Le muon est caractérisé par la longue trace rouge dans les chambres à muons.

©Cern



programmes actuels de physique des hautes énergies. Il offre un espace unique d'études combinant la QCD, le secteur électrofaible, le mécanisme de Higgs et de nombreux modèles de nouvelle physique. Le quark top est la particule élémentaire la plus massive avec une masse de l'ordre de $173 \text{ GeV}/c^2$, de l'ordre de l'échelle de Fermi, impliquant un couplage au secteur de Higgs de l'ordre de 1. Son temps de vie de 10^{-24} seconde implique qu'il se désintègre avant l'hadronisation, permettant ainsi l'accès à sa masse nue.

En 2010, le groupe a contribué à un certain nombre d'études sur les électrons, sur la mise en évidence du J/ψ en e^+e^- , la désintégration de b avec un électron dans l'état final et la mesure de section efficace correspondante.

Il a participé aux travaux (directement liés à la physique du top) sur les faux électrons de signal en utilisant une méthode combinant une détermination des efficacités d'identification des vrais électrons avec des Z et des mauvaises identifications dans des événements W +jets.

Les analyses sur le quark top concernent trois mesures de paramètres : la section efficace de production dans le mode dileptonique, celle dans le mode totalement hadronique et la masse

dans le canal dileptonique. Ces trois mesures font l'objet de trois thèses de doctorat en cours.

L'année 2010 a été principalement consacrée à l'étude des performances de la reconstruction des objets, en particulier des électrons. Avec 40 nb^{-1} de données, un lot d'électrons inclusif a été sélectionné dans la gamme $E_T=7-26 \text{ GeV}$. La section efficace de production des électrons issus de la désintégration de saveurs lourdes a été mesurée.

La figure 2 montre cette mesure de section efficace différentielle inclusive en fonction du moment transverse de l'électron dans la région couverte par le détecteur interne. Le rapport entre les sections efficaces mesurées ou les prédictions au calcul FONLL est également présenté. Cette mesure a été publiée sous les références arXiv:1109.0525 et CERN-PH-EP-2011-108. La rédaction de l'article a été confiée à trois éditeurs dont l'un est issu du groupe. Une contribution importante du groupe a été la sélection du spectre inclusif d'électrons. Un travail de compréhension et de suppression des bruits de fond a été nécessaire. En effet, une simple sélection d'objets électromagnétiques donne un mélange de trois spectres, le spectre inclusif d'électrons qui

viennent en très grande majorité de la désintégration de b dans la gamme d'énergie considérée, contribue pour 10 %, les électrons de conversions pour 20 % et le reste est constitué de hadrons mal identifiés. Une méthode de maximum de vraisemblance a permis, à partir de variables discriminantes, d'avoir accès au spectre du signal seul. Le groupe a également utilisé une méthode dite de « Tag and Probe » relativement originale puisque, malgré des coupures fortes sur l'électron dit Tag, il n'était pas possible d'arriver à un lot pur d'électrons de signal. Cette méthode a permis de mesurer l'efficacité de la sélection directement dans les données. L'ensemble de ces travaux fait partie d'un travail de thèse dont la soutenance a eu lieu en septembre 2011.

Le groupe a aussi participé à la recherche des premiers événements $J/\psi \rightarrow e^+e^-$, puis à leur utilisation pour extraire l'efficacité d'identification des électrons dans la gamme $E_T=4-20 \text{ GeV}$ par la méthode de Tag and Probe. La figure 3 montre l'efficacité d'identification des électrons mesurés dans des événements $J/\psi \rightarrow e^+e^-$ et prédite par la simulation en fonction de E_T . Ces résultats ont fait l'objet d'une présentation en conférence et d'un poster, présentés par un étudiant qui soutiendra sa thèse en 2012.

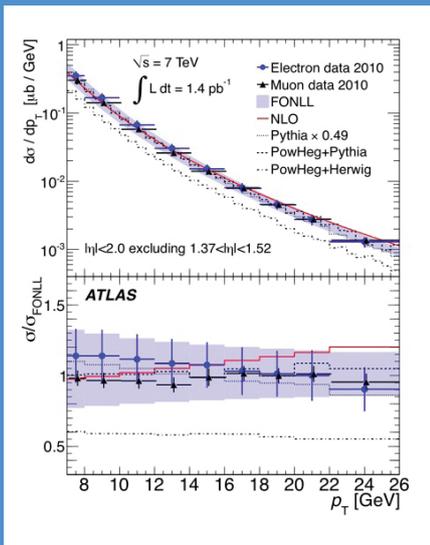


Figure 2

Sections efficaces différentielles de production pour les électrons et les muons en fonction de l'impulsion transverse du lepton chargé pour $|\eta| < 2,0$ et en excluant $1,37 < |\eta| < 1,52$.

Le rapport entre les sections efficaces mesurées ou les prédictions au calcul FONLL est montré sur la figure du bas.

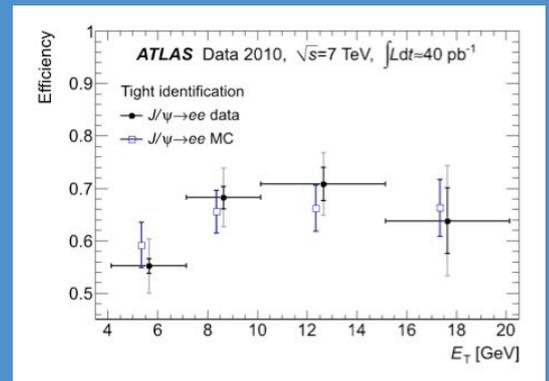


Figure 3

Efficacités d'identification des électrons mesurées dans des événements $J/\psi \rightarrow ee$ et prédites par la simulation en fonction de E_T .

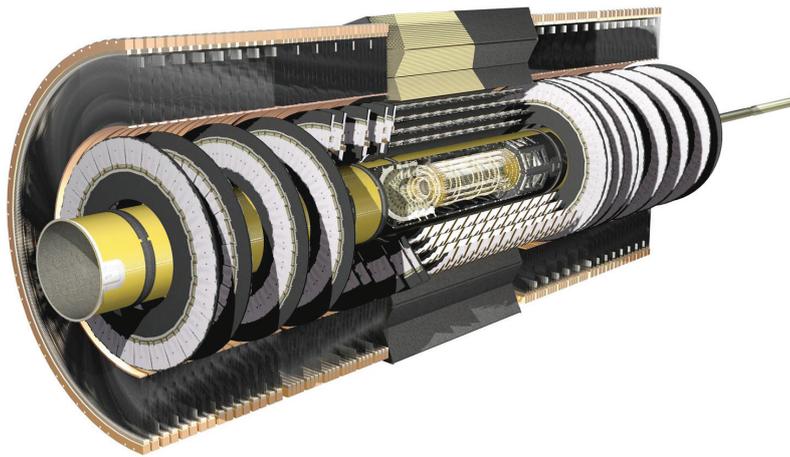
Avec $4,7 \text{ fb}^{-1}$ de données prises en 2011, le groupe s'est investi dans les analyses proprement dites. Le groupe a participé à la mesure de la section efficace de production dans les canaux en dileptons avec un travail spécifique de mesure de la contamination due à des électrons ne provenant pas de W (désintégration semileptonique de quarks lourds, conversions et jets mal identifiés) avec une méthode dite de la matrice. D'autre part, le groupe contribue à la mesure de la section efficace de production du quark top dans le canal multijets, en s'attachant à améliorer la mesure de l'énergie des jets issus de quark b. Ce travail s'est intensifié au printemps 2011 avec le démarrage d'une thèse sur ce sujet. Il s'agit d'utiliser les contraintes cinématiques fortes de la masse du top et de celle du W dans des événements top-antitop se désintégrant en deux leptons pour contraindre la mesure de l'énergie des jets issus de quarks b qui sont les seuls jets présents dans ces événements. L'amélioration ainsi obtenue sur la mesure de l'énergie des jets issus de quarks b peut être transposée au canal multijets. Pour que la mesure de l'énergie des jets soit la plus précise possible, il est important de partir d'un échantillon de top-antitop le plus pur possible et

un travail de sélection approfondi a commencé en parallèle.

La mesure de la masse a fait l'objet d'une thèse de doctorat soutenue en 2009 dont l'objet était l'étude de faisabilité de cette mesure dans le canal dileptonique avec une énergie dans le centre de masse alors prévue à 14 TeV. La méthode développée, appelée « méthode des éléments de matrice », se base sur le calcul d'une densité de probabilité en fonction de la valeur de la masse nue du quark top comme paramètre. La densité de probabilité est obtenue grâce à la convolution de l'élément de matrice du processus top-antitop par les fonctions de résolution du détecteur et en intégrant numériquement sur les impulsions des neutrinos qui ne sont pas mesurées. Cette méthode pour extraire la masse repose donc sur des études de maximum de vraisemblance.

Au cours de la période couverte par ce rapport, plusieurs études sur des données simulées d'ATLAS ont été entreprises afin de maîtriser au mieux la méthode et de suivre les évolutions de l'expérience. Ainsi, dans une première phase, plusieurs études sur les données simulées ont été entreprises afin de prendre en compte les configurations successives envisagées pour l'accélérateur. Par conséquent,

une adaptation de la méthode de mesure aux énergies de 10 TeV et 7 TeV dans le centre de masse a été effectuée. Plusieurs études ont permis de définir les fonctions de transfert devant être prises en compte et la linéarité de la méthode a été vérifiée à chaque évolution de la méthode au fur et à mesure que des effets supplémentaires étaient pris en compte. Depuis juin 2011, une seconde phase de cette activité a démarré avec pour objectif la mesure à proprement parler de la masse avec l'ensemble des données qui seront disponible au terme du premier run du LHC qui doit s'achever fin 2012. Une thèse de doctorat a ainsi démarré en octobre 2011. L'ensemble de la méthode a été revu, de nouveaux résultats avec les données simulées les plus récentes ont été obtenus et d'ores et déjà un premier regard sur les données a permis d'extraire une masse du quark top. L'objectif pour l'année 2012 est une mesure de masse dans le canal e-mu permettant de contribuer à la combinaison officielle des mesures de masse de la collaboration ATLAS.



Une modélisation en trois dimensions
du détecteur interne d'ATLAS
et de ses composants



Le LPNHE contribue à toutes les phases des projets expérimentaux dans lesquels il est impliqué. Outre le fonctionnement des expériences et l'analyse des données recueillies, le laboratoire contribue à la conception et à la réalisation des détecteurs de particules installés auprès des futurs accélérateurs. Les activités d'instrumentation menées par des équipes mixtes de chercheurs, ingénieurs et techniciens se placent dans le cadre de programmes de recherche et développement génériques ou dédiés. Ainsi, pour la période couverte par ce rapport, deux équipes contribuent à la préparation des futurs détecteurs. La première se consacre aux travaux pour l'amélioration du détecteur ATLAS en fonctionnement depuis 2009 auprès du LHC en vue de l'augmentation de la luminosité et de l'énergie. La seconde équipe est engagée dans un programme de R&D pour les calorimètres des détecteurs prévus pour le futur accélérateur ILC.

ATLAS au SuperLHC
Chercheurs et doctorants

T. Beau, M. Bomben, G. Calderini,
J. Chauveau, G. Marchiori,
P. Schwemling

Équipe technique

D. Laporte, O. Le Dortz,
J.F. Genat, F. Crescioli,
F. De Matos

ILD-Calice à ILC
Chercheurs et doctorants

J-E. Augustin, D. Lacour

Équipe technique

J. David, P. Ghislain,
D. Imbault, L. Lavergne

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT POUR LES FUTURS DÉTECTEURS SILICIUM

Trajectographe du détecteur ATLAS et calorimétrie auprès de l'accélérateur ILC

ATLAS au SuperLHC

Après les premières données du LHC, obtenues en 2010 et 2011 à une énergie dans le centre de masse de 7 TeV, le LHC sera exploité avec une énergie plus élevée (8 TeV) et une luminosité en augmentation progressive, devant atteindre $3-4 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ dite « phase à basse luminosité ».

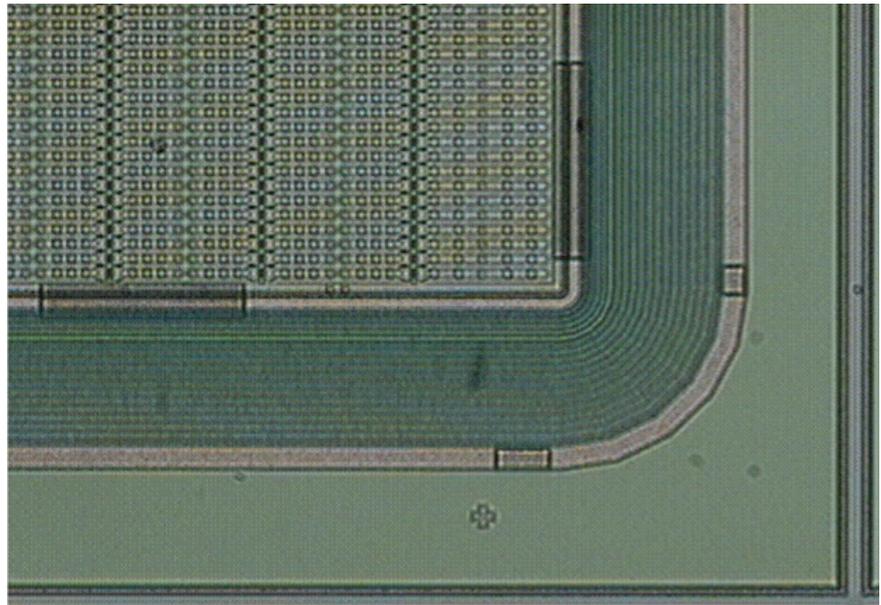
Après une période intermédiaire de quelques années caractérisée par une luminosité de $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (haute luminosité), il est prévu d'augmenter encore la luminosité du LHC par un

facteur 5 (phase SLHC, $5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Cette augmentation permettra à l'accélérateur de conserver un potentiel de découverte important (qui varie approximativement comme la racine carrée de la luminosité intégrée), associé à la capacité d'étude à haute statistique des éventuels phénomènes de physique nouvelle découverts auparavant.

La très haute luminosité atteinte ainsi à l'horizon 2018 impose de prévoir des modifications substantielles sur l'ensemble des sous-détecteurs constituant ATLAS. Les modifications le seront d'autant plus que le sous-détecteur concerné est proche du point d'interaction. Elles seront particulièrement importantes sur le détecteur interne, destiné au suivi des traces chargées. L'importante multiplicité des traces et le flux très élevé de rayonnements ionisants imposent une nouvelle

Figure 1

Photographie prise au microscope d'un capteur silicium n-in-p pour le détecteur de vertex de seconde génération d'ATLAS. Les pixels, les anneaux de garde et les pads de tests sont visibles sur la photographie.



conception du système de suivi des traces chargées. Les détecteurs silicium, qui constituent une des options les plus probables pour la construction de l'upgrade d'ATLAS, devront résister à une dose de plus de 40 Mrad sans dégradation de leurs caractéristiques. Ainsi, ils ne devront pas présenter d'augmentation excessive de leur courant de fuite, qui conduirait à un niveau de bruit inacceptable. Le niveau de radiation va nécessairement entraîner d'importantes modifications de la structure du substrat de silicium : augmentation de la tension inverse, évolution du point de fonctionnement des détecteurs et perte d'efficacité de collection de charge ; il faut que les détecteurs soient cependant capables de fonctionner avec une efficacité de détection acceptable sous ces conditions.

Pour les senseurs, de nouvelles technologies, comme les pixels n sur des substrats de type p (n-in-p), ont commencé à être étudiées et le LPNHE est fortement impliqué dans cette recherche. L'avantage du substrat de type p est d'éviter l'inversion de type causée par l'irradiation permettant une résistance aux radiations plus importante. De plus, le procédé de

fabrication sur une seule face le rend moins onéreux. Cependant, cette technologie n-in-p est moins standard et nécessite donc des développements technologiques pour la production. Une importante campagne de simulation a été menée au LPNHE, basée essentiellement sur le logiciel Silvaco™, les paramètres technologiques du procédé ayant été obtenus par les mesures SIMS (Secondary Ion Mass Spectroscopy). La simulation a ainsi permis d'optimiser le design du senseur, étape nécessaire du fait de l'absence de production antérieure de pixels n-in-p. Basées sur les résultats de la simulation, trois productions différentes de senseur n-in-p ont été lancées, deux avec CiS en Allemagne, une avec FBK en Italie. Les capteurs de la première production ont d'ores et déjà été caractérisés en salle propre et les propriétés électriques mesurées et comparées à la simulation. Les capteurs ont également été irradiés avec des protons et des neutrons sous une fluence équivalente à 10^{16} neutrons par cm^2 pour estimer l'efficacité de collection des charges après irradiation. Certains capteurs ont été connectés à une puce de lecture et testés en faisceau au

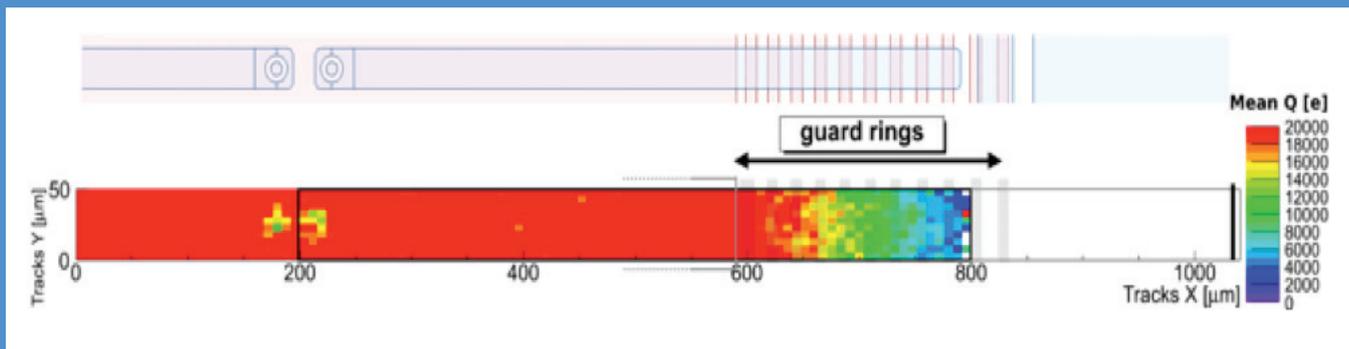


Figure 2

Efficacité de la collection de charge [CCE] d'un capteur silicium n-in-n qui sera utilisé pour la couche interne IBL du détecteur ATLAS. Cette figure montre la charge collectée en fonction de la position dans le dernier pixel d'une rangée. L'effet positif de décaler le dernier pixel au niveau des anneaux de garde apparaît clairement, permettant une efficacité significative dans une région normalement inactive.

CERN et à DESY. De surcroît, la production de FBK présente un concept original appelé « bords actifs » dont le dessin spécifique a été développé au LPNHE. Ce concept permet la réduction de la zone morte des anneaux de garde au bord des capteurs en la remplaçant par une rainure profonde remplie de silicium dopé p, bloquant ainsi le courant de surface. La surface active est par conséquent étendue à la plupart de la zone géométrique du capteur.

Il importe par ailleurs de réduire l'épaisseur du détecteur, afin de minimiser autant que possible la quantité de matière vue par les particules détectées. Dans ce cadre, un projet de développement de détecteurs amincis est en cours et des senseurs prototypes avec un dessin modifié ont été produits. Une des productions de CiS, dans laquelle le LPNHE est partie prenante, se caractérise par des senseurs d'épaisseurs réduites à 75 μm .

En parallèle, dans le cadre de la R&D sur les capteurs, l'électronique de lecture doit être elle aussi reconçue afin de prendre en compte l'accroissement du niveau de radiation, la segmentation plus fine du détecteur, et la vitesse de

lecture plus élevée. Ceci conduit à une électronique de lecture nettement plus complexe que les systèmes réalisés par le passé. Elle tire avantage des procédés de fabrication profondément submicronique, ainsi que des technologies d'intégration verticale, en développement actuellement par les industriels. Le développement de l'électronique 3D devrait permettre des développements dans le domaine de l'intégration à très grande échelle, notamment une plus grande densité dans le dessin et une meilleure organisation de la circuiterie. Plusieurs problèmes pratiques peuvent ainsi être résolus directement grâce à la séparation des blocs, par exemple en séparant sur des substrats différents les parties analogiques et numériques pour minimiser le bruit et la diaphonie. L'étape suivante du procédé permettra une meilleure tenue aux radiations et une plus faible consommation électrique. Depuis plusieurs années, le LPNHE poursuit des développements, en partenariat avec d'autres laboratoires, afin de développer aussi bien des détecteurs CMOS submicroniques pour des applications en physique des hautes

énergies, qu'un circuit de lecture en 3D, avec intégration verticale (projet OmegaPix). Les circuits développés dans ce cadre (OmegaPix et OmegaPix2, avec la partie analogique MemDyn) seront utilisés à l'avenir comme système de lecture pour les prototypes de détecteurs pixels.

L'augmentation de la complexité de l'électronique, de la vitesse de lecture et du nombre de canaux entraîne une forte augmentation de la puissance dissipée. En conséquence, toute l'infrastructure associée au détecteur doit être repensée. Le réseau de distribution électrique au sein du détecteur doit délivrer plus de puissance, tout en maintenant contrôlant la puissance dissipée et en évitant un accroissement inconsidéré de la quantité de matière nécessaire pour distribuer et évacuer cette puissance.

L'augmentation de la puissance dissipée impose de réaliser rapidement des progrès sur le système de refroidissement, afin de parvenir à évacuer le surplus de chaleur. De nouveaux matériaux aux propriétés exceptionnelles de conduction thermique sont en test. De nouvelles technologies de micro-usinage ou de micro-

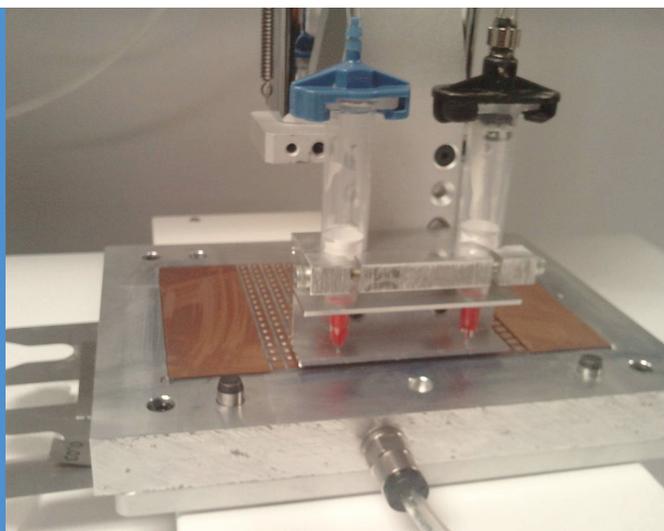


Figure 3

Système de dépose de colle à 2 buses pour les détecteurs du projet ILD/CALICE.

perçage des échelles supportant les détecteurs sont d'ores et déjà en cours d'étude et d'évaluation. Les différents équipements et instruments de la salle propre permettent de caractériser les capteurs et les structures de tests. Un banc de test (hors salle propre) équipé d'un laser 1060 nm et adaptable pour une source radioactive montée sur une platine X-Y permet de tester les modules assemblés. Un banc de tests thermiques a également été mis au point pour évaluer les propriétés de nouveaux matériaux comme des composites carbone-carbone, des mousses, des microstructures, permettant de les tester sur une maquette simulant la partie interne du trajectographe d'ATLAS. Ce travail de R&D s'inscrit dans le cadre d'une collaboration internationale, dont le centre de gravité est le CERN incluant plusieurs institutions et laboratoires (CERN, CPPM, LAL, LAPP, LBNL, LPNHE, ...) qui ont participé à la construction du détecteur ATLAS. Ils s'impliquent également dans l'étude des améliorations qui doivent lui être apportées dans le cadre de l'augmentation de luminosité du LHC. Plusieurs collaborations internationales existent à l'heure

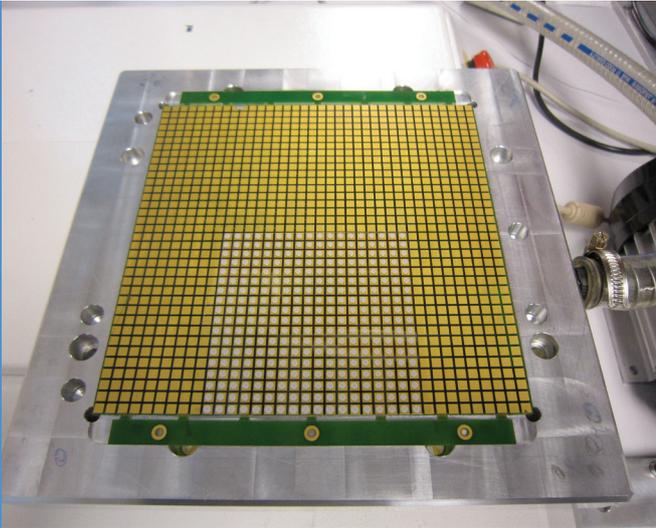
actuelle pour étudier les divers aspects des améliorations à apporter au détecteur de traces chargées d'ATLAS, et le LPNHE est actif dans plusieurs d'entre elles. Le groupe de travail dont le but est d'améliorer la technologie des pixels planaires pour l'adapter au cahier des charges d'ATLAS a été validé par la collaboration ATLAS en tant que projet officiel et reconnu pour sa capacité à déboucher sur une solution viable. Ce projet regroupe au total 15 équipes en Allemagne, Italie, Japon, USA, Espagne, République Tchèque et en France (LPNHE et LAL). Le LPNHE est également présent dans le groupe de travail sur les aspects thermiques et mécaniques du détecteur, qui regroupe des institutions aux USA, en Hollande, en Allemagne, en Italie, et en France (CPPM, LAPP, LPNHE). Ces collaborations profitent largement des accords de coopération internationaux existant entre le LPNHE, SLAC et LBNL. Pour ce qui est des activités de recherche et développement en électronique 3D, le LPNHE a rejoint la collaboration coordonnée par Fermilab (Chicago, USA), ce qui permet de prendre part à des soumissions de circuits en multi-projet, étape très importante dans le développement de circuits électroniques 3D, étant

donné le coût de la production. Il faut également mentionner l'approbation récente du projet européen AIDA dans le cadre du FP7, pour le développement de systèmes électroniques et de détecteurs en physique des hautes énergies. Le LPNHE a une place importante dans ce projet.

ILD-Calice à ILC

Le futur accélérateur linéaire ILC (International Linear Collider) ainsi que les détecteurs qui y seront installés sont en phase de recherche et développement. En février 2010, la collaboration ILD (International Large Detector) a produit une lettre d'intention décrivant les différentes technologies envisagées ainsi que les performances escomptées des sous détecteurs. Fin 2011, le Japon a proposé de construire l'accélérateur et a identifié deux sites potentiels pour l'accueillir. La recherche d'un consensus international pour financer le projet est en cours.

Le LPNHE participe aux travaux de recherche et développement dans le cadre de la collaboration Calice (Calorimeter for the Linear Collider with electrons) qui a en charge la



Dépôt de colle sur un prototype de carte électronique pour ILD/CALICE

calorimétrie. Plus spécifiquement, le groupe du laboratoire étudie une participation au calorimètre électromagnétique silicium tungstène destiné notamment au détecteur ILD. Ce détecteur, à haute granularité, est optimisé pour permettre la mesure des flots de particules avec plusieurs jets dans l'état final, avec une énergie dans le centre de masse allant de 90 GeV à 1 TeV. Ce calorimètre à échantillonnage comporte 30 couches pour une profondeur de 23 longueurs de radiation et une granularité transverse de $5 \times 5 \text{ mm}^2$. Le nombre total de voies de lecture devrait atteindre 108.

Les contributions du laboratoire sont centrées sur la partie active du détecteur et concernent les capteurs silicium placés de chaque côté des absorbeurs en tungstène. Ces capteurs silicium de type N, hautement résistif, de l'ordre de $5 \text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$, sont réalisés suivant un procédé simple face. Le laboratoire a en charge, d'une part, l'étude du procédé de collage des capteurs silicium sur les circuits imprimés, et, d'autre part, la caractérisation électrique de chaque capteur. Le LPNHE contribue également aux relations avec les industriels (par exemple la société Hamamatsu) susceptibles de fournir les détecteurs silicium.

Dans ce cadre, le programme de R&D sur le collage revêt deux aspects. D'une part, une activité sur le choix du type de colle conductrice est menée associée à la définition de la procédure (quantité de colle, temps et température de polymérisation, mesure de résistance mécanique, mesure de résistivité, contrôle de l'absence de court-circuit, uniformité du collage du point de vue mécanique et électrique). D'autre part, une étude est en cours sur l'automatisation du processus de collage de la totalité prévue des capteurs, soit l'équivalent d'une surface de $2\,500 \text{ m}^2$. Pour cela, le groupe met au point un scénario associant le système automatique de dépôt de colle actuellement au laboratoire, à un robot cartésien en cours d'acquisition. Ce dernier permettra la manipulation et l'alignement des différentes pièces au cours du collage.

Par ailleurs, l'activité de R&D sur le silicium consiste à caractériser les détecteurs avant collage, en mesurant les courants de fuites, les capacités et les tensions de déplétion. La caractérisation des anneaux de garde requiert une attention particulière, notamment les capacités de couplage, afin d'optimiser le design des détecteurs.

L'ensemble des activités en cours s'inscrit dans un programme de R&D plus large mené au laboratoire sur les capteurs silicium : synergie

avec le groupe superLHC, utilisation des salles propres ISO7 à 8, et des équipements spécifiques comme la machine à pointes, contribuant ainsi à renforcer l'expertise sur ce type de détecteur.



ACCES RESERVE AU
PERSONNEL AUTORISE
ACCESS RESERVED FOR
AUTHORISED PERSONS

Accès interdit
No access



Beam Pipe under Vacuum and without Protection !!

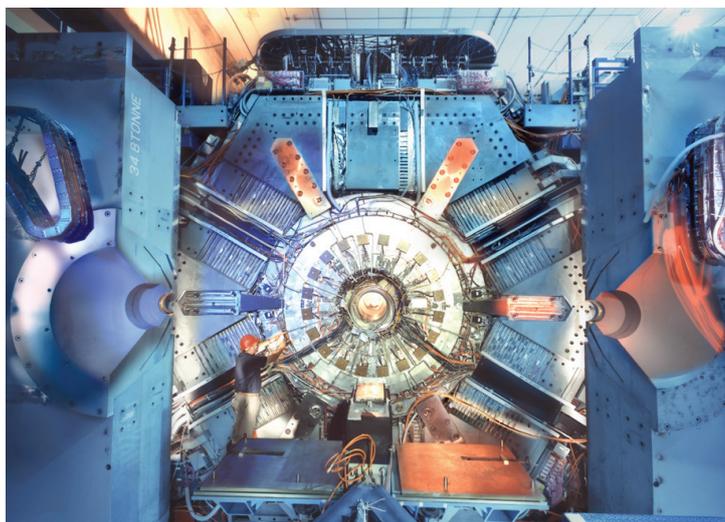
Accès interdit
No access



Beam Pipe without Protection and/or under Vacuum !!

ASYMÉTRIE MATIÈRE-ANTIMATIÈRE

L'étude précise des propriétés des particules dites « belles » et des neutrinos offre des perspectives pour observer des phénomènes très rares et rechercher des déviations par rapport aux prédictions du modèle standard. Certaines études dans ce domaine cherchent à comprendre le déficit d'antimatière dans l'univers à partir de l'infime différence de comportement entre les particules et les antiparticules, et par l'étude des oscillations de neutrinos.



Crédit : SLAC National Accelerator Laboratory



L'expérience BABAR dispose de son échantillon final de données, et met l'accent sur la recherche de la nouvelle physique. Les analyses entreprises au LPNHE continuent à fournir des résultats sur l'ensemble des données. Elles étudient essentiellement la violation de CP dans les désintégrations des mésons B, radiatives ou non, vers des états finals sans particules charmées. Le futur projet SuperB est une usine à saveurs lourdes de deuxième génération. Avec une luminosité environ 100 fois plus élevée que celle de BABAR, elle pourra permettre d'accroître significativement la sensibilité à la nouvelle physique.

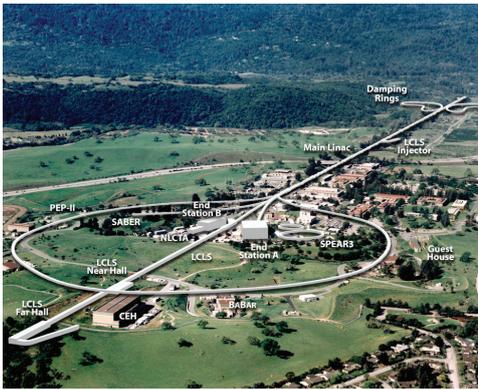
Chercheurs et doctorants

BABAR : S. Akar, E. Ben-Haïm, M. Bomben, G. Bonneaud, G. Calderini, J. Chauveau, O. Hamon, Ph. Leruste, G. Marchiori, J. Ocariz, S. Sitt

SuperB : E. Ben-Haïm, S. Sitt.

Équipe Technique

M. Dhellot, Y. Guo, H. Lebbolo



Crédit : SLAC National Accelerator Laboratory

BABAR ET LE PROJET SUPERB

Deux générations d'usines à saveurs lourdes

Les usines à mésons B de première génération, BABAR auprès du collisionneur PEP-II au SLAC National Accelerator Laboratory et Belle, sur l'anneau KEK-B au Japon, sont arrivées au terme de leur période d'exploitation. L'expérience BABAR a terminé sa prise de données en avril 2008, et Belle en juin 2010. Du côté de PEP-II et de BABAR, la luminosité maximale atteinte avec le détecteur en fonctionnement fut de $1,2 \cdot 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. La luminosité intégrée totale depuis le début de

l'expérience en 1999 jusqu'à la fin de la prise de données est de 524 fb^{-1} . La plus grande partie des données a été prise sur la résonance $\Upsilon(4S)$ (426 fb^{-1} , soit environ 468 millions de paires de mésons B). D'autres échantillons ont été pris sur les résonances $\Upsilon(2S)$ et $\Upsilon(3S)$ (14.5 fb^{-1} et 30.2 fb^{-1}). Ces dernières ont permis la découverte du méson η_b et ont aussi été exploitées pour rechercher un boson de Higgs léger et des désintégrations violant les nombres leptoniques. Après l'arrêt de la prise de données, la collaboration BABAR a poursuivi, avec l'ensemble des données, des études de précision dans les secteurs des quarks b et c et du lepton tau. Le LPNHE participe à l'expérience BABAR avec trois autres laboratoires de l'IN2P3 et un du CEA. Il est membre de la collaboration depuis sa conception, en 1994, et maintient toujours son implication. Une thèse a

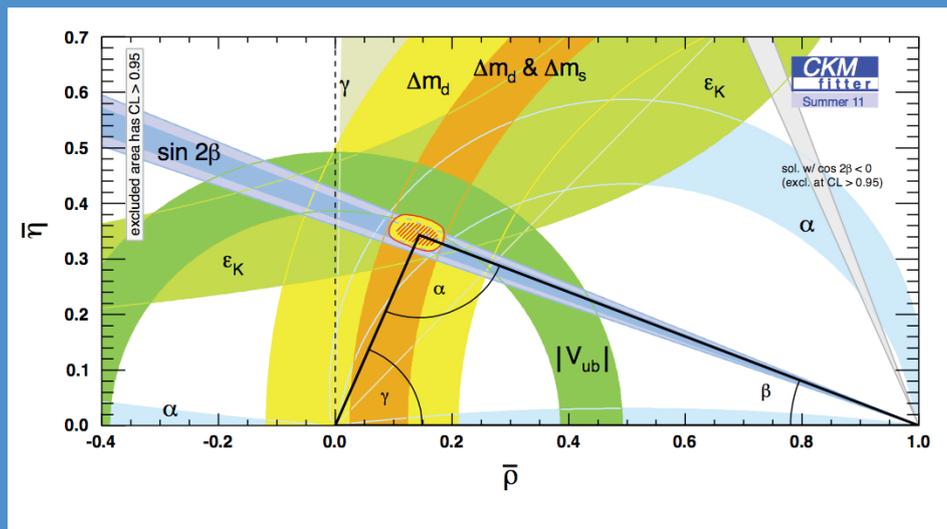


Figure 1

Diagramme (ρ, η) avec les lieux géométriques du sommet du triangle d'unitarité contraints par les diverses mesures disponibles lors de la conférence Lepton-Photon en août 2011 à Mumbai en Inde. Cette figure est l'œuvre du groupe CKMfitter. Toutes les mesures sont compatibles à 95 % de confiance avec la zone représentée en jaune, qui se réduit comme une peau de chagrin d'année en année à mesure que la statistique s'accroît.

été soutenue en 2010 sur le canal de désintégration $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$ et une HDR en 2011. Une autre thèse est en cours, qui porte sur la désintégration radiative $B^0 \rightarrow K_S^0 \rho^0 \gamma$. De plus, deux membres du groupe s'occupent de la production d'événements simulés et de la gestion de « Skim » au CCIN2P3. Le groupe est bien représenté dans les instances de la collaboration ; en plus de la coordination du « Speakers bureau » et d'un représentant dans l'« Executive board », deux de ses membres assurent la coresponsabilité de deux groupes de travail d'analyse (« Analysis Working Group ») de BABAR : celui des états finals sans charme et celui en charge de désintégrations des mésons B exclusives avec un méson charmé dans l'état final. Le groupe est aussi impliqué dans la rédaction du livre « Physics of the B Factories » qui résume la physique et les résultats des expériences BABAR et Belle. Après que le paradigme de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM), reconnu par l'attribution du prix Nobel 2008 à Kobayashi et Maskawa, a été établi notamment grâce à leurs mesures, les usines à mésons B, le TeVatron,

et désormais LHCb, concentrent leurs recherches sur l'exploration de la marge d'incertitude affectant la validation du modèle standard (MS). Le diagramme de la figure 1 résume l'ensemble des contraintes sur les éléments de la matrice CKM tels qu'elles ont été présentées à la conférence Lepton-Photon de Mumbai (Inde) en 2011. La nouvelle physique au-delà du modèle standard ne peut désormais apparaître dans les désintégrations des mésons B que par des effets correctifs. Les analyses de physique entreprises par le groupe BABAR et une partie de celles proposées pour le futur projet SuperB sont sensibles à tels phénomènes. **Activité d'analyse dans BABAR** Au cours des dernières années, le groupe a été impliqué dans plusieurs analyses en amplitude de désintégrations de mésons B en trois corps sans particule charmée. Le travail le plus récent a porté sur le canal $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$. D'un point de vue expérimental, le rapport signal sur bruit dans l'analyse de cette désintégration est favorable. D'un point de vue théorique, elle est régie par une pure transition

$b \rightarrow sss$ de type « pingouin gluonique », où des phénomènes de « nouvelle physique » pourraient être à l'œuvre. Tels phénomènes sont sondés par la comparaison des mesures de $\sin 2\beta$ (où β est un angle du triangle d'unitarité) obtenues dans les analyses dépendantes du temps, d'une part des processus $b \rightarrow ccs$ (diagrammes en arbre, comme le canal $B \rightarrow J/\psi K_S^0$) et d'autre part $b \rightarrow sss$, comme le mode étudié. La figure 2 montre les contraintes résultantes de l'analyse dépendante du temps de la désintégration $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$ dans le plan des asymétries de CP (où le paramètre en abscisse est $S = -\sin 2\beta$). Elle illustre le fait que ce travail a permis, pour la première fois, d'obtenir une évidence de violation de CP dans ce mode à un niveau de 3,8 déviations standard, qui est compatible avec la prédiction du MS. En plus de l'analyse dépendante du temps, pour la première fois, le contenu de l'état final en termes de résonances intermédiaires a pu être élucidé par une analyse en amplitude. Celle-ci fournit une information précieuse, car seules des résonances de parité positive et de spin pair donnent une contribution, du fait que l'état final

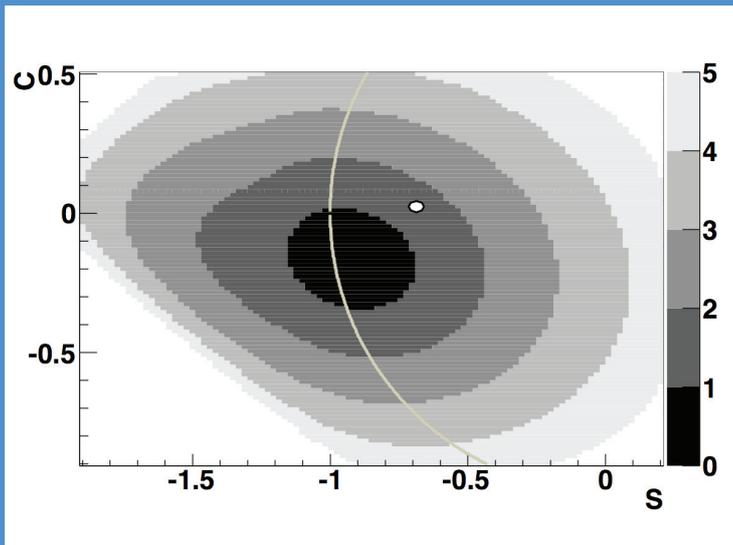


Figure 2

Les contraintes sur les paramètres de violation de CP, obtenues dans l'analyse dépendante du temps de la désintégration $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$. En ordonnées, le paramètre C qui donne l'asymétrie CP directe. En abscisse, le paramètre S, qui est essentiellement $\sin 2\beta$ (β est l'angle du triangle d'unitarité). Les régions grises, du plus foncées aux plus claires, représentent les contours de 1 à 5 déviations standard. La courbe grise représente la limite physique $S^2 + C^2 = 1$. Le point blanc représente les valeurs obtenues dans les canaux où les mésons B neutres se désintègrent en un méson charmonium et un kaon neutre via un diagramme en arbre. Ce point fournit la prédiction du modèle standard ; il est compatible avec notre résultat. Le point 0, qui correspond à la non-violation de CP, n'est pas compatible avec le résultat mesuré à un niveau de 3,8 déviations standard.

contient trois particules identiques. Finalement, avec d'autres désintégrations $B \rightarrow Khh$ (ou h est un pion ou un kaon), ce mode, permettrait de contraindre l'angle γ du triangle d'unitarité.

Une autre activité d'analyse entreprise au LPNHE porte sur les désintégrations $B^0 \rightarrow K_S^0 \rho^0 \gamma$, qui procèdent par un processus « pingouin radiatif » du type $b \rightarrow s\gamma$. Dans le cadre du MS, la polarisation du photon dans tel processus est bien déterminée. La contribution de phénomènes de nouvelle physique permettant un photon d'hélicité opposée affecterait certaines observables. Ici, il s'agit de sonder la polarisation du photon de l'état final par la mesure de l'asymétrie CP dépendante du temps. La physique de ce mode est étroitement liée à celle de l'étude des désintégrations $B^0 \rightarrow K^0 \mu^+ \mu^-$ (voir le chapitre sur l'expérience LHCb, où plus d'explications sont données.)

Une partie du travail des thèses de BABAR consiste en des travaux d'intérêt commun dans la collaboration. Dans ce cadre, le groupe a mené deux études : l'une sur le vieillissement du détecteur de

vertex, et l'autre sur l'efficacité de reconstruction des pions neutres.

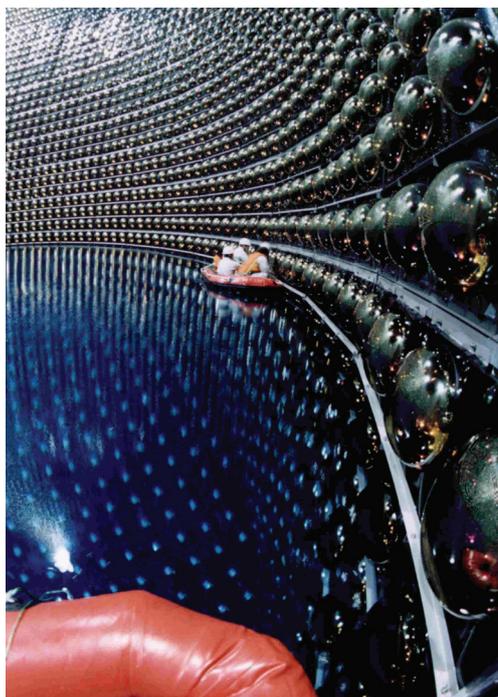
Finalement, un membre du groupe est impliqué dans les analyses de désintégrations du méson B en $D^{(*)}K^{(*)}$, et un autre membre du groupe fait partie de la collaboration CKMfitter.

Le projet SuperB

L'état de l'art de la physique du quark b montre généralement une cohérence avec le modèle standard et le paradigme CKM, à l'exception de quelques tensions à un niveau de 2-3 déviations standard. La quête de la nouvelle physique devient un réel défi, nécessitant une sensibilité à des minuscules différences entre les prédictions du MS et les mesures expérimentales. La future super usine à saveur SuperB contribuera aux mesures de précision dans la physique des saveurs lourdes avec une luminosité environ 100 fois plus élevée que celle de BABAR. Le début de la prise de données par cette expérience, qui sera bâtie à côté de Rome, est prévu à l'horizon 2017.

Le groupe du LPNHE est impliqué dans la R&D du système

d'identification des particules dans la partie centrale du détecteur SuperB (voir une description plus détaillée dans la partie correspondante de ce rapport.) Du côté de la physique, la perspective de l'analyse dépendante du temps des désintégrations $B^0 \rightarrow K_S^0 K_S^0 K_S^0$ avec SuperB a été étudiée. Vu que l'erreur théorique sur les paramètres de violation de CP dans ce mode est particulièrement petite, la comparaison avec une mesure expérimentale précise fournit un test puissant du MS. Dans le résultat actuel obtenu avec BABAR, l'erreur statistique est environ 10 fois plus grande que l'incertitude théorique. Notre étude montre qu'avec SuperB non seulement l'erreur statistique, mais aussi la systématique, pourraient diminuer considérablement, de manière à rendre l'erreur totale comparable à l'incertitude théorique, et à celle dans les modes $b \rightarrow ccs$.



L'expérience T2K, qui a démarré au Japon en 2010, recherche des oscillations de neutrinos à grande distance et plus particulièrement l'apparition de ν_e dans un faisceau de ν_μ .

Les données accumulées jusqu'au tremblement de terre du 11 mars 2011 ont permis d'observer une première indication de cette apparition de ν_μ et donc d'un angle de mélange θ_{13} non nul. La contribution du groupe à ce résultat très important, s'il est confirmé, vient d'une première analyse des données de NA61, dont l'intégration dans la simulation du faisceau de T2K a diminué significativement l'incertitude systématique globale de l'expérience. Le redémarrage de l'expérience en mars 2012 permet d'espérer une confirmation de la mesure de θ_{13} avant l'été 2012.

Chercheurs et doctorants

B. Andrieu, J. Dumarchez,
C. Giganti, J.-M. Lévy, B. Popov,
A. Robert, L. Zambelli

Équipe technique

O. Le Dortz, D. Terront,
A. Vallereau

L'EXPÉRIENCE T2K

Event number : 27404 | Run number : 8115 | Spill : 51004 | Time : Mon 2012-01-23 06:04:28 JST | Trigger: Beam Spill

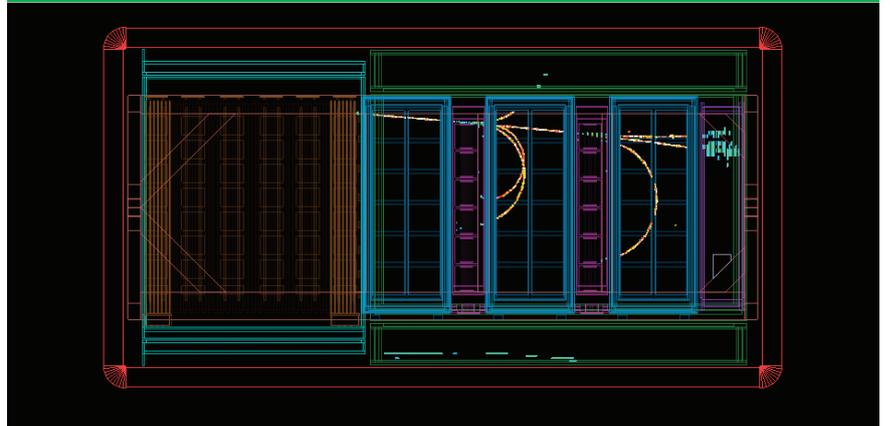


Figure 1

Redémarrage après le tremblement de terre : premier neutrino dans le détecteur proche.

L'expérience T2K est conçue comme une expérience de seconde génération pour la recherche d'oscillations de neutrinos : son objet principal est la mesure de l'angle de mélange θ_{13} dont seule une limite supérieure était connue (celle de CHOOZ) au lancement de l'expérience. Cet angle est la porte

d'accès à l'éventuelle observation d'une violation de CP dans le secteur leptonique qui pourrait faire le lien avec l'asymétrie matière-antimatière dans l'Univers, via la leptogénèse. L'observation de la violation de CP est en effet conditionnée à l'existence d'un angle θ_{13} « pas trop petit ». Il est donc important de tenter de mesurer θ_{13} avant de pouvoir accéder aux propriétés CP des neutrinos.

Un angle θ_{13} non nul doit manifester sa présence par l'observation d'une oscillation $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$ sous-dominante, superposée à l'oscillation $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ dominante : le principe de l'expérience consiste donc à rechercher l'apparition de ν_e entre deux détecteurs situés à une distance L dans un faisceau de ν_{μ} d'énergie E telle que le rapport L/E

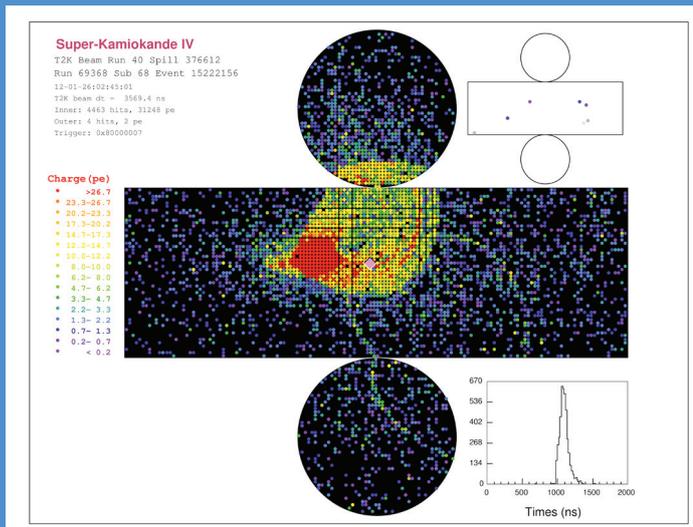


Figure 2

Redémarrage après le tremblement de terre : premier neutrino dans SuperKamiokande

maximise la probabilité d'oscillation $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$, et telle que cette énergie soit insuffisante pour permettre les interactions de ν_τ par courant chargé. Concrètement le faisceau de neutrinos est produit à JPARC, sur la côte est du Japon. Il traverse un détecteur proche (ND280) situé à 280 m de la cible des protons, puis 295 km plus loin le détecteur SuperKamiokande. Deux caractéristiques importantes rendent l'expérience originale : l'intensité du faisceau – de l'ordre du MW – et le fait que les détecteurs soient situés hors axe du faisceau – le spectre des neutrinos est alors piqué sur l'énergie qui maximise l'oscillation dominante.

Construite en 2008 et 2009, l'expérience T2K a démarré la prise de données dès 2010. L'intensité du faisceau de protons envoyé sur la cible de carbone de T2K a régulièrement augmenté pour atteindre 150 kw au moment du tremblement de terre. Les éléments de détecteur dont le groupe a la responsabilité ont bien fonctionné tout au long de la prise de données : l'électronique de back-end des TPC (chambres à projection temporelle), construite en

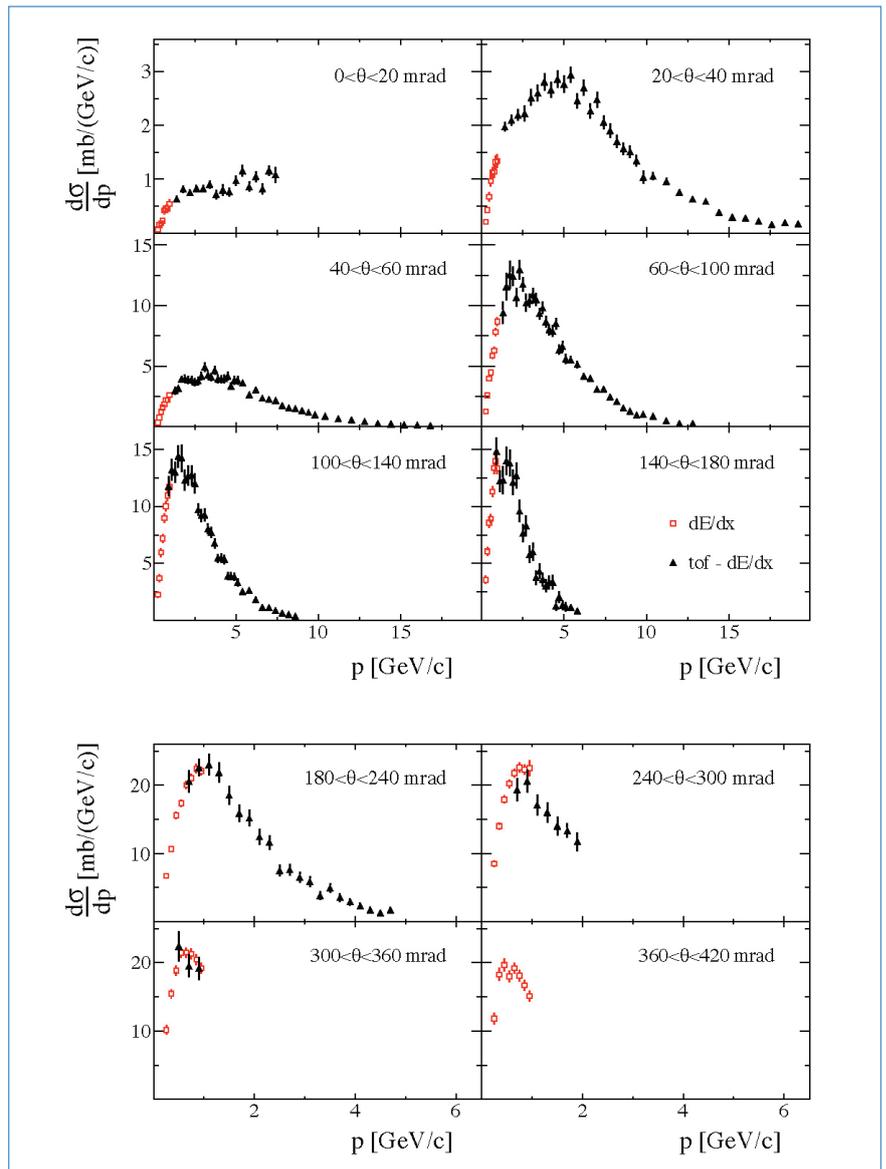
collaboration avec Saclay et Triumf, a bien absorbé le flux de données des 124 000 canaux électroniques ; l'alimentation électrique de l'aimant du détecteur proche a délivré un champ magnétique de 0.2T stable au pour mille. Après le tremblement de terre et quand la région a été de nouveau accessible, chaque partie de l'accélérateur et du détecteur a été inspectée et testée. Les TPC n'ont pas montré de faiblesse mécanique ou électrique et leur électronique de front-end et de back-end a bien redémarré. L'alimentation électrique de l'aimant ne semble pas non plus avoir souffert des contraintes mécaniques du tremblement de terre. Les tests visuels puis à bas courant ayant été concluants, l'aimant a pu être redémarré fin 2011 de façon satisfaisante. Au niveau de l'accélérateur, il a fallu procéder à un réalignement majeur et à des remplacements de connexions endommagées par les cisaillements ou l'inondation partielle du tunnel. Les premiers protons ont à nouveau circulé dans l'accélérateur en décembre 2011 et le faisceau de neutrinos testé à Noël. Des premières interactions neutrinos ont été observées à la fois dans le détecteur proche (figure 1) et dans

SuperKamiokande (figure 2). Un problème important est survenu alors, sans que le lien avec le tremblement de terre puisse être établi : l'alimentation électrique des cornes magnétiques (qui focalisent les pions et les kaons produits dans la cible) est tombée en panne, reportant à début mars 2012 le redémarrage effectif de l'expérience.

Malgré la faible statistique enregistrée en ce début d'expérience entre 2010 et 2011 – environ 2 % de la statistique attendue – la collaboration a conduit une première analyse d'oscillation, à la fois dans le canal d'apparition de ν_e et dans le canal de disparition de ν_τ . À ce stade pour l'apparition de ν_e seule une expérience de comptage est possible : la connaissance du faisceau, obtenue par la simulation et l'intégration des premiers résultats de l'expérience NA61, permet de prédire un flux de neutrinos attendu à SuperKamiokande, donc un nombre d'interactions de ν_e et de le comparer aux événements sélectionnés. Dans cette analyse, le groupe a surtout été impliqué dans l'obtention des mesures de NA61 utilisées pour le faisceau de T2K.

Figure 3

Sections efficaces différentielles de production de π^+ dans NA61



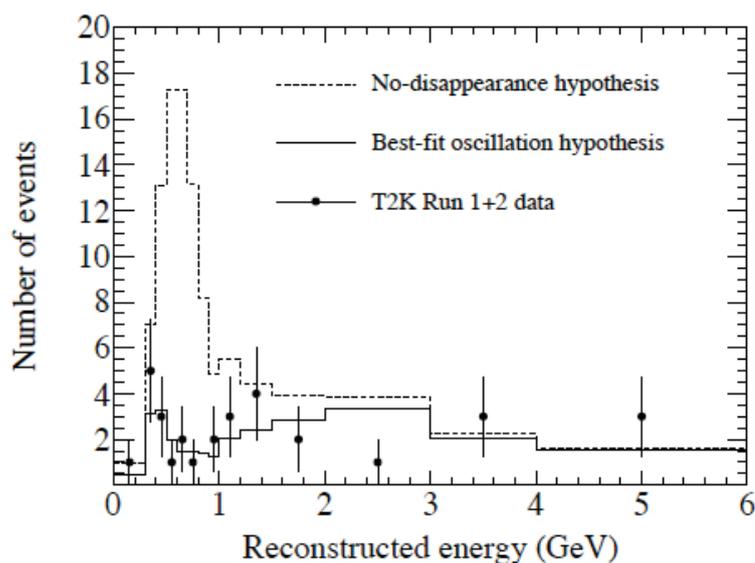
NA61 est une expérience de hadroproduction réalisée au CERN et dans laquelle une partie de la collaboration T2K est impliquée. Un faisceau de protons de mêmes caractéristiques qu'à JPARC, mais de plus faible intensité, est envoyé sur une cible de carbone : les hadrons produits sont analysés par un spectromètre de grande acceptance et de bonne capacité d'identification. Des données ont été prises avec une cible mince ($4 \lambda_c$) pour mesurer les sections efficaces des processus élémentaires, mais aussi avec une cible longue ($1.9 \lambda_c$), réplique de la cible de T2K, pour prendre en compte les effets de réinteraction

dans la cible. Le but des groupes de T2K dans cette expérience est de pouvoir ajuster la simulation du faisceau de neutrinos de JPARC, sur laquelle repose en partie l'analyse d'oscillation de neutrinos, sur les données de l'expérience NA61 et ainsi réduire les incertitudes systématiques et atteindre une précision de 5 % sur la prédiction absolue du flux de neutrinos.

Nous avons pu publier un premier article mesurant les sections efficaces de production de pions chargés par des protons de 31 GeV/c sur une cible de carbone avec les données prises en 2007. Les erreurs systématiques y sont de 5-10 %, plus

Figure 4

Observation de la disparition des ν_μ dans T2K.



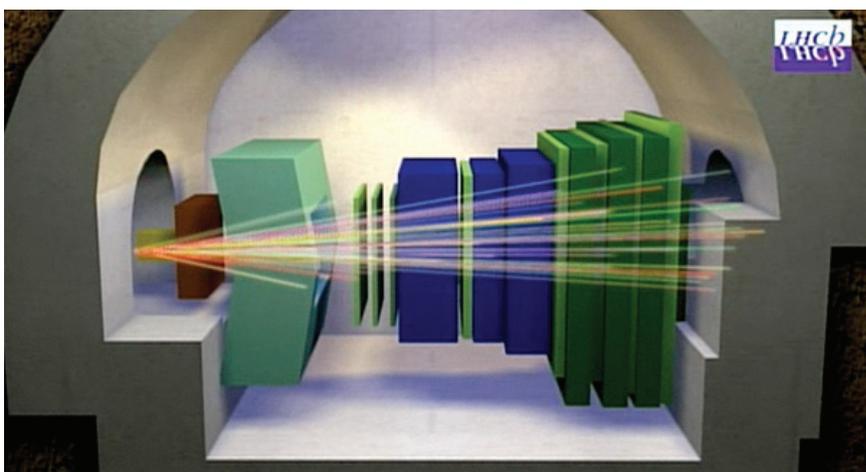
petites que les erreurs statistiques sur ce run pilote. Ces données, illustrées sur la figure 3, ont été utilisées pour améliorer la prédiction du flux de neutrinos utilisée dans la première analyse d'oscillation de T2K. Elles sont également utiles pour ajuster les modèles de production hadroniques utilisés dans les programmes génériques de simulation et de transport. Un deuxième article est accepté pour publication et concerne la production des kaons chargés, très importants pour évaluer la contamination initiale en ν_e du faisceau. Enfin, sachant qu'une fraction importante (jusqu'à 40 %) des neutrinos vient de désintégrations de particules produites dans des réinteractions à l'intérieur de la cible de T2K, un effort important est mis sur l'analyse des données prises sur la cible

longue dans NA61. Les résultats d'une pré-étude ont été présentés à la conférence NUFAC en août 2011, mais les résultats finaux viendront de l'analyse des données prises en 2010, dont la calibration et la reconstruction sont en cours.

La première analyse d'oscillation dans T2K a été menée sur l'ensemble des données collectées jusqu'au tremblement de terre (et qui correspondent à 1.43×10^{20} protons sur cible). Elle a permis d'annoncer dès juin 2011 une première indication d'un angle θ_{13} non nul : en effet le nombre d'interactions de ν_e attendu d'après la simulation de faisceau ajustée aux résultats de NA61 est de 1.5 ± 0.3 quand le nombre d'événements sélectionnés dans SuperKamiokande est de 6. La signification statistique de ce résultat a été confortée par les données de

2012 et devra encore être confirmée par les données à venir. Une autre analyse, de disparition de ν_τ , a également été publiée : elle confirme les résultats antérieurs de K2K et MINOS, mais c'est la première réalisée avec un faisceau hors axe. L'effet observé est remarquable comme on peut le voir sur la figure 4 et potentiellement – avec plus de statistique – elle permettra des mesures de précisions sur l'angle θ_{23} et le paramètre Δm_{23}^2 .

Le redémarrage de l'expérience T2K après le dramatique tremblement de terre de mars 2011 est une réalisation remarquable de l'ensemble de la collaboration mais surtout de nos collègues japonais et la première indication d'un angle θ_{13} non nul rend les perspectives très encourageantes pour les trois années à venir.



LHCb : PHYSIQUE DES SAVEURS LOURDES AU LHC



LHCb, l'une des quatre principales expériences du LHC, est dédiée aux études de physique des saveurs lourdes et, plus particulièrement, celle des quarks b et c.

Depuis le démarrage du LHC en 2010, le groupe LHCb du LPNHE s'implique davantage dans les activités d'analyse et de fonctionnement de l'expérience. Il a développé deux principaux sujets d'analyse : les désintégrations de mésons B en états finals sans particules charmées, et l'étude de la désintégration $B^0 \rightarrow K^* \mu^+ \mu^-$.

Chercheurs et doctorants

M. Benayoun, E. Ben-Haïm,
P. David, L. Del Buono,
A. Martens, F. Polci

LHCb : PHYSIQUE DES SAVEURS LOURDES AU LHC

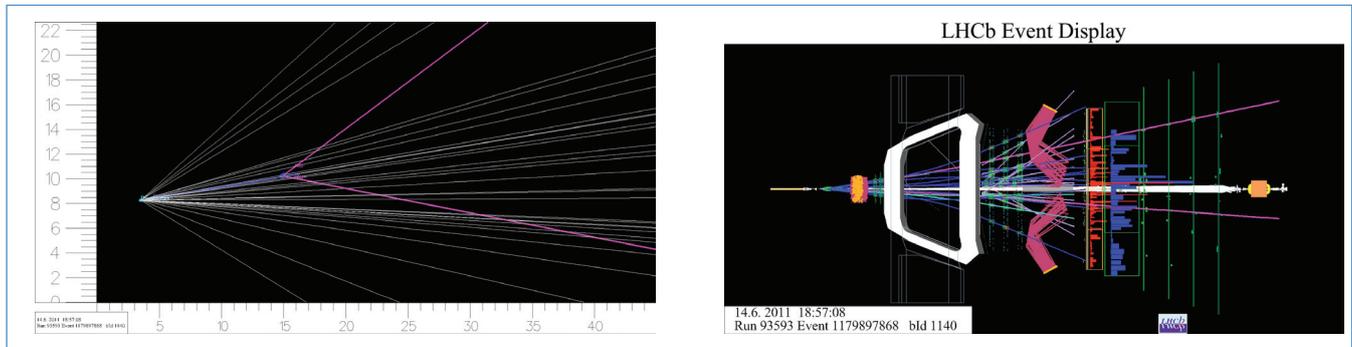


Figure 1

Vue d'un événement LHCb qui est compatible avec la désintégration rare $B_s \rightarrow \mu^+\mu^-$. Le point d'interaction se situe sur la gauche des deux images. Les deux muons, matérialisés en violet, traversent tout le détecteur. Sur l'image de gauche, on identifie de gauche à droite les différentes composantes du détecteur : le détecteur de vertex près du point d'interaction, le premier compteur RICH, l'aimant en blanc, et de ses deux côtés les stations du trajectographe représentées en lignes verticales vertes. En aval de ce dernier, se trouve le second compteur RICH (avec les traits magentas qui représentent les photons « Cherenkov »), suivi par le calorimètre électromagnétique (structure avec traits rouges), le calorimètre hadronique (traits bleus) et le détecteur de muons, représenté par plusieurs lignes verticales avec des points verts. L'image à droite est un agrandissement autour du point d'interaction proton-proton, duquel une grande quantité de traces émerge. Le méson B_s se désintègre à environ 1 cm du point de collision des protons.

L'expérience LHCb est destinée à l'étude de la violation de CP et de désintégrations rares dans les secteurs de la beauté et du charme. Il s'agit à présent de l'expérience qui joue le rôle principal dans ces domaines, après l'arrêt des usines à B, BABAR et Belle, et du TeVatron. Parmi les mesures clé de LHCb nous comptons l'angle γ du triangle d'unitarité, le rapport d'embranchement du mode rare $B_s \rightarrow \mu^+\mu^-$, la phase faible ϕ_s du mélange B_s - $B_{\bar{s}}$, l'asymétrie avant-arrière des désintégrations $B^0 \rightarrow K^0\mu^+\mu^-$, l'hélicité du photon dans les désintégrations radiatives $b \rightarrow s\gamma$ et la recherche de violation de CP dans le secteur du charme. Le programme de physique s'étend à l'étude de baryons beaux et charmés, à la physique électrofaible vers l'avant et à la recherche de

particules exotiques. Les analyses de physique des saveurs lourdes au LHC sont complexes dans cet environnement expérimental de haute énergie, où les particules de l'état initial ne sont pas élémentaires. Par contre, la grande section efficace de production de paires quark-antiquark, environ $500 \mu\text{b}$ pour le quark b (à comparer avec celle d'environ 1 nb aux usines à B), fournit un énorme échantillon de données. La conception de LHCb comme un spectromètre à bras unique situé vers l'avant est due au fait qu'au LHC les paires de hadrons beaux sont produites, d'une manière prédominante, dans un même cône à petit angle par rapport à l'axe du faisceau. Les différentes composantes du détecteur sont montrées sur la figure 1, dans une

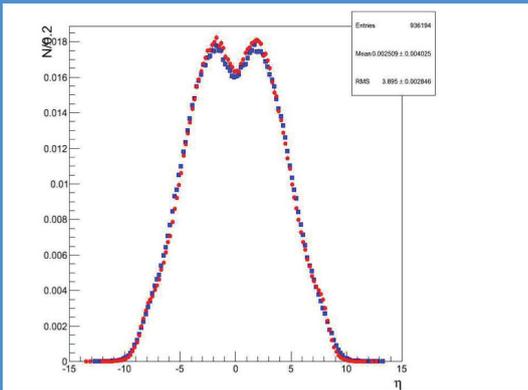


Figure 2

Comparaison d'événements générés avec « PYTHIA 6 » (rouge) et ceux générés avec « PYTHIA 8 » (bleu), faite dans le cadre de l'implémentation de ce dernier dans les outils de simulation de LHCb. La figure montre la rapidité des traces dans les événements dits « de biais minimal », qui ne sont pas biaisés par des conditions restrictives de déclenchement.

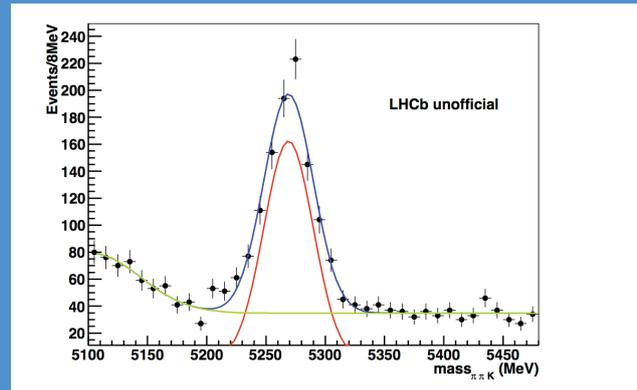


Figure 3

Spectre en masse invariante $K\pi\pi$ de candidats $B^+ \rightarrow K^+\pi^-\pi^+$. Les données sont montrées comme points avec barres d'erreurs. Le résultat de l'ajustement est représenté par une courbe noire, la composante signal (modélisé par une fonction « Cristal Ball ») est en rouge, et le bruit de fond en bleu. Le rapport bruit sur signal d'environ 0.5 est estimé dans une région à 3 écarts type (σ) autour du pic de signal.

vue d'un événement du canal rare $B_s \rightarrow \mu^+\mu^-$. Près du point d'interaction des faisceaux, un détecteur de vertex permet de reconstruire le point de désintégration du B avec une précision de l'ordre de 10 à 20 micromètres. Cette composante est essentielle pour l'étude de mésons B dont le temps de vie propre est de l'ordre de la picoseconde et la longueur de vol dans le détecteur est de l'ordre de quelques millimètres. Elle est suivie par un premier compteur RICH (Ring Imaging Cerenkov Counter), qui permet l'identification des particules d'impulsion inférieure à 40 GeV/c environ. Ensuite il y a un trajectographe qui comporte plusieurs composantes permettant ensemble une mesure précise de l'impulsion des particules chargées : un aimant dipolaire qui courbe les traces, en amont de ce dernier des chambres à micropistes de silicium, et en aval trois stations composées de micropistes de silicium (près de l'axe du faisceau) et de chambres à tubes (à l'extérieur). Après le système de « tracking », il y a un deuxième compteur RICH pour l'identification

des particules d'impulsion supérieure à environ 40 GeV/c, un système de calorimètres électromagnétiques et hadronique et un système d'identification des muons qui jouent à eux trois un rôle dans le déclenchement.

La prise de données par les expériences du LHC a commencé en mars 2010, avec une énergie de 7 TeV dans le référentiel du centre de masse. Après une première période qui a permis d'étalonner le détecteur LHCb et de mesurer les sections efficaces de production des quarks b et c, la prise de donnée a continué en 2011. Le détecteur fonctionne désormais à une luminosité de $3,5 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$, qui est constante en fonction du temps et qui correspond à une valeur supérieure par un facteur 1,75 à celle de conception. La luminosité intégrée enregistrée à la fin de l'année 2011 est d'environ $1,1 \text{ fb}^{-1}$. La prise de donnée se poursuit en 2012 avec une énergie de 8 TeV dans le référentiel du centre de masse et une luminosité d'environ $4 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$. La luminosité intégrée totale (depuis le début de la

prise de donnée) attendue à la fin de l'année 2012 est supérieure à 2 fb^{-1} .

Fonctionnement de l'expérience

Le groupe participe à deux aspects du fonctionnement de l'expérience LHCb : premièrement, le calorimètre électromagnétique et le système de déclenchement associé (L0), et deuxièmement la simulation d'événements « Monte Carlo ». Dans le premier volet, il effectue le suivi d'une des techniques d'étalonnage du calorimètre, et mène une étude sur l'efficacité du L0 pour les photons et les électrons. Dans le deuxième volet, il assure la responsabilité de la production d'événements Monte Carlo au sein du groupe de travail « Charmless B Decays », et indépendamment, il effectue l'intégration du générateur d'événements « PYTHIA 8 » dans les outils de simulation de LHCb. L'une des premières étapes de ce travail consiste à comprendre les paramètres du nouveau générateur pour la physique de LHCb par la comparaison de

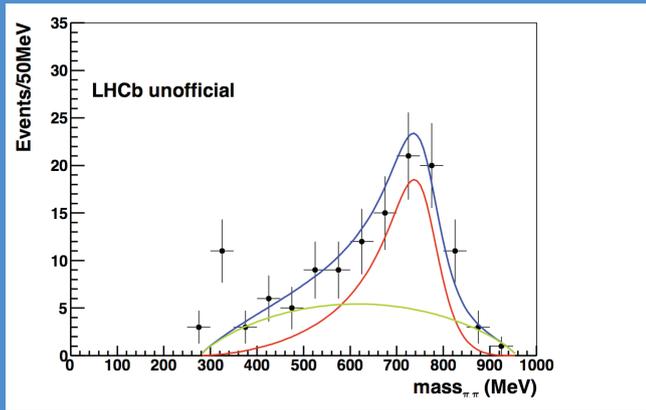


Figure 4

Spectres en masse dipion pour des désintégrations de mésons B^- (haut) et B^+ (en bas) en $K\eta'$, avec $\eta' \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma$. Les données sont représentées par des points noirs avec des barres d'erreur. Le résultat de l'ajustement est montré en bleu, la composante bruit de fond en vert, et la composante signal en rouge. Le signal est modélisé par une somme d'une « Breit-Wigner » et d'une composante plate (espace de phase du η').

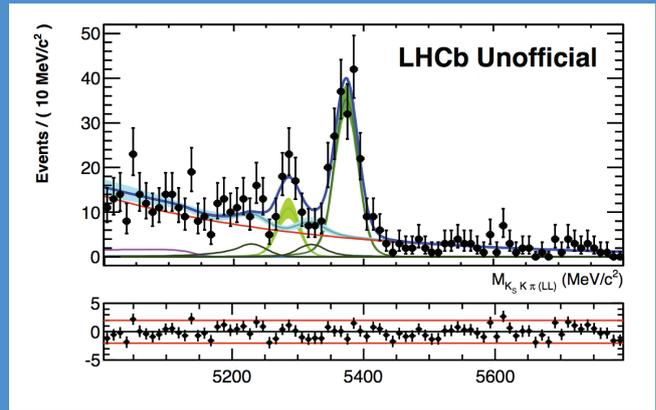


Figure 5

Spectre en masse invariant de $K_S^0 K \pi$. La composante signal avec $B_{d,s}$ est représentée en vert clair, et celle avec B_s , à droite de la précédente, en vert foncé. Les données sont représentées par les points avec barres d'erreur, et le résultat de l'ajustement correspond à la courbe bleue. Les autres courbes correspondent à différentes catégories de bruit de fond. En bas de chaque figure, les résidus entre les points de données et le résultat du fit sont montrés.

différents observables avec une version précédente de PYTHIA. Un exemple d'une telle comparaison est montré dans la figure 2.

Analyse de physique

Les analyses de physique effectuées dans le groupe portent sur deux axes : les désintégrations du méson B en états finals sans particules charmées, et l'étude de la désintégration $B^0 \rightarrow K^0 \mu^+ \mu^-$.

Une étude est menée sur la violation de CP directe dépendant de l'angle γ du triangle d'unitarité. Celle-ci produit une asymétrie dans les désintégrations $B^+ \rightarrow K^+ \pi^+ \pi^-$.

Une partie de la statistique collectée en 2011 permet de confirmer les critères de sélection précédemment étudiés. Cette sélection contient 1 053 événements de signal, avec un rapport bruit sur signal d'environ 0,5 (voir figure 3).

Le nombre d'événements qui seront disponibles après la prise de données en 2012 devrait être proche de celui obtenu par les usines à B, ce qui permettrait d'effectuer une mesure de qualité comparable.

Les désintégrations $B^+ \rightarrow K^+ \eta'$ où $\eta' \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$, constituent un bruit de fond au processus précédent. D'autre part, il existe aussi une asymétrie CP entre les deux états de charge.

Le photon produit dans ces désintégrations possède une énergie très faible et une impulsion transverse inférieure à 1 GeV. De tels photons se superposent dans les cellules du calorimètre aux très nombreux autres photons de l'événement (essentiellement produits par la désintégration de π^0). Aussi l'énergie du photon mesurée par le calorimètre est-elle moins fiable que sa direction. Une méthode de correction spécifique a été développée. Un indicateur privilégié des désintégrations $B^+ \rightarrow K^+ \eta'$ est le spectre $\pi^+ \pi^-$ du η' qui doit ne comporter qu'un signal de ρ^0 , déformé de façon déterminée par l'espace de phase de désintégration du η' et par l'anomalie de boîte de QCD. Dans ces conditions les nombres de B^+ et de B^- sont obtenus en décomptant les ρ^0 dans les spectres di-pions associés. La

méthode a été testée sur les données de 2010 et une partie importante des données 2011. Elle donne les résultats illustrés par la figure 4, correspondant à environ 140 B^+ et un rapport bruit sur signal de l'ordre de 0.6. Le doublement de la statistique prévu en 2012 devrait permettre à LHCb de déterminer l'asymétrie CP dans ce canal.

Une autre analyse d'un état final hadronique sans particules charmées à laquelle le groupe participe est celle des modes $B_{d,s}^0 \rightarrow K_S^0 h^+ h^-$, où h représente un kaon ou un pion. À terme, une analyse en amplitude dans le plan de Dalitz est prévue pour ces modes. Elle sera d'abord intégrée sur le temps, et fournira une contrainte non-triviale sur l'angle γ du triangle d'unitarité. À plus long terme, avec une analyse en amplitude et dépendante du temps, les modes de désintégration du méson B_s pourraient aussi donner de l'information sur la phase faible ϕ_s du mélange $B_s - \bar{B}_s$, d'une manière similaire à l'angle β du triangle d'unitarité avec les modes de

¹ La conjugaison de charge est implicite tout le long du texte.

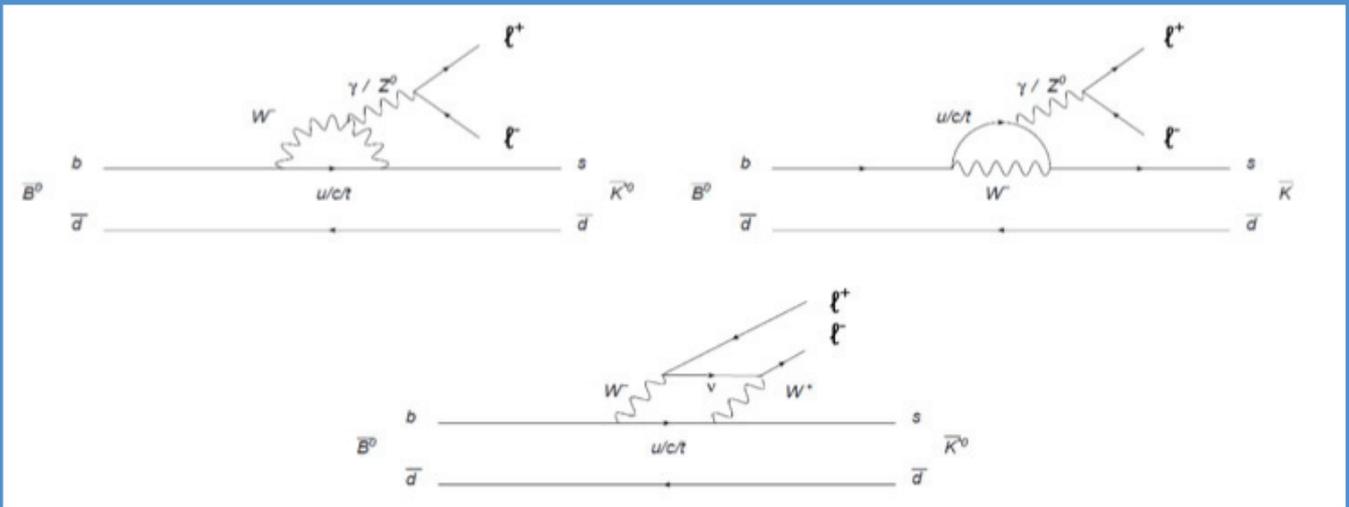


Figure 6

Les diagrammes « pingouin électrofaible » (haut) et « en boîte » (bas) sont les seuls processus du modèle standard par lesquels procède la désintégration $B^0 \rightarrow K^0 \mu^+ \mu^-$. Des particules virtuelles de nouvelle physique peuvent contribuer et modifier certaines observables. Ceci rend ce canal particulièrement sensible à de la physique au delà du modèle standard.

désintégration du B_d . Avant de passer à ces analyses compliquées, nous effectuons à présent les mesures des rapports d'embranchement. Les modes de désintégration du B_s , à savoir $B_s \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^-$, $B_s \rightarrow K_S^0 K^+ K^-$ et $B_s \rightarrow K_S^0 K^+ K^-$, n'ont jamais été observés. Comme la mesure est faite simultanément pour le B_s et le B_d se désintégrant dans un état final donné, nos mesures seront confrontées avec les résultats bien établis des usines à B dans les modes $B_d \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^-$ et $B_d \rightarrow K_S^0 K^+ K^-$ et avec l'observation de la désintégration $B_d \rightarrow K_S^0 K^+ \pi^-$ par l'expérience BABAR. Le spectre en masse invariante $K_S^0 K^+ \pi^-$ est montré dans la figure 5.

L'étude du canal de désintégration $B^0 \rightarrow K^0 \mu^+ \mu^-$ est l'un des sujets phare de l'expérience LHCb. Ce sont des processus dites « FCNC » (courant neutre changeant la saveur), qui sont supprimés dans le modèle standard car dans ce dernier ils procèdent uniquement par les diagrammes « pingouin électrofaible » ou « en boîte » (voir figure 6). Des

nouvelles particules, pas encore découvertes à l'heure actuelle, peuvent intervenir dans les boucles et avoir une contribution d'amplitude comparable. Ce canal est donc particulièrement sensible à des phénomènes de nouvelle physique. Certaines observables angulaires de cette désintégration ont des valeurs prédites par la théorie, avec un bon contrôle des incertitudes sur les facteurs de forme qui interviennent. En particulier, il s'agit de l'asymétrie avant-arrière, AFB, et la fraction de polarisation longitudinale, FL. Le groupe du LPNHE contribue à cette analyse, et s'intéresse tout particulièrement à la partie en basse masse invariante du système dimuons. Par une analyse angulaire dans ce domaine, une information peut être recueillie sur l'hélicité du photon, qui est bien déterminée dans le cadre du modèle standard. Comme les autres observables mentionnés en haut, cette partie de la mesure pourrait fournir un test du modèle standard et contraindre certains modèles de nouvelle physique.

Dans le modèle standard, l'hélicité du photon dans la transition $b \rightarrow s \gamma$ est gauche, d'une manière prédominante. La petite contribution des photons droits vient uniquement du fait que la masse du quark s n'est pas nulle et de l'émission de gluons mous. Ces effets sont bien évalués, et leur impact sur le rapport d'amplitudes de processus avec un photon droit/gauche (AR/AL) est d'environ 0.04 seulement. Par contre, dans certains modèles de nouvelle physique une valeur bien plus grande de ce rapport est attendue. On notera que les hélicités sont inverses dans le cas de la transition $b \rightarrow s \gamma$.

Expérimentalement, il existe plusieurs méthodes pour mesurer (AR/AL). Celles d'entre elles qui étaient faisables dans les usines à B (les expériences BABAR et Belle), et qui y ont été exploitées n'ont pas donné un résultat significativement différent de celui attendu dans le cadre du modèle standard. En effet, le nombre d'événements observés était néanmoins limité, et l'ensemble de ces mesures donne à l'heure

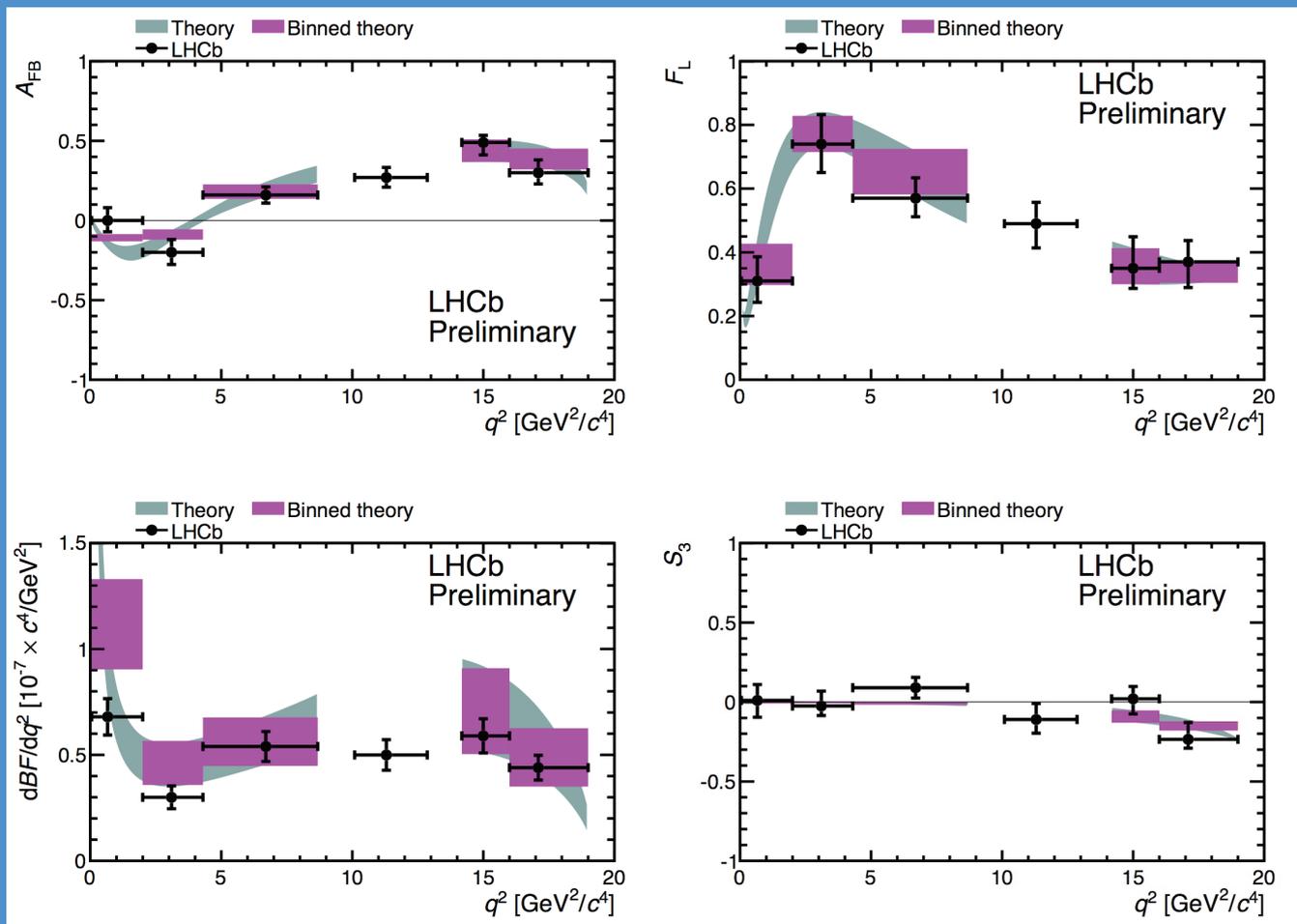


Figure 7

Les résultats publiés par LHCb sur l'asymétrie avant-arrière, A_{FB} , la fraction de polarisation longitudinale, F_L , le rapport d'embranchement différentiel dB/dq^2 et l'observable S_3 (proportionnelle à A_R/A_L), dans le canal de désintégration $B^0 \rightarrow K^0 \mu^+ \mu^-$. Ces résultats sont basés sur les données collectées pendant l'année 2011, avec une luminosité intégrée de 1 fb^{-1} . Les prédictions théoriques du modèle standard sont données en cyan, et la moyenne de ces prédictions sur chaque « bin » en q^2 est indiquée en magenta.

actuelle une erreur d'environ $\pm 0,2$ sur le rapport A_R/A_L . On en déduit que la mesure expérimentale de cet observable qui est capable de donner un test du modèle standard et fortement contraindre certains modèles de nouvelle physique est inexistante à l'heure actuelle.

La région à basse masse du système di-lepton est dominée par le photon virtuel du processus électrofaible, et une analyse angulaire permet de recueillir de l'information sur l'état d'hélicité du photon. Le nombre d'événements signal $B^0 \rightarrow K^0 \mu^+ \mu^-$ avec l'échantillon de données d'une luminosité intégrée de 1 fb^{-1} est

d'environ 200. Ceci correspond à une précision de l'ordre de 0,3 sur le rapport d'amplitudes de processus avec un photon droite/gauche (A_R/A_L). Ceci rend cette mesure compétitive avec celle qui existe à l'heure actuelle. Elle serait même la mesure dominante de l'observable d'intérêt en exploitant l'ensemble des données de LHCb que l'on attend d'ici à la fin 2012.

Le groupe du laboratoire de l'Accélérateur Linéaire à Orsay travaille sur une étude similaire des désintégrations $B^0 \rightarrow K^0 e^+ e^-$. Le projet est d'effectuer, à terme, une analyse conjointe des deux canaux

afin d'augmenter la sensibilité sur les variables d'intérêt.

LHCb a déjà publié des résultats sur A_{FB} , F_L , le rapport de branchement différentiel dB/dq^2 et S_3 (proportionnel à A_R/A_L) basés sur les données collectées pendant l'année 2011, avec une luminosité intégrée de 1 fb^{-1} . Ce sont les mesures les plus précises de ces observables à ce jour. Ces résultats sont montrés dans la figure 7. Dans la prochaine publication de LHCb, des résultats spécifiques à la région à basse masse sont prévus.

APPROCHES PHÉNOMÉNOLOGIQUES



Les désintégrations hadroniques à trois corps des mésons lourds B constituent un excellent laboratoire pour tester le modèle standard et QCD. Ce sont aussi d'excellents outils pour appréhender la dissymétrie matière-antimatière à partir des différences infimes de comportement entre particules et antiparticules. Elles permettent de plus d'affiner notre connaissance des interactions fortes. Les résonances mésiques à deux corps observées dans l'état final et leurs interférences affectent les observables des désintégrations faibles. Ce sujet est donc le cœur de notre activité.

Dans la continuité de nos études des désintégrations faibles $B \rightarrow K^+ \pi$, $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$ (1020) et $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0$ (980), dans le cadre du modèle standard et de la factorisation en QCD, nous avons analysé les données actuelles des désintégrations $B^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$ en nous attachant particulièrement aux interactions dans l'état final. Nous utilisons une approche similaire pour analyser les données des Collaborations Belle et BABAR pour les désintégrations $D^0 \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-$.

En parallèle, nous poursuivons l'étude des effets des baryoniums, états quasi liés nucléon-antinucleon, dans les atomes antiprotoniques ainsi que dans les désintégrations fortes $J/\psi \rightarrow V p \bar{p}$ où la particule vecteur V peut être un photon, un ω ou un ϕ (1020). Enfin nous avons entrepris une série de calculs Monte Carlo pour évaluer de manière exacte l'amplitude de diffusion multiple de Glauber dans le contexte de la diffusion des ions lourds aux énergies intermédiaires.

QCD non perturbative

Chercheurs et doctorants

J.-P. Dedonder, B. Loiseau,
H. Krivine

Estimation du moment magnétique anormal du muon

Chercheurs et doctorants

M. Benayoun, P. David,
L. del Buono

QCD non perturbative

Violation de CP et désintégrations hadroniques des mésons

De façon à tester le bien fondé du modèle standard et éventuellement mettre en évidence la nouvelle physique, il est crucial d'évaluer le plus précisément possible la partie d'interaction forte intervenante dans les désintégrations faibles. Sans la connaissance précise de la phase forte des amplitudes de désintégration, l'extraction de la phase faible du modèle standard qui donne lieu à la violation de CP reste ambiguë et par conséquent la détermination des éléments de la matrice Cabbibo-Kobayashi-Maskawa compromise. Dans le modèle standard, à partir de l'hamiltonien effectif de l'interaction faible, l'hypothèse de la factorisation de QCD (QCDF) décompose l'amplitude de désintégration en deux mésons en un produit de deux courants, l'un décrivant la création d'un des mésons à partir du vide et l'autre exprimant la transition du méson lourd en l'autre méson.

Évidence d'effets d'onde S pour l'angle de mélange $B_s^0 - \bar{B}_s^0$

Nous avons étudié les désintégrations faibles $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ et $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi(1020)$. Dans le processus $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi(1020)$, les mesures des Collaborations CDF et DØ ont montré que l'angle de mélange $B_s^0 - \bar{B}_s^0$, $-2\beta_s$, est plus grand que la valeur prédite par le modèle standard. La voie $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ ne nécessitant aucune analyse angulaire, le rapport des largeurs de désintégration entre les canaux $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$, $f_0(980) \rightarrow \pi^+ \pi^-$ et $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi(1020)$, $\phi(1020) \rightarrow K^+ K^-$ permet d'estimer l'effet de l'onde S de la paire $\pi^+ \pi^-$ dans la détermination de β_s . Nous avons établi que les valeurs expérimentales de ce rapport $R_{f_0/\phi}$ imposent des limites étroites à la manifestation de nouvelle physique dans ces voies de désintégration sans toutefois l'exclure totalement.

Désintégrations $B^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^+ \pi^-$

Nous nous sommes attachés à comprendre l'influence des interactions fortes $\pi\pi$ dans les désintégrations des mésons B chargés en trois pions chargés. Ces interactions sont décrites en termes de facteurs de forme scalaire et vectoriel non étranges pour les ondes S et P et par une forme de Breit-Wigner relativiste pour l'onde D. Le facteur de forme scalaire est calculé dans le cadre d'un modèle unitaire à trois voies couplées ($\pi \pi$, $K \bar{K}$ et voie effective $[2\pi] - [2\pi]$). Le facteur de forme vectoriel résulte d'une analyse de la réaction $\tau^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \nu_\tau$ par la collaboration Belle. Les données de la collaboration BaBar pour les voies $B^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^+ \pi^\pm$ sont alors ajustées par un modèle à 5 paramètres (3 pour l'onde S, 1 pour l'onde P et un pour l'onde D). On montre ainsi l'importance de l'onde S non seulement juste au-dessus du seuil $\pi \pi$ mais aussi dans la région du pic du $\rho(770)$ en raison de l'interférence entre les ondes S et P. Nous prédisons par ailleurs pour le facteur de forme de transition du B en $f_2(1270)$: $F^{B12}(m_\pi^2) = 0.098 \pm 0.007$.

Désintégrations $D^0 \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-$

Dans le même état d'esprit, nous nous intéressons actuellement aux effets des interactions dans l'état final dans l'étude des voies de désintégrations $D^0 \rightarrow K_s^0 \pi^+ \pi^-$.

Structure du baryonium X(1835)

La désintégration forte $J/\psi \rightarrow \gamma \pi^+ \pi^- \eta$ observée par la collaboration BES a mis en évidence la présence d'un pic dans le spectre des mésons, pic attribué à une résonance dénommée X(1835). Partant du processus $J/\psi \rightarrow \gamma p \bar{p}$, où cette structure se manifeste par un accroissement du signal au voisinage du seuil $p \bar{p}$, suivi par l'annihilation $p \bar{p} \rightarrow \pi^+ \pi^- \eta$, nous avons proposé que ce pic résulte d'une interférence entre une amplitude de fond et un état pp quasi lié dans l'onde S. Cet état, situé très près du seuil pp, est présent dans le potentiel nucléon-antinucleon de Paris utilisé pour notre

étude. On sait aussi que l'anomalie observée dans la capture d'antiproton par les noyaux est probablement reliée à un état quasi-lié en onde P prédit par le potentiel de Paris. L'accroissement du signal près du seuil $p \bar{p}$ observé dans la distribution d'événements de la réaction $J/\psi \rightarrow \gamma p \bar{p}$ en fonction de la masse invariante ne se retrouve pas dans les processus $J/\psi \rightarrow \omega p \bar{p}$, et $\psi(2S) \rightarrow \gamma p \bar{p}$. Pour tenter de comprendre d'une manière générale les processus du type $J/\psi \rightarrow V p \bar{p}$ où la particule vecteur V peut être γ , ω , ϕ , ... nous construisons un modèle fondé sur le potentiel de Paris, et sur l'idée que la particule vecteur finale est produite par l'interaction dans l'état final.

Diffusion multiple à l'approximation eikonale et Monte Carlo

La diffusion multiple à l'approximation eikonale, c'est-à-dire le modèle de Glauber, fournit une description raisonnable de la diffusion d'ions lourds dans le domaine des énergies intermédiaires et hautes, i.e., au-delà de quelques dizaines de MeV par nucléon. Le calcul de l'expression exacte de l'amplitude de diffusion n'a jusqu'à présent été mené à bien que pour les ions les plus légers, la plupart des calculs n'étant effectués qu'à l'approximation optique. À l'aide des techniques de Monte Carlo, nous évaluons l'expression exacte de la série de diffusion multiple, incluant les corrections dues au centre de masse et à l'interaction coulombienne, en utilisant de plus une représentation Monte Carlo des densités nucléaires. L'amplitude de diffusion élémentaire nucléon-nucléon, ingrédient fondamental, est décrite par quatre paramètres extraits des analyses en déphasage SAID. Nous menons des calculs pour des projectiles comme ^4He , ^{12}C , ^{16}O sur des cibles variées mais nous montrons que la méthode est parfaitement applicable à la diffusion $^{40}\text{Ca} - ^{40}\text{Ca}$. Tous les calculs sont conduits sur un PC standard à 2,5 GHz.

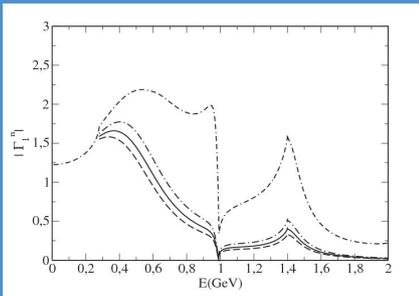


Figure 1

Module du facteur de forme $\pi\pi$ scalaire (ligne continue). Les lignes discontinues (un tiret et un tiret-un point) donnent une idée des variations de ce facteur de forme en fonction du paramètre qui contrôle son comportement à haute énergie. La ligne discontinue (deux traits-un point) représente le facteur de forme calculé à partir des équations de Muskhelishvili-Omnès par B. Moussalam.

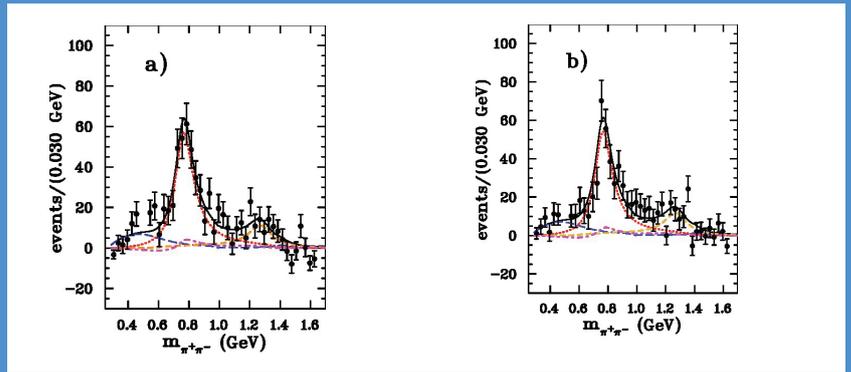


Figure 2

a : le spectre calculé des désintégrations des B^- en fonction de la masse invariante $\pi^+\pi^-$ comparé au spectre expérimental obtenu par la collaboration BaBar. La ligne discontinue - trait long (bleue) - représente la contribution de l'onde S ; la ligne pointillée (rouge) celle de l'onde P ; la ligne discontinue - trait court (orange) - celle de l'onde D ; la ligne pointillée - un trait-un point (rose) - représente l'interférence entre les ondes S et P. La ligne continue (noire) est la somme des différentes contributions.

b : même légende que pour la figure a mais pour les désintégrations des B^+ .

Estimation du moment magnétique anormal du muon

La recherche d'effets physiques non prévus par le Modèle Standard est un chapitre important de la physique des particules élémentaires. Parmi les domaines où cette recherche est très active, on trouve, notamment, le moment magnétique anormal du muon $a_\mu = (g-2)/2$ qui a été mesuré avec une précision remarquable ($a_\mu = [11\,659\,208.9 \pm 6.3] \cdot 10^{-10}$) à BNL. D'autres mesures sont prévues à KEK et Fermilab d'ici à cinq ans qui devraient en améliorer la précision d'un facteur 4. Le Modèle Standard permet de calculer plusieurs des contributions au moment magnétique anormal du muon avec une très grande précision. Par exemple, la partie électrodynamique (QED) est déterminée avec une précision de $1.6 \cdot 10^{-12}$, de même que la partie électrofaible (EW) connue à $1.8 \cdot 10^{-11}$ près. Une partie importante de la valeur de a_μ pour comparer les prédictions du Modèle Standard à la mesure expérimentale est celle due aux interactions fortes, la partie QCD du Modèle Standard. Bien qu'elle ne représente numériquement guère plus de $\approx 0.6 \cdot 10^{-4}$ du total, cette partie est cruciale pour comparer à l'expérience et donc pour signer l'existence d'un signal d'une physique non prévue par le Modèle Standard. La contribution hadronique à la polarisation du vide (HVP) est plus délicate à estimer. La « QCD

perturbative » permet un calcul précis de la partie de haute énergie de ce terme (boucles de quarks) qui est déterminée avec une précision de $\approx 10^{-11}$. Les contributions des régions de formation des mésons ψ (≈ 3 GeV) et Υ (≈ 10 GeV), comme celle des résonances de basse énergie (≤ 2 GeV), doivent être évaluées autrement car on est ici dominé par les effets non perturbatifs de QCD. Dans ce cas, on utilise un théorème qui dit que la contribution a_μ (HVP, H) d'un état hadronique H à a_μ est calculable à l'aide d'une intégrale portant sur le produit de la section efficace $\sigma(e^+e^- \rightarrow H, s)$ et d'un noyau connu $K(s)$; sur l'intervalle en s considéré, a_μ (HVP) est alors la somme des a_μ (HVP, H). La méthode standard consiste alors à intégrer numériquement les différentes sections efficaces mesurées. On peut améliorer significativement cette estimation en définissant un modèle qui englobe un grand nombre de processus physiques dans un même cadre. En procédant à un ajustement global des différentes sections efficaces, les paramètres de ce modèle sont fortement contraints ; on peut alors se servir des sections efficaces du modèle et estimer les a_μ (HVP, H) en se servant des paramètres du fit et de la matrice de covariance des erreurs. On peut alors s'attendre à une amélioration importante

des incertitudes sur les différents a_μ (HVP, H) accessibles au modèle. Après avoir défini et construit un tel modèle basé sur une extension connue de la théorie perturbative chirale, nous avons pu regrouper dans un même cadre les annihilations $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-, K^+K^-, K_L K_S, \eta\gamma, \pi^0\gamma, \pi^+\pi^-\pi^0$, la désintégration $\tau \rightarrow \pi\pi\nu$, et disposer d'une estimation plus précise d'un facteur 2 sur la contribution hadronique totale à a_μ du seuil $\pi^+\pi^-$ jusqu'à la masse du méson ϕ . Combinée avec le reste (calculé par les méthodes habituelles), nous arrivons à une estimation $a_\mu = [11659175.37 \pm 5.25] \cdot 10^{-10}$. Cela met la prédiction du Modèle Standard à 4.1σ de la valeur mesurée alors que les méthodes habituelles ne donnent que 3.5σ . Nous travaillons à présent à l'inclusion des données recueillies par la méthode ISR (Initial State Radiation) par BaBar et KLOE afin de rendre encore plus précise notre estimation de a_μ . L'objectif est de voir si l'amélioration des résultats peut mettre une distance encore plus proche de 5σ entre prédiction et mesure ; à une telle distance, la probabilité d'un phénomène nouveau serait hautement significative.



SN 2011fe

MATIÈRE NOIRE ET ÉNERGIE NOIRE

L'accélération de l'expansion de l'univers, révélée par l'observation de supernovae, est une des surprises majeures de ces dernières années. Une question centrale de la cosmologie aujourd'hui est de comprendre la nature de l'énergie noire, source supposée de l'accélération de l'expansion de l'univers. Des campagnes de mesures de grande précision sont menées auprès des grands télescopes au sol afin d'en cerner les propriétés. En parallèle, la préparation de la génération suivante d'expériences, au sol et dans l'espace, nécessite des développements techniques tant en micro électronique qu'en informatique et en mécanique. L'étude de la matière noire, dont la nature reste énigmatique 70 ans après les premières observations, fait aussi partie intégrante du programme de recherche des futurs grands projets.



La mesure du diagramme de Hubble des supernovae de type Ia (SNe Ia) permet d'accéder à l'histoire de l'expansion de l'univers, aujourd'hui jusqu'à des décalages vers le rouge de l'ordre de l'unité, en comparant les flux de supernovae lointaines et proches dans la même bande spectrale dans le référentiel de la supernova. Dans le cadre de la relativité générale, en supposant un univers homogène et isotrope aux grandes échelles, l'évolution temporelle du taux d'expansion ainsi mesuré permet de contraindre le contenu de l'univers (densité d'énergie et équation d'état de ses composants).

Cette approche a permis la mise en évidence d'une « énergie noire » responsable d'une accélération de l'expansion de l'univers. Depuis, des mesures de la structuration de la matière (fonction de masse des amas de galaxies, spectre de puissance en utilisant les galaxies comme traceur de masse, effets de lentilles gravitationnelles faibles, échelle angulaire du pic d'oscillation acoustique des baryons), combinées à la mesure des anisotropies du rayonnement fossile micro-onde (CMB), ont confirmé ce résultat. Reste à déterminer la nature de cette « énergie noire » caractérisée par son équation d'état w (rapport pression sur densité). L'équation d'état d'une densité indépendante de l'expansion confère à ce rapport la valeur $w=-1$, à l'instar de la constante cosmologique. C'est la valeur privilégiée par les observations actuelles.

Aujourd'hui w est mesurée avec une précision de 7 %. L'objectif de l'équipe cosmologie du LPNHE est d'améliorer ce résultat aujourd'hui limité par des incertitudes systématiques sur les mesures de distance des supernovae. Dans ce but, trois axes de recherche sont poursuivis : calibration photométrique, modélisation et caractérisation des supernovae et propriétés des SNe Ia en fonction de leur environnement. Ces thèmes de recherche se font dans le cadre de deux projets en phase d'analyse : le Supernova Legacy Survey (SNLS) et le projet Supernova Factory (SNF). L'équipe s'engage, par ailleurs, sur une participation au projet SkyMapper qui vise à mesurer précisément les distances de 500 supernovae proches et réfléchit à participer au projet Dark Energy Survey de mesure de la cosmologie, combinant supernovae, oscillations baryoniques, lentilles gravitationnelles et amas de galaxies dans un même projet.

Chercheurs et doctorants

P. Antilogus, P. Astier,
C. Balland, E. Barrelet,
M. Betoule, S. Bongard,
A. Canto, F. Cellier-Holzem,
P. El-Hage, J. Guy,
A. Guyonnet, D. Hardin,
L. Le Guillou, J-M. Levy,
R. Pain, N. Regnault, P-F. Rocci,
K. Schahmaneche, F. Villa

Équipe technique

P. Bailly, Y. Guo, J-F. Huppert,
H. Lebollo, F. Legrand, P. Repain,
A. Vallereau, D. Vincent

SUPERNOVA LEGACY SURVEY (SNLS) ET SUPERNOVA FACTORY (SNF)

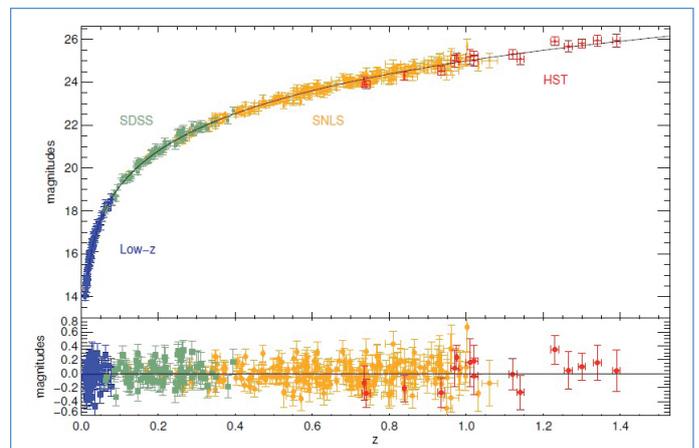


Figure 1

Diagramme de Hubble combiné utilisé pour l'analyse de cosmologie des trois premières années du SNLS (242 SNe Ia SNLS, 123 proches, 93 SNe SDSS and 14 HST, figure tirée de Conley et al., 2011).

L'objectif du Supernova Legacy Survey (SNLS) est de mesurer les distances d'environ 500 SNe Ia à des décalages vers le rouge entre 0.2 et 1 à l'aide du grand imageur MegaCam (1 degré-carré, 36 CCDs de 9 millions de pixels) placé au foyer primaire du Télescope Canada-France-Hawaii (CFHT, de 3,6 m de diamètre). Le projet a nécessité l'observation de champs profonds au CFHT de 2003 à 2008. La démarche a consisté à observer dans quatre bandes les mêmes champs tous les quatre jours environ, afin de détecter les objets variables et mesurer leur courbe de lumière dans les mêmes images. Cette technique novatrice a permis un excellent échantillonnage temporel des courbes de lumière des SNe Ia. Les observations répétées des mêmes

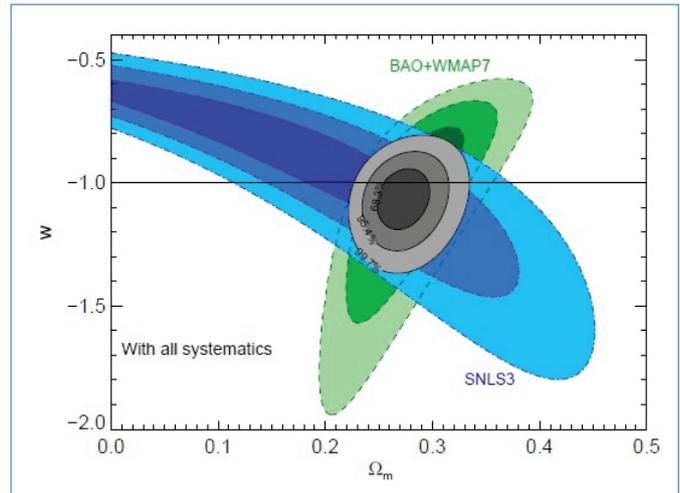
champs ont aussi permis d'atteindre une bonne précision de calibration.

Une collaboration initiée par les groupes français et canadiens s'est étendue à des groupes européens et américains pour assembler le lourd volume d'observations spectroscopiques sur les plus grands télescopes (VLT/ESO, Gemini, Keck).

Après la mise au point de la détection en temps réel des supernovae au début du projet, le groupe s'est principalement concentré sur la mesure des distances des supernovae détectées (photométrie différentielle, calibration photométrique, ajustement des courbes de lumière, et extraction des paramètres cosmologiques). Il conduit aussi des analyses complémentaires : tests

Figure 2

Contours de confiance dans le plan Ω_m - w [68,3 %, 95,5 % et 99,7 %] tiré de l'ajustement du diagramme de Hubble combiné SNLS-3 (voir figure 1), de la mesure du pic acoustique des baryons dans les données du SDSS-DR7, et des contraintes tirées de l'analyse WMAP7 (figure tirée de Sullivan et al. 2011).



d'évolution à partir d'observations spectroscopiques, détection de la magnification gravitationnelle des SNe Ia, relations entre les propriétés des SNe et celles de leur galaxie hôte, développement de méthodes d'identification photométrique.

Les années 2010-2012 ont été marquées par la publication de l'analyse des trois premières années de données. Les courbes de lumière et les distances de 252 SNe Ia à des décalages vers le rouge compris entre 0.15 et 1.1 ont été publiées. Combinées avec d'autres échantillons de supernovae (voir figure 1), et en utilisant des contraintes complémentaires sur les paramètres cosmologiques tirés des résultats de WMAP (WMAP7) et la mesure des oscillations de baryon par le SDSS (DR7), ces données ont permis la mesure la plus précise à ce jour du paramètre d'état de l'énergie noire : $w = -1.06 \pm 0.07$ (voir figure 2).

Les principales innovations de ce travail par rapport à la première publication de 2006, outre l'augmentation de la statistique, ont porté sur la calibration photométrique (avec une précision de 0.5 % en bandes g,r,i [de 400 à 800 nm], et 2 % en bande z [800-1000 nm]), la confrontation de deux méthodes d'ajustement de courbes de lumière, une modélisation plus poussée des effets de sélection, et la prise en compte des propriétés des galaxies hôtes dans l'estimation des distances. Un catalogue important d'incertitudes systématiques a

été établi et ces dernières ont été propagées dans l'estimation des contraintes cosmologiques. Les outils d'ajustement des courbes de lumière mais aussi d'ajustement du diagramme de Hubble en tenant compte des incertitudes systématiques ont été rendu publics.

Outre l'analyse principale de cosmologie (3 papiers), 10 autres articles ont été publiés par la collaboration en 2010-2011.

L'analyse de l'ensemble des SNe Ia du SNLS (environ 450 SNe Ia identifiées spectroscopiquement), débutée en 2009, s'est poursuivie en 2010-2011. Une nouvelle technique de photométrie différentielle (sans ré-échantillonnage des images) a été appliquée aux données SNLS. Ce travail a fait l'objet de la thèse de Nicolas Fourmanoit qui a été soutenue en 2010. Cette méthode a été validée par des simulations dédiées début 2012. Nous prévoyons de publier prochainement l'ensemble des méthodes de traitement d'image développées au laboratoire pour SNLS.

En parallèle de ce travail sur la photométrie des SNe, des observations complémentaires de calibration photométrique prises au CFHT sont en cours d'étude. Ces données fournissent un chemin de calibration redondant grâce à l'observation directe d'étoiles bénéficiant d'une calibration spectro-photométrique par le HST. Elles permettent aussi une inter-calibration avec le relevé SNe du

SDSS à une précision de l'ordre 0.5 %. Par ailleurs SNLS bénéficiera à terme des résultats du projet SNDICE (voir ci-dessous) ; enfin, une partie des analyses menées par la collaboration SNF permettra une amélioration des résultats tirés des données du SNLS (inter-calibration, modélisation des SNe Ia).

L'ensemble de ces efforts conduira à la publication de l'analyse de cosmologie du lot complet de données SNLS. C'est le sujet d'une thèse démarrée fin 2011.

SNDICE et SkyDICE : calibration instrumentale des imageurs grand champ

Le dispositif SNDICE (SuperNova Direct Illumination Calibration Experiment) est une source multi-longueur d'onde, extrêmement stable et composée de 24 LEDs (Light-Emitting Diodes) à spectre étroit (voir figure 3). Deux démonstrateurs ont été construits et étalonnés au LPNHE. L'un a été installé au Télescope Canada-France-Hawaii, auprès de l'imageur grand champ MegaCam. L'autre est resté au laboratoire où sont réalisées des études poussées de stabilité.

Un banc optique de précision a été mis en place au LPNHE. Il a permis de réaliser un étalonnage spectro-photométrique extrêmement précis du dispositif, à partir d'une photodiode fournie par un institut de standardisation (NIST). Cet étalonnage a été reproduit à

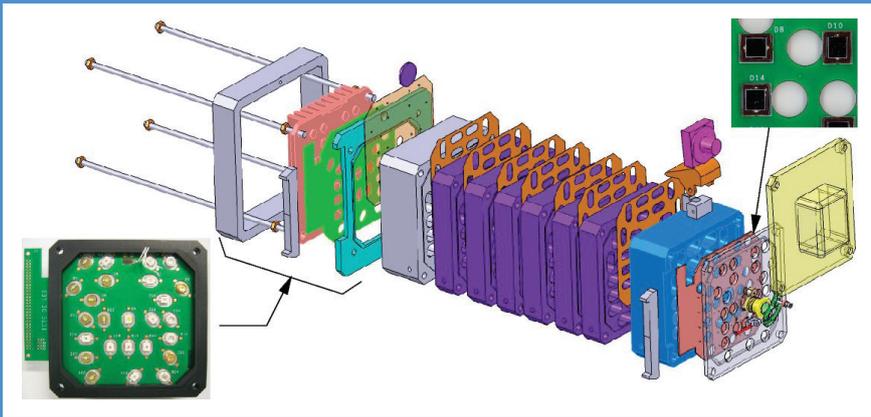


Figure 3

Vue éclatée de la tête de LED de SNDICE. Les deux photos montrent la carte de support des LED réalisée au laboratoire (à gauche) et celle des photodiodes de contrôle d'intensité (à droite).

plusieurs températures typiques de celles qui sont rencontrées sur site. Cela a permis de mesurer les variations spectrales des faisceaux de calibration en fonction de la température. Une fois ces effets environnementaux pris en compte nous avons montré que la stabilité de la source de lumière est de quelques 0.01 %.

L'instrument installé à Hawaii est utilisé pour démontrer la faisabilité d'une calibration en flux de l'imageur MegaCam à l'aide d'un tel dispositif. Les données de calibration prises avec SNDICE encodent une quantité considérable d'informations sur l'état de l'imageur et de l'optique. Il a été nécessaire de modéliser le télescope et la caméra pour les interpréter. Afin de détecter éventuelles dérives à long terme du flux de calibration, celui-ci est contrôlé au niveau du plan focal à l'aide de photodiodes refroidies, dotées d'un amplificateur de courant ultra-bas bruit, développé au LPNHE. Ce système, extrêmement compact, a une sensibilité équivalente à celle des CCDs. Il intéresse plusieurs groupes extérieurs au laboratoire.

Une source calibrée de deuxième génération (SkyDICE) destinée au télescope SkyMapper (Observatoire de Siding Springs, Australie) a été construite et est en cours de tests au LPNHE. Les deux dispositifs SNDICE et SkyDICE, étalonnés sur un même banc, et installés sur deux télescopes différents représenteront alors une situation unique qui permettra de tester une inter-calibration entre MegaCam et SkyMapper.

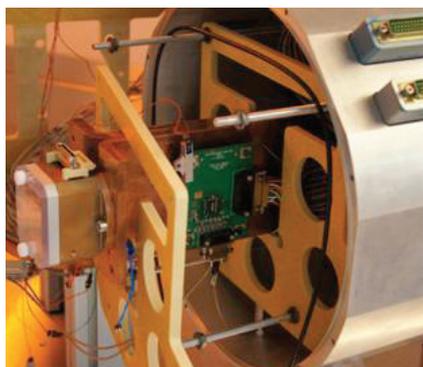
Supernova Factory (SNF) au LPNHE

Le projet « Supernova Factory » (SNF) vise à fournir des séquences spectrales calibrées de plusieurs centaines de supernovae à faible décalage vers le rouge ($0.03 < z < 0.08$). Le but est d'améliorer les contraintes cosmologiques ainsi que la modélisation (empirique et théorique) des supernovae la et donc l'estimation de leur distance. Ces observations sont réalisées avec le Supernova Integral Field Spectrograph (SNIFS) construit en France, monté sur le télescope UH à Hawaii. Cet instrument fournit des « cubes de données » contenant un spectre pour chacun des 225 pixels du champ de 6×6 secondes d'arc carré. Les laboratoires français impliqués sont le LPNHE et l'IPN-Lyon à l'IN2P3 et le CRAL de l'INSU. L'instrument a vu sa première lumière au printemps 2004.

Au cours des années 2010-2012, une phase majeure de la réduction de données s'est finalisée, avec entre autres la publication de travaux présentant la méthode de soustraction galactique en spectroscopie 3D dont le groupe du laboratoire avait la responsabilité. Depuis, l'effort au LPNHE s'est concentré sur l'analyse scientifique des données. Les membres de la SNF du laboratoire ont, en effet, été partie active dans plusieurs des articles publiés en 2011 portant aussi bien sur la nature des progéniteurs et les mécanismes d'explosion des SNe Ia que sur l'étude de leurs

couleurs et de l'extinction par les poussières sur la ligne de visée. Actuellement ces deux points d'analyse sont d'ailleurs activement poursuivis au laboratoire à travers deux thèses. L'une vise à une analyse spectroscopique des poussières, une des sources majeures d'erreurs systématiques entachant l'utilisation des SNe Ia comme sondes cosmologiques. L'autre a pour thème la compréhension de la physique de ces objets, et a pour cadre une collaboration avec le Max Planck Institut für Astrophysik. Elle se pose ainsi en lien nécessaire entre les observations de SNe Ia et leurs modèles d'explosion et de synthèse spectrale. Après avoir mené activement une part importante de l'effort de calibration des données, le groupe SNF du LPNHE se trouve donc désormais en charge de deux axes majeurs de l'analyse scientifique, ce qui lui permettra de tirer les fruits de ces données de grande qualité.

Il est prévu que la collecte de données de SNF se termine en 2013, date à laquelle le programme supernova de SkyMapper, dans lequel s'engage l'équipe, devrait être pleinement opérationnel. Au delà, l'équipe cosmologie du laboratoire réfléchit à une implication dans le projet Dark Energy Survey qui vise à obtenir des contraintes sur w en combinant, dans un même projet, les mesures de supernovae, d'oscillations baryoniques, de lentilles gravitationnelles et avec les amas de galaxies.



La compréhension de la nature de la matière et de l'énergie noires nécessite de mesurer les paramètres cosmologiques avec une précision de l'ordre du pourcent. Les moyens à mettre en œuvre pour atteindre cet objectif passent par l'échantillonnage de très grandes portions de l'Univers visible (de l'ordre de 100 Gpc³). À cette fin, il faut non seulement pouvoir observer à grande distance, mais avec un dispositif à très grand champ. Aujourd'hui deux projets complémentaires ont été sélectionnés pour être construits et ils seront à même de remplir de multiples applications en cosmologie à l'horizon de la prochaine décennie. L'un est un projet au sol, LSST, qui vise à l'observation répétée de l'ensemble du ciel visible (en 6 bandes), 1 000 fois par champ, en s'affranchissant ainsi d'une partie des effets instrumentaux et atmosphériques. L'autre est un projet spatial, Euclid, qui par essence ne sera pas sensible aux effets atmosphériques et pourra observer dans l'infra-rouge (en 3 bandes). LSST et Euclid ont choisi les effets de lentille gravitationnelle faible comme sonde principale de l'énergie noire (la forme des galaxies lointaines est distordue par les masses en avant-plan), mais c'est par une combinaison de plusieurs sondes cosmologiques que les deux projets espèrent atteindre leurs objectifs. Ainsi le LPNHE contribue à la mise en place de la sonde « supernovae » dans les programmes scientifiques respectifs de ces projets.

La planification de ces deux projets est très proche, leur construction devant être complétée d'ici 2016-2017 pour un démarrage des observations en 2019. Le LPNHE est très impliqué dans la construction de LSST, où il a été moteur dans la mise en place d'une contribution de l'IN2P3 au projet et a lui-même une contribution significative à la caméra de LSST.

Chercheurs et doctorants

P. Antilogus, P. Astier,
S. Baumont, S. Bongard,
C. Balland, E. Barrelet, J. Guy,
D. Hardin, M. Joyce, L. Le Guillou,
R. Pain, N. Regnault, S. Russo,
K. Schahmanèche

Équipe technique

P. Bailly, J. Coridian, G. Daubard,
F. De Matos, M. Dhellot,
C. Evrard, P. Ghislain,
C. Goffin, Y. Guo, D. Imbault,
C. Juramy, H. Lebbolo, D. Martin,
Y. Orain, P. Repain, E. Sepulveda,
D. Terront, D. Vincent

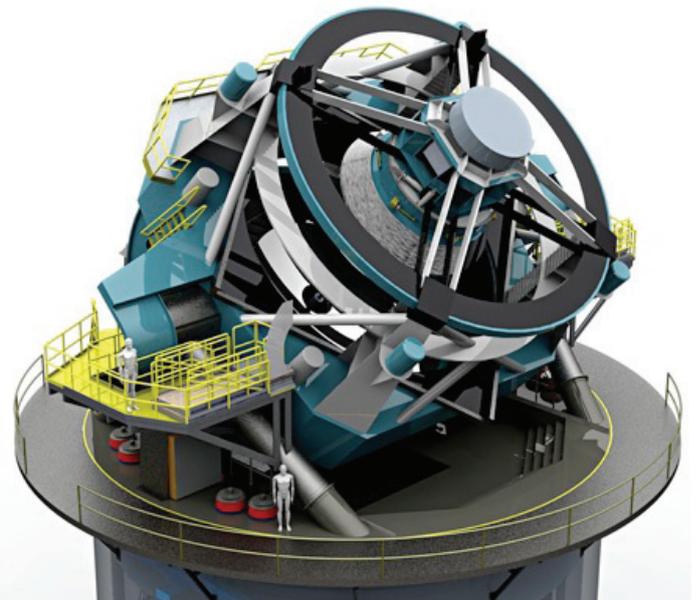


Figure 1

LSST design : 1 telescope + 1 caméra = 1 instrument.

LES PROJETS LSST ET EUCLID

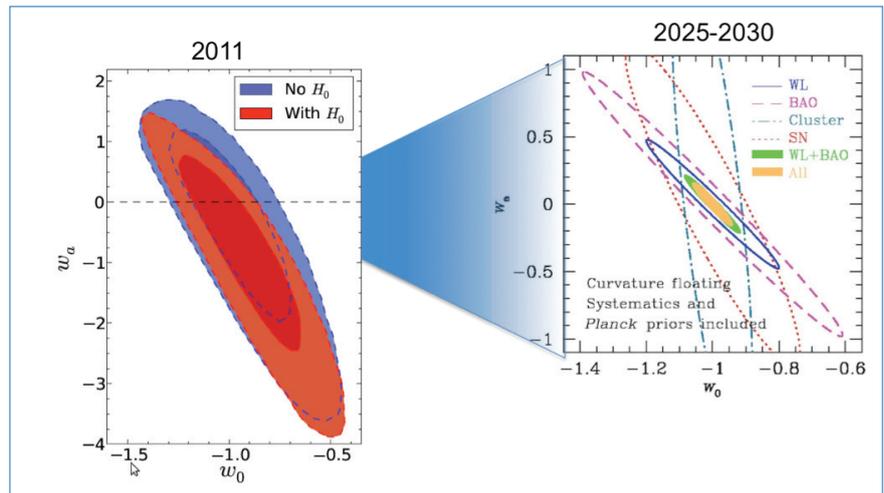
Les projets LSST (Large Synoptic Survey Telescope) et Euclid

Le projet LSST (voir figure 1) est basé sur un télescope au sol de 8.4 mètres de diamètre équipé d'une caméra de 3.2 milliards de pixels de 10μ à lecture rapide (2s). L'ensemble, implanté au Chili, couvrira un champ de 9,6 degrés-carrés sur le ciel balayé à la cadence d'un champ toutes les 40 secondes à travers les

filtres ugrizy. Chaque champ sera ainsi visité à peu près 1 000 fois dans le mode « survey » du programme pendant les 10 ans de la prise de données. Chaque visite en r aura une sensibilité 24.5 mag, pour atteindre une sensibilité de 27.5 mag en 10 ans. Le relevé couvrira plus de 20 000 degrés-carrés avec un échantillonnage de 0.2 arcsec par pixel et permettra d'utiliser l'ensemble des sondes cosmologiques. La technique de détermination de redshift par photométrie, basée sur les seules mesures de couleurs, devra être utilisée car les dispositifs de spectroscopie n'auront pas la capacité de mesurer ne serait-ce que les seules supernovæ. Le programme de physique envisagé, avec les 30 terabytes de données acquises chaque nuit, couvre non seulement la cosmologie mais aussi tous les pans de l'astrophysique pour lesquels la

Figure 2

À gauche précision actuelle sur les paramètres de l'équation d'état de l'Énergie Noire, w_0 (abscisse) et w_a avec $w(z)=p/\rho=w_0+w_a[a(z)-1]$, où $a(z)$ est le facteur d'échelle. À droite précisions attendues avec les mesures de LSST.



statistique est actuellement le point limitant : objets variables et animés de mouvements propres, objets et événements rares ; le projet LSST devrait contribuer à pratiquement tous les domaines de l'astrophysique.

Euclid est basé sur un télescope spatial de 1.2 m positionné au point de Lagrange, L2, et équipé d'un imageur dans le visible et d'un spectro-imageur IR, observant simultanément le même champ. La mission a été sélectionnée par l'ESA pour un lancement prévu en 2019. L'imageur visible fournira la morphologie des galaxies pour la mesure des corrélations dues au cisaillement gravitationnel ; le canal IR fournira la spectroscopie des galaxies brillantes pour mesurer les BAO (Baryonic Acoustic Oscillations) et la photométrie en 3 bandes. L'essentiel du temps d'observation est alloué à un relevé extragalactique de 15 000 degrés-carrés et environ 10 % à l'observation d'un champ plus profond. La possibilité d'allouer une partie du temps d'observation à la mesure de courbes de lumière de supernovae est en discussion, mais n'est pas assurée.

La recherche de supernovæ dans LSST et Euclid

LSST et Euclid sont extrêmement complémentaires : Euclid dépend de manière vitale de la photométrie

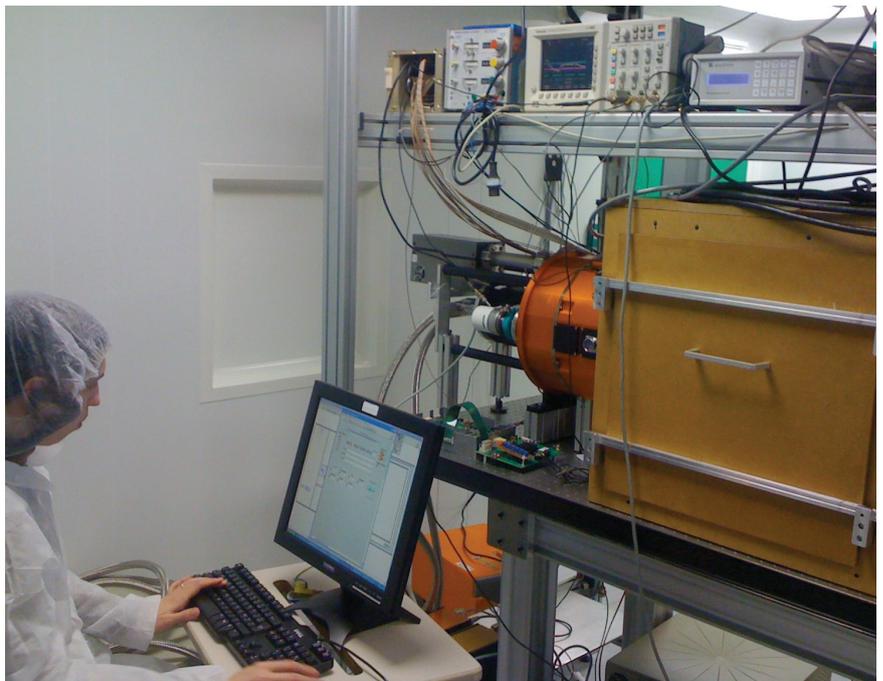
visible multi-bande pour les redshifts photométriques des galaxies. LSST pourra améliorer ses propres redshifts photométrique par l'adjonction de bandes IR d'Euclid. En ce qui concerne les supernovae, LSST est limité à $z < 1$ du fait de sa couverture spectrale et le diagramme de Hubble pourrait être étendu jusqu'à $z = 1.5$ avec les bandes IR d'Euclid. C'est un programme que le groupe LPNHE défend dans les groupes de travail « supernovae » de Euclid et LSST, parce qu'il permettrait d'apporter, aux contraintes de l'énergie noire, celle obtenu à partir d'un diagramme de Hubble à haute statistique et couvrant un grand domaine de redshift. Les précisions attendues, incluant les limitations connues aujourd'hui, sont concurrentielles avec les projections faites pour les autres sondes. Le programme supernova de LSST comprend l'établissement d'un diagramme de Hubble jusqu'à $z \sim 1$, qui pourrait atteindre 10 000 événements très bien mesurés. L'expérience acquise au LPNHE, dans le domaine de la cosmologie avec les supernovae, nous a conduit à contribuer significativement au développement de ces programmes ambitieux. L'équipe envisage aussi d'investir une partie de ses forces dans le développement d'autres sondes cosmologiques.

Contribution du LPNHE à la construction de LSST

Contexte programmatique et calendrier

LSST est une collaboration internationale, initiée par la communauté scientifique Nord Américaine. La National Science Foundation (NSF), l'agence américaine dominante dans le projet, est en charge de la coordination pour le télescope, le site et le traitement des données. Le Department of Energy (DOE) est en charge de la construction de la caméra. Depuis les premiers contacts avec la collaboration LSST en 2005, le LPNHE a été moteur pour la mise en place d'une contribution française au LSST. Ainsi depuis 2007, date des premières contributions de l'IN2P3 à LSST et de l'entrée officielle de l'équipe française dans le projet, la coordination de l'équipe IN2P3 est assurée par un chercheur du laboratoire (R. Pain de 2007-2009, P. Antilogus depuis mi-2009), ainsi que la coordination scientifique des contributions à la camera (P. Antilogus). Aujourd'hui, huit laboratoires de l'IN2P3 (APC, CCIN2P3, CPPM, LAL, LMA, LPNHE, LPCC, LPSC) participent au projet. En août 2010, le projet LSST a été classé en 1^{re} priorité en tant qu'observatoire au sol de la prochaine décennie par le

Figure 3 :
Banc test CCD.



« Astro2010 decadal Survey », le classement décennal des projets en astronomie, de l'académie des sciences américaine. Depuis, un calendrier de construction de LSST a été validé par les agences NSF et DOE qui prévoit un démarrage du projet courant 2014, le début du Survey scientifique étant programmé pour 2020 avec un début des observations en 2019. L'IN2P3 a fait de LSST sa priorité instrumentale dans le domaine de l'Énergie Noire pour la décennie à venir.

▀ Objectifs de la R&D Caméra au LPNHE :

Le LPNHE a pris des responsabilités dans plusieurs sous-systèmes de la caméra dans le cadre des deux contributions principales de l'IN2P3, à savoir la fourniture d'une partie des CCD (20 - 25 % du total) et du système de changement de filtre. Ainsi, les efforts de R&D au LPNHE se concentrent sur :

▀ L'évaluation des prototypes CCD et électronique de lecture et de contrôle des CCD :

CCD : le LPNHE est le laboratoire « frère » du laboratoire Brookhaven

National Laboratory (BNL) pour l'évaluation et la caractérisation des CCD du plan focal de LSST. Ces deux laboratoires doivent, à partir de 2014 et sous coordination du BNL, se partager la réception et la qualification de la production des 220 CCD requis pour peupler le plan focal de LSST. Ces CCD ont des caractéristiques, à ce jour, jamais assemblées dans un même senseur, à savoir :

- 16 sorties par CCD de 4kx4k avec des pixels de 10 μm pour une lecture à 550 kHz avec un bruit total pour la chaîne de lecture de sept électrons.
- des CCD épais de 100 μm avec un traitement de surface optimisé pour avoir une efficacité quantique élevée sur tout le spectre entre 320 nm et 1070 nm.

Pour obtenir ces caractéristiques, le projet a lancé une R&D impliquant deux industriels, e2v et ITL/STA, afin de disposer en 2014 d'une source de CCD répondant à ses besoins. Une phase importante de cette R&D arrive à échéance en 2012, avec l'évaluation par la collaboration des

CCD prototypes produits. En 2011 - début 2012, l'activité sur les bancs-tests CCD, au sein de l'infrastructure SiLab du LPNHE comprenant deux salles blanches dédiées à la mise en œuvre et la caractérisation des CCD, était centrée sur la métrologie et la lecture d'un CCD pré-prototype de e2v (CCD e2v217). Depuis le printemps 2012, nous nous concentrons sur les prototypes finaux de e2v, CCD e2v250. D'ici à fin de l'année, nous devrions caractériser les CCD STA38000 de ITL/STA.

▀ Électronique de lecture et de contrôle des CCD :

Le nombre de CCD (201) et de canaux de lecture (3216) impliquent une électronique compacte pour le plan focal de LSST. Ainsi le LPNHE et le LAL ont la charge de la conception, la qualification, la production et le test des deux ASICs du plan focal, soit :

- un ASIC pour le traitement analogique du signal directement à la sortie du CCD (ASPIC)
- un ASIC pour le contrôle (horloges et biais) des CCD (CABAC).



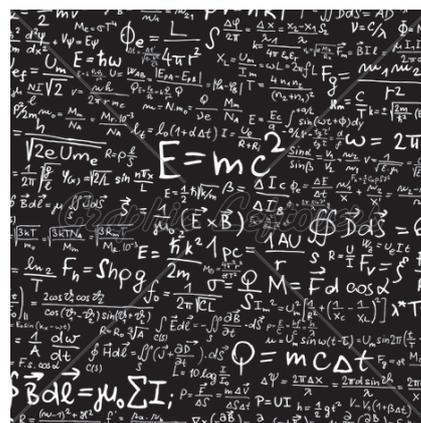
Depuis 2007, deux générations d'ASPIC ont été conçues et testées et la version finale est en cours de design. Les performances de la version actuellement disponible, ASPIC II, remplissent, dès à présent, l'ensemble des besoins clefs de LSST. Suite au succès des développements sur l'ASPIC, le développement du chip haute tension CABAC a été attribué à la même équipe en 2011. La première version du CABAC a été soumise en avril 2012. La qualification de ces ASICs, y compris avec un CCD, est un travail fondamental pour lequel un effort important a été investi avec succès au LPNHE. Ainsi les développements effectués au LPNHE autour de la caractérisation des CCD et de leurs électroniques permettent au LPNHE de se positionner pour prendre des responsabilités supplémentaires dans la construction de l'électronique finale de LSST.

▣ La mécanique associée aux filtres

Le LPNHE, en vue de sa participation à la construction du système de changement des filtres, contribue à la réalisation d'un démonstrateur d'ici 2014, dit « démonstrateur de construction », aussi proche que possible du système complet de changement de filtre. La construction de ce démonstrateur est nécessaire pour réduire les risques associés à ce système manipulant 5 filtres de 40 kg et 70 cm de diamètre chacun. Il permettra de valider la fonctionnalité du système, de tester sa résistance à l'usure (40 000 changements de filtre prévus en 10 ans) et de valider sa fiabilité. Dans cet ensemble, le LPNHE a la responsabilité du carrousel qui maintient les filtres hors faisceau. À ce jour, une étude complète a été réalisée et validée, une dernière optimisation sur le poids du carrousel étant en cours.

La construction et la qualification de certains éléments du carrousel pour le démonstrateur ont commencé, le gros de son financement étant attendu en 2013. Les autres participants au système de changement de filtres de LSST sont le CCPM (coordination, changeur de filtre proprement dit), le LPSC (système manuel de chargement des filtres), le LPCC (banc de caractérisation du démonstrateur) et l'APC (contrôle commande).

DYNAMIQUE DES SYSTÈMES AUTO-GRAVITANTS



Le modèle standard en cosmologie a connu des succès impressionnants au cours des dernières décennies. Toutefois ces succès - notamment la prévision du spectre des fluctuations de température observées dans le fond diffus cosmique (de rayonnement micro-onde) - concernent surtout le régime « linéaire » de la théorie où les fluctuations de densité sont petites. Il est moins bien établi que le même modèle puisse rendre compte des nombreuses et diverses observations qui contraignent la distribution de matière dans l'univers aux échelles plus petites (en dessous d'environ 10 Mpc) : la physique de l'agrégation de la matière devient fortement non linéaire, et c'est un défi théorique de déterminer de manière fiable les prévisions à confronter avec les observations. La motivation principale pour la recherche du groupe au LPNHE est d'améliorer la compréhension théorique de ce « régime non linéaire » de la formation des structures dans l'univers. Au cours des dernières années, cette recherche s'est centrée sur le cas d'une matière purement gravitante et non-relativiste, approximation valable pour une grande partie de l'évolution de l'univers dans le modèle standard de la cosmologie où la matière dominante est supposée sombre et froide.

Étant donné qu'il s'agit de comprendre le comportement de systèmes auto-gravitants dans la limite d'un très grand nombre de particules, il est naturel d'approcher ce problème dans le cadre de la physique statistique. Dans ce contexte, la gravité partage la difficulté commune à toute interaction à longue portée. Les méthodes standard de la mécanique statistique à l'équilibre ne peuvent notamment pas être utilisées. Les études de « modèles jouets » cherchant à dégager la physique essentielle dans un cadre simplifié ont notamment connu une activité importante ces dernières années. La recherche du groupe LPNHE se place dans le cadre de ces travaux. Elle est ainsi interdisciplinaire entre cosmologie, astrophysique et physique statistique.

Chercheurs et doctorants

M. Joyce, D. Benhaiem,
J. Morand, F. Sicard,
T. Worrakitpoonpon

Le groupe et ses collaborations

Le groupe, actuellement constitué d'un permanent et de deux doctorants, collabore régulièrement avec des chercheurs en France et à l'étranger. Les publications au cours de la période 2010-2011 sont le résultat de collaborations avec des chercheurs de l'Istituto di Sistemi Complessi (institut du Centro Nazionale della Ricerca, Italie) et de l'Istituto E. Fermi à Rome, et du Laboratoire Dieudonné à l'Université de Nice.

Projets spécifiques

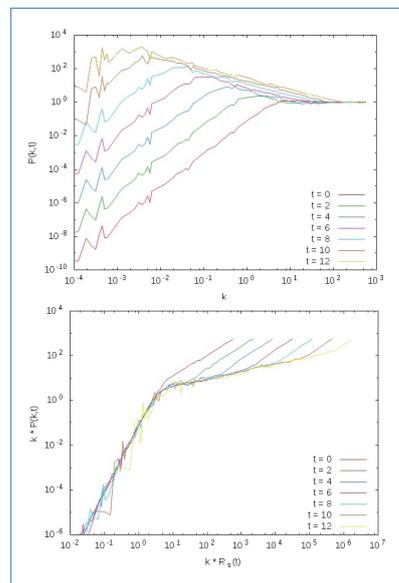
L'activité de recherche au cours des années 2010-2011 s'est développée selon plusieurs axes. D'un côté, cette période a vu la conclusion de deux thèses, et la publication de plusieurs travaux associés. La première thèse (par F. Sicard, soutenue en décembre 2010) était centrée sur l'étude d'une version simplifiée - unidimensionnelle - de simulations cosmologiques de formation de structure dans l'univers. La deuxième thèse (par T. Worrakitpoonpon, soutenue en juin 2011) était une étude théorique de plusieurs aspects de la dynamique de systèmes auto-gravitants isolés, en une et trois dimensions. Au-delà de ces projets, une étude de la dynamique d'une classe plus large de systèmes, avec interaction à longue portée, a mené à deux publications qui traitent des conditions pour l'apparition des équilibres macroscopiques observés dans ces systèmes.

Étude d'un modèle simplifié de simulations cosmologiques

Dans les simulations cosmologiques, on suit l'évolution d'un grand nombre de particules (« macro-

Figure 1

L'évolution du spectre de puissance $P(k,t)$ de la matière dans une simulation « cosmologique » à une dimension (modèle Einstein de Sitter ; le temps t indiqué est proportionnel à $\log(a)$, où a est le facteur d'échelle). Comme en trois dimensions, on observe l'amplification linéaire des fluctuations à petit k , et le développement progressif du régime non-linéaire. Le graphique en dessous montre « l'auto-similarité » de cette évolution : les $P(k,t)$ se superposent lors d'un changement d'échelle donné par la théorie linéaire.



Newtonienne »), dans un univers en expansion. Une version simplifiée est obtenue en considérant des particules limitées à une dimension avec une interaction qui correspond à l'équation de Poisson dans cette dimension (avec, comme en trois dimensions, la « soustraction » par l'expansion de la densité moyenne de matière). L'étude numérique de ce modèle a montré qu'il présente des comportements qualitativement similaires à ceux qui sont observés en trois dimensions (voir figure 1) : une croissance « hiérarchique » des structures dont le moteur est l'amplification linéaire des fluctuations initiales, et, dans le cas de fluctuations initiales en loi de puissance, un comportement « auto-similaire » des corrélations. Étant donné que son intégration numérique est extrêmement précise et permet de sonder une très grande gamme d'échelles, ce modèle fournit donc un « jouet théorique » intéressant pour aborder des questions ouvertes dans des systèmes analogues en trois dimensions. Une étude dans

ce sens (publiée dans la revue « Monthly Notices of the Royal Astronomical Society ») a montré que les exposants caractérisant le régime non linéaire dans ces modèles sont en excellent accord avec ceux prévus par l'hypothèse de « stable clustering » proposée il y a plusieurs décennies dans le cas de trois dimensions. La très grande résolution spatiale de ces simulations en une dimension permet de montrer que la distribution de la matière associée est « fractale », intrinsèquement granuleuse ou grumeleuse. Ce résultat suggère que ce qu'on appelle « modèle des halos », utilisé en trois dimensions, donne une description très incomplète de la distribution de la matière dans l'univers, correspondant à la résolution limitée des simulations numériques en trois dimensions.

Dynamique et relaxation de systèmes auto-gravitants isolés

Ce projet, qui a constitué l'essentiel de la thèse de T. Worrakitpoonpon, était une étude approfondie de

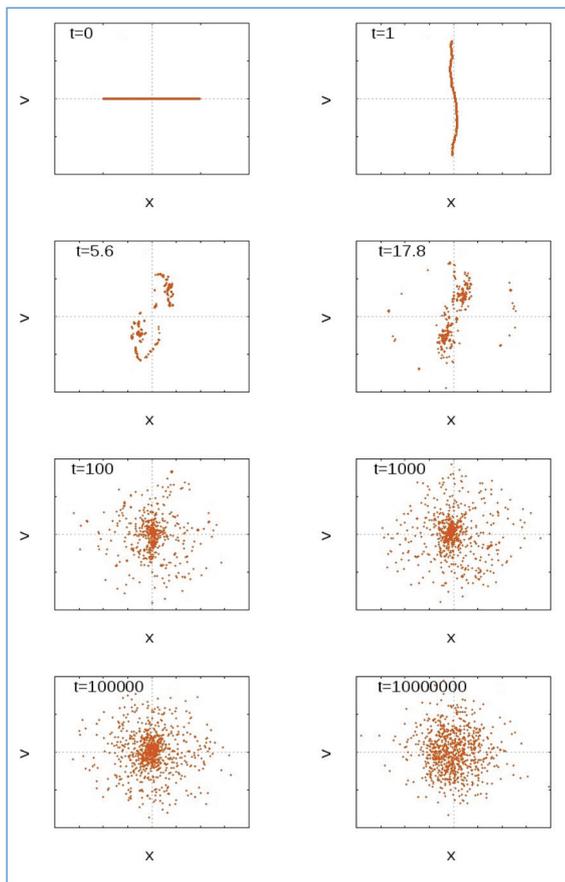


Figure 2

Évolution dans l'espace des phases (position x , vitesse v) d'un système auto-gravitant de 800 particules en une dimension (ici initialement froid et uniforme dans l'espace). On observe deux phases dans l'évolution : d'abord la formation d'un état dit « quasi-stationnaire » (analogue à un halo de matière noire en trois dimensions) ; ensuite, à des temps beaucoup plus longs, la relaxation vers l'équilibre statistique de Boltzmann.

l'évolution de systèmes de particules purement autogravitants et isolés, c.à.d. de particules initialement réparties dans une région finie de l'espace avec conditions aux limites ouvertes. L'étude s'est faite en deux temps : d'abord l'étude du système analogue en une dimension, et ensuite l'étude du cas réaliste à trois dimensions. L'évolution pour les deux cas se divise en deux phases (voir figure 2) : une première phase de « relaxation violente » vers un état qu'on appelle « quasi-stationnaire » - un équilibre viriel de type « halo » - et ensuite une phase de « relaxation thermique » (vers l'équilibre thermodynamique quand celui-ci est défini, ce qui est le cas seulement en une dimension). La première partie de l'étude, publiée dans la revue « Journal of Statistical Mechanics : Theory and Experiment », s'est focalisée sur les dépendances, dans le cas unidimensionnel, du temps de relaxation thermique en fonction du nombre de particules et de l'état quasi-stationnaire. La deuxième partie du projet (qui a mené à une publication dans la

revue « Physical Review E ») a traité des propriétés des états quasi-stationnaires, et les a comparés avec les prévisions d'une théorie statistique proposée par Lynden-Bell. Cette théorie, longtemps négligée en astrophysique, s'avère pertinente : en une et trois dimensions, les propriétés observées de ces états sont en accord avec cette théorie pour une partie de l'espace des conditions initiales. Autrement elles sont caractérisées, dans l'espace des phases, par la présence d'un « cœur dégénéré ».

▣ Dynamique de systèmes avec interaction à longue portée

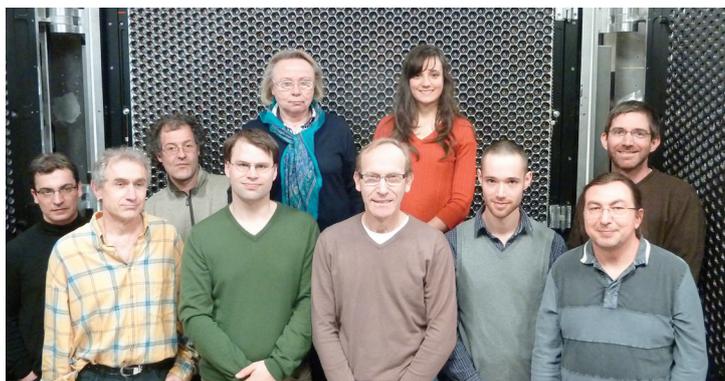
La dynamique des systèmes auto-gravitants s'insère, du point de vue de la physique statistique, dans la problématique du comportement d'une classe plus large de systèmes avec interaction à longue portée. Ces systèmes - dont il existe de nombreux exemples et qui ont été beaucoup étudiés pendant les dernières années - sont caractérisés par une décroissance lente du potentiel d'interaction, qui empêche

l'utilisation habituelle des outils de la mécanique statistique à l'équilibre. Un des faits plus marquants des plusieurs modèles qui ont été étudiés est que, comme pour la gravité, on voit l'apparition d'états « quasi-stationnaires » : des états macroscopiques stationnaires « auto-organisés » avec une durée de vie qui diverge avec le nombre de particules. Ce projet, en collaboration avec A. Gabrielli et B. Marcos, concerne la question des conditions pour l'apparition de ces états remarquables. Dans un article publié dans la revue « Physical Review Letters », la réponse à cette question a été donnée, par une étude analytique et numérique, en terme des propriétés de l'interaction. Plus spécifiquement il a été montré que c'est seulement dans le cas d'une interaction pour laquelle la force entre deux particules n'est pas intégrable à grande séparation que les états quasi-stationnaires apparaissent, indépendamment de la nature de l'interaction à courte distance.



NATURE ET ORIGINE DU RAYONNEMENT COSMIQUE

Quelle est l'origine du rayonnement cosmique de très haute énergie ? Quelle est sa composition ? Comment se propage-t-il ? Issus de phénomènes violents, les rayons cosmiques et les rayons gamma de très haute énergie offrent une fenêtre d'exploration de l'Univers à des énergies qui ne pourront jamais être étudiées par les accélérateurs de particules. De grands observatoires sont réalisés pour répondre au défi que représente le flux très faible de ces messagers. Aujourd'hui l'observatoire Auger en Argentine et le réseau de télescopes HESS installé en Namibie délivrent des données qui permettent de repousser les frontières en énergie et en sensibilité.



Les expériences d'astronomie gamma des très hautes énergies étudient l'origine des rayonnements cosmiques que nous observons sur terre à travers l'un de ses messagers les plus fidèles : le photon. Une demi-douzaine d'instruments, répartis sur le globe terrestre, captent ces photons en provenance de toutes les directions de l'Univers et reconstruisent la localisation et la morphologie des sources émettrices et interprètent leurs modes de production. Parmi ces appareillages, le réseau de télescopes à effet Cherenkov atmosphérique, HESS, collecte des données en provenance du ciel austral depuis près de dix ans. Grâce à lui, la quantité de sources astrophysiques découvertes au TeV a considérablement augmenté, non seulement en nombre mais aussi en diversité. Le catalogue de sources comporte des noyaux de galaxie actifs, des restes de supernovæ, des nébuleuses de pulsar et de nouvelles sources comme des systèmes binaires, des galaxies à flambée d'étoiles ou des radiogalaxies qui sont venues enrichir la famille des sources émettrices au TeV. Les études actuelles portent sur des objets qui se situent à la limite de la sensibilité de l'instrument, en analysant les moindres détails des objets observés. En trente années de recherche dans ce domaine, le LPNHE a largement contribué au développement de cette discipline à travers les expériences THEMISTOCLE, CAT puis HESS. Il a participé à la conception et la construction de ces appareillages comme à l'étude des sources astrophysiques qu'ils révèlent. Ces dernières années, la construction d'un nouveau télescope de grande taille, pour compléter les performances du réseau HESS à basse énergie, constitue un effort supplémentaire pour enrichir ce domaine de recherche. Enfin, les projets futurs comme le CTA, dans lequel le LPNHE joue un rôle majeur, offriront de nouvelles possibilités de découvertes en augmentant la sensibilité des instruments, en améliorant la résolution angulaire et en élargissant leur domaine en énergie.

Chercheurs et doctorants

J. Bolmont, A. Charbonnier,
C. Couturier, T. Garrigoux,
A. Jacholkowska,
O. Martineau-Huynh, D. Maurin,
C.L. Naumann, J-P. Tavernet,
P. Vincent

Équipe technique

P. Corona, P. Ghislain, C. Goffin,
J-F. Huppert, P. Nayman,
J.-M. Parraud, N. Roche,
F. Toussnel, D. Vincent

HESS : ASTRONOMIE GAMMA DES TRÈS HAUTES ÉNERGIES

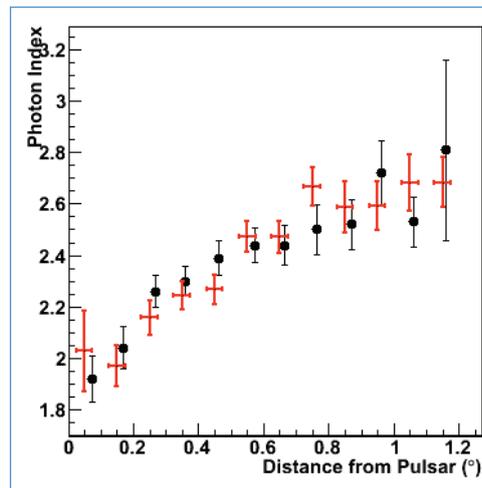


L'astronomie gamma des très hautes énergies étudie les rayonnements cosmiques dans un domaine d'énergie allant d'une centaine de GeV à plusieurs dizaines de TeV. Ces rayonnements n'atteignent pas directement la surface de la terre ; leurs études sont réalisées, au sol, par des réseaux de télescopes qui enregistrent une lumière ténue issue de leur interaction dans les hautes strates de l'atmosphère terrestre. À ces énergies, les satellites ne

permettent pas de reconstruire de façon efficace ces photons. Leur surface de détection est insuffisante pour contenir les cascades de particules qui se développent lors de leur interaction et donc de reconstruire les paramètres caractéristiques des photons incidents dans leurs intégralités. De plus, le flux observé de ces particules chute drastiquement quand l'énergie augmente ; il est alors nécessaire d'accroître la surface efficace de détection pour augmenter la statistique accumulée et étudier les sources de ces rayonnements. L'étude de ces rayonnements a comme objectif de révéler les lieux de production et les mécanismes d'accélération des particules dans l'univers. Des sources astrophysiques comme les supernovæ, les pulsars ou les noyaux actifs de galaxies (AGN) - galaxies renfermant vraisemblablement, en leur centre, un trou noir dont l'activité engendre

Figure 2

Développement de l'index spectral en fonction de la distance du pulsar pour la source HESS J1825-137. Etude présentée [croix rouges], les points noirs sont issus de Aharonian et al., 2006 [Stefan Funk].



des jets de particules ultra-relativistes - permettent d'interpréter une partie du spectre en énergie des rayonnements cosmiques observés sur terre. Toutefois, les émissions de ces sources n'atteignent pas des valeurs en énergie suffisantes pour expliquer les régions extrêmes du spectre détecté sur terre. L'utilisation des rayonnements gamma, particules de charge électrique nulle et sans masse - ne subissant pas de déflexion dans des champs électromagnétiques - permet de localiser ces objets et ainsi de révéler l'origine des rayonnements cosmiques que nous observons. Le groupe du LPNHE collabore depuis 1998 à l'expérience HESS. La première phase du programme consiste en un réseau de quatre télescopes à effet Cherenkov, installé en Namibie à environ 1800 mètres d'altitude dans la région quasi-désertique du Gamsberg (voir figure 1). Le LPNHE a conçu et réalisé l'ensemble de l'électronique de lecture et de déclenchement des quatre caméras qui équipent ces télescopes ainsi que les systèmes d'acquisition associés. Il a développé les programmes de gestion des bases de données et de communication entre les différentes composantes de l'expérience. Le groupe a été maître d'œuvre dans l'assemblage des caméras,

leur installation et leur mise en service et il assure, depuis dix ans, leur maintenance. Il a également développé les systèmes de calibrage du détecteur, les programmes de simulation et d'analyse de l'expérience, contribuant ainsi activement à la centaine d'articles publiés par la collaboration. Le groupe centre ses travaux de recherche sur l'étude du fond diffus des rayonnements, la recherche de matière noire dans l'Univers et la mise en évidence d'un indice de violation de l'invariance de Lorentz.

Étude de l'invariance de la symétrie de Lorentz

Certaines théories d'unification des forces fondamentales de l'univers envisagent une possible violation de l'invariance de Lorentz. Des modèles de Gravitation Quantique prédisent une structure granulaire à l'espace-temps avec un caractère discret pour les surfaces et les volumes. Par analogie avec la propagation des photons dans un réseau cristallin - où la vitesse à laquelle une onde peut se propager, en interaction avec son milieu, dépend de sa fréquence et donc de son énergie - on se trouve dans des conditions où une relation de dispersion pour la propagation des photons peut émerger. À très hautes énergies, proches de l'énergie de Planck, des

effets de violation de l'invariance de Lorentz pourraient donc apparaître. Il est possible de tester cette invariance en recherchant des écarts temporels dans le temps d'arrivée de photons de différentes énergies émis simultanément par une source. Pour mesurer de tels effets, il est essentiel de disposer de photons d'écart en énergie important et de sources lointaines. D'autre part, les sources doivent être variables pour pouvoir mesurer des écarts temporels. Les sources comme les sursauts gamma, les noyaux actifs de galaxie ou les pulsars possèdent certaines de ces caractéristiques. Trois techniques pour mesurer l'écart temporel entre photons d'énergies différentes ont été récemment développées au laboratoire. Toutes se basent sur l'étude d'une ou deux distributions des temps d'arrivées des photons, ainsi que sur leur distribution en énergie. La première méthode consiste à mesurer l'écart temporel directement à l'aide d'une corrélation croisée. La deuxième méthode, plus complexe, consiste à lisser les fluctuations statistiques des courbes de lumière à l'aide d'un seuillage des coefficients en ondelettes (transformée en ondelettes discrètes) puis à localiser les extrema des courbes par une transformée en ondelettes continue. Les extrema

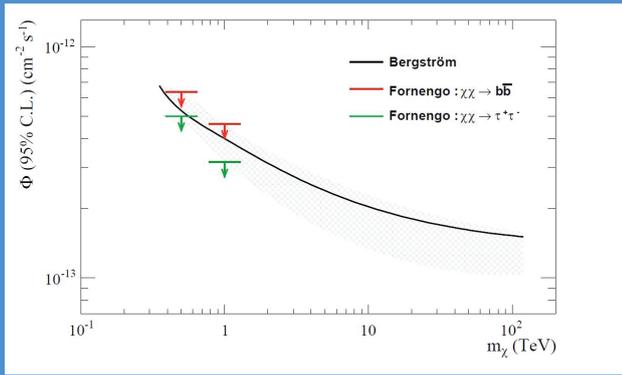


Figure 3

Limite supérieure sur le flux à 95 % de degré de confiance, pour un spectre de rayons produits lors de l'annihilation de particules de matière noire de la galaxie naine sphéroïde Carina. Les spectres adoptés sont paramétrés par Bergström et al. (1998) pour une annihilation générique, et par Fornengo et al. (2004) pour les canaux d'annihilation des quarks b en méson tau. La région grisée correspond à l'extrapolation des deux canaux d'annihilation estimés pour un neutralino de 1 TeV, à toute la gamme de masse.

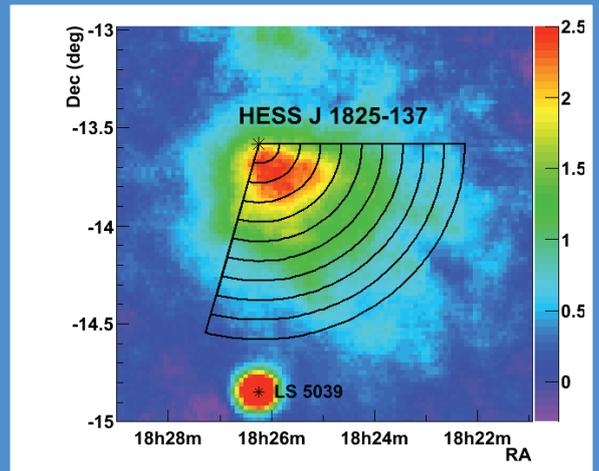


Figure 4

Carte d'excès du ciel autour de la position de la source HESS J1825-137. Les différentes zones d'essai pour l'évaluation de l'évolution de l'indice spectral de la source sont représentées. En bas de la figure on peut apercevoir le signal de la source binaire LS 5039.

sont ensuite appariés et l'écart temporel moyen peut être déterminé. La troisième méthode utilise une technique de maximisation de vraisemblance qui nécessite le paramétrage de la courbe de lumière à basse énergie et du spectre. Le calcul de vraisemblance compare le temps d'arrivée et l'énergie des photons de haute énergie aux paramétrages obtenus dans le domaine des basses énergies pour déterminer directement l'écart temporel entre photons. Ces analyses menées au laboratoire sur le noyau actif de galaxie PKS 2155-304, ont permis de déterminer des limites inférieures sur l'échelle en énergie de la gravitation quantique.

Recherche de matière noire

Les candidats privilégiés pour la recherche d'un signal γ issu de l'annihilation de particules de matière noire, sont le centre galactique et les galaxies naines sphéroïdes (dSph). Des pics de densité de matière noire – et ainsi du flux de rayons – sont attendus

vers ces régions, qui ont déjà fait l'objet de campagnes d'observation, entre autres par l'expérience HESS. Différentes méthodes d'analyse des données ont été développées pour des sources ponctuelles ou de faibles étendues spatiales comme les dSph Carina (voir figure 2) et Sculptor. D'autre part, des modèles de formation des structures prédisent l'existence de sous-halos de matière noire dans le halo englobant la Voie Lactée. Leur masse peut descendre jusqu'au milliardième de masse solaire. Les sous-halos de grande masse correspondent aux dSph. Des simulations numériques à N-corps étudiant la formation des structures peuvent prédire un signal d'annihilation en provenance de ces sous-halos. Cependant, les plus performantes n'atteignent actuellement que des masses de l'ordre d'environ mille masses solaires. Le groupe, en collaboration avec l'Université de Leicester, a développé un modèle fondé sur une approche semi-analytique calculant le signal d'annihilation de matière noire le long d'une ligne

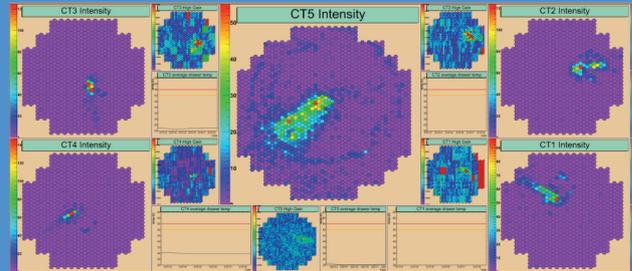
de visée. Cette simulation permet de produire des cartes intégrant les sous-structures jusqu'aux plus basses masses. L'objet ou la distribution étudiée peuvent être le halo de la Galaxie, une dSph, ou toute distribution de sous-structures de matière noire dans la Galaxie. Cet outil qui a fait l'objet de publications est devenu public.

Compréhension de l'émission diffuse

La majorité des objets observés jusqu'à présent sont ponctuels ou peu étendus spatialement. Des émissions diffuses sont néanmoins attendues, issues de l'interaction des rayons cosmiques se propageant dans la Galaxie avec le milieu interstellaire. Ces dernières années, d'une part grâce à une meilleure compréhension des bruits de fond de l'instrument, et après une phase naturelle dédiée à l'analyse et la détection des sources actives, des sources étendues (de l'ordre du degré) ont fait leur apparition, pour lesquelles les méthodes classiques de soustraction de fond sont moins



La caméra HESS II au milieu des 4 caméras HESS I.



Premiers événements enregistrés le 14 juillet 2012 par les cinq caméras.

performantes. De plus, dans le cas de sources qui s'étendraient sur l'ensemble du champ de vue de l'instrument (5°), les techniques d'analyse optimales sont encore à définir. Des émissions diffuses peuvent être modélisées dans le cadre de l'astrophysique classique, mais aussi par l'annihilation de matière noire. La première assertion se base sur l'extrapolation au TeV de l'émission diffuse observée au GeV. La deuxième origine concerne le halo galactique de matière noire, qui pourrait être la source d'une émission diffuse présentant un gradient relativement au centre galactique. Des efforts ont porté sur la mise en œuvre de la méthode classique de soustraction de fond pour la recherche de ces émissions.

Études des sources astrophysiques

L'amélioration des techniques d'analyse et l'accumulation des données sur les sources galactiques nous permettent d'entreprendre de

nouvelles études plus poussées sur la morphologie des objets observés. Ainsi, une nouvelle technique d'estimation du fond hadronique et de la mauvaise identification de gerbes simulant le comportement de rayonnements électromagnétiques est développée sur les cartes de ciel prises hors source ou soustrait des sources existantes afin de contraindre simultanément le signal gamma en estimant les différentes composantes de fond dans un ajustement global des données. L'application de cette méthode sur la nébuleuse de pulsar HESS J1825-137 (voir figure 4) reproduit correctement les résultats obtenus par d'autres analyses plus classiques et présente une précision accrue du fait de l'optimisation intrinsèque de l'utilisation des cartes de fond (voir figure 3).

La seconde phase de HESS

Depuis l'année 2004, le groupe est engagé dans la seconde phase du projet HESS qui consiste à ajouter au centre du réseau actuel un

cinquième télescope doté d'une focale de 35 mètres, un miroir de $\sim 600 \text{ m}^2$ pour un poids total de 500 tonnes (voir figure 1). Avec ce cinquième élément le seuil de déclenchement de l'expérience devrait décroître à une vingtaine de GeV et la sensibilité totale du réseau va augmenter de près d'un ordre de grandeur. Le groupe du LPNHE coordonne la construction de la contribution française qui est concentrée autour de la caméra de ce nouvel instrument. Il a acquis en plus de l'ensemble de l'électronique de la caméra la responsabilité des détecteurs de photons et les différents systèmes d'acquisition. 2010 et 2011 sont les années clés de la mise au point de cette caméra. Les derniers éléments – le système de calibrage, de sécurité et de déclenchement central – ont été intégrés à l'appareil en collaboration avec LUPM, le LAPP et le MPIK de Heidelberg. La caméra a été installée sur le site de l'expérience début juin 2012 et les premiers événements enregistrés dès la mi-juillet.

L'OBSERVATOIRE PIERRE AUGER



L'observatoire Pierre Auger, en Argentine, est le plus grand détecteur de rayons cosmiques (RC) du monde. Il est constitué d'un réseau de 1 600 détecteurs déployés sur 3 000 km² et de 24 télescopes de fluorescence. Ces instruments observent les cascades de quelques milliards de particules, produites dans l'atmosphère par les RC les plus énergétiques de l'Univers (au delà de 1 EeV). Auger utilise une technique de détection « hybride », combinant détecteurs de particules et fluorescence qui améliore substantiellement l'étalonnage de l'énergie et l'identification des particules primaires.

L'observatoire a déjà produit d'importants résultats scientifiques. En premier lieu la suppression du flux à très hautes énergies est maintenant établie. Tout aussi importante, la distribution des directions d'arrivées pour laquelle un fort signal de corrélation avec les AGN a été observé en 2007. Aujourd'hui cette corrélation est moins forte, mais reste supérieure à celle attendue pour une distribution isotrope. Plus délicate mais particulièrement intéressante est la mesure de la composition. Au regard des modèles d'interactions hadroniques, les mesures indiquent que la composition des RC évolue d'un élément léger vers un élément lourd. Depuis 1992 et la mise en place de l'observatoire jusqu'à aujourd'hui avec la maîtrise de nombreuses analyses, l'équipe du LPNHE a joué un rôle central et fondamental dans l'établissement de cette discipline de recherche en France. Elle se tourne maintenant vers de nouvelles méthodes d'identification, soit avec les données existantes, soit avec des nouveaux projets expérimentaux. Elle pilote notamment le projet EASIER de détection des ondes radio et micro-ondes et participe à la coordination internationale qui se met en place pour définir le prochain grand détecteur de gerbes terrestre. Ainsi l'Observatoire Auger, dont le mandat sera renouvelé en 2015, deviendra également un gigantesque atelier d'innovations pour développer les techniques du futur.

Chercheurs et doctorants

J. Aublin, P. Billoir,
M. Blanco-Otano, L. Caccianiga,
R. Gaior, S. Gambetta,
P. L. Ghia, A. Letessier-Selvon,
C. Macolino, I. Mariş,
M. Münchmeyer, H. Rivera

Équipe technique

J. Coridian, J. David, H. Lebbolo,
R. Randriatoamanana, P. Repain



Figure 1

Un détecteur Auger SD instrumenté avec une antenne EASIER au GHz (à droite).

Le groupe du LPNHE collabore à l'observatoire Auger depuis sa création en 1998. Responsable du système central d'acquisition, l'équipe a fourni à la collaboration un système fonctionnel de collecte des données dès 2001. De plus elle a écrit un ensemble complet d'outils pour la visualisation, la reconstruction et l'analyse des données du réseau de surface. Ces outils ont servi aux premières analyses et publications. Responsable des analyses en anisotropies dès le début de la prise de données en 2004 et à partir de

2008 de la coordination générale des activités scientifiques, le groupe a aussi la responsabilité de tâches spécifiques comme le monitoring, les recherches de sources ponctuelles, les neutrinos, la reconstruction, ou enfin la présidence du bureau éditorial. Aujourd'hui nous avons aussi lancé une activité de R&D (EASIER pour Extensive Air Shower Identification with Electron Radiometer) qui vise à exploiter le rayonnement électromagnétique des cascades pour mieux identifier la nature des RC primaires.

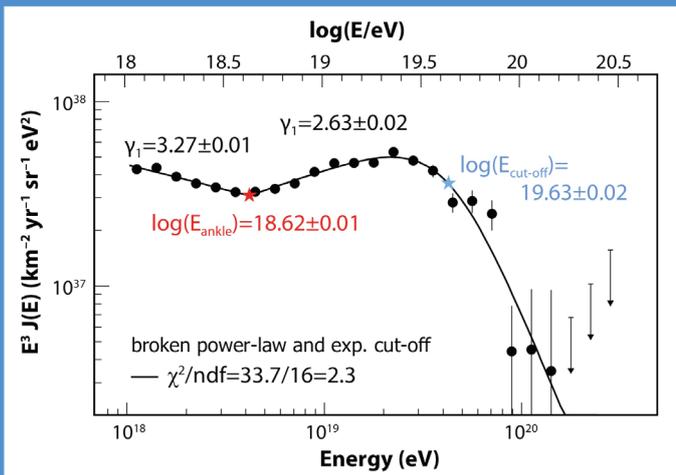


Figure 2

Spectre d'énergie combiné multiplié par E^3 .

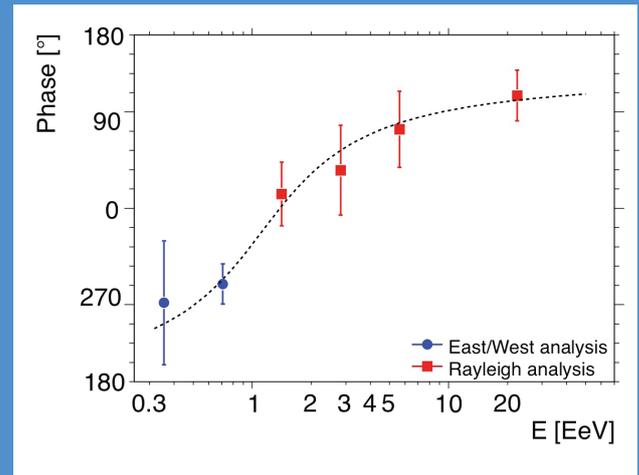


Figure 3

Évolution de la phase en fonction de l'énergie.

Reconstruction et spectre d'énergie

L'équipe a la responsabilité du groupe de travail sur la reconstruction des événements avec le réseau de surface (SD). Des progrès ont été réalisés sur la qualité de la reconstruction en développant de nouveaux algorithmes et grâce à une meilleure maîtrise des erreurs systématiques. Ces progrès ont permis notamment de combiner le spectre d'énergie obtenu avec les données hybrides (où l'essentiel des informations provient des télescopes à fluorescence, FD, avec un complément du SD pour la géométrie) avec celui du SD seul (où toutes les informations proviennent du SD). La forme du spectre combiné (voir figure 2), publié par la collaboration en 2010, montre clairement deux ruptures de pente : la première (la « cheville »), se produit à $\log(E)=18.62\pm 0.01$; la seconde à $\log(E)=19.63\pm 0.02$. L'origine de ces deux ruptures n'est pas encore déterminée. La cheville pourrait correspondre soit à la transition entre une dominance Galactique puis extragalactique du flux observé, soit à l'atténuation d'un

flux extragalactique de proton par la production de paires e^+e^- sur le fond cosmologique. La deuxième rupture, déjà annoncée par la collaboration en 2007, puis confirmée en 2010, correspond soit à ce qu'on attend par le mécanisme de perte d'énergie des rayons cosmiques (effet GZK) soit à la limite d'accélération des sources. Pour éclaircir l'origine de la cheville, un sous-réseau plus compact de 61 détecteurs a été achevé en 2011. Son efficacité de détection atteint 100 % pour une énergie voisine de 0.3 EeV, ce qui permet d'étendre le domaine d'étude du détecteur à plus basse énergie. Le contrôle et la surveillance de l'état du sous-réseau, l'exposition ainsi que le calcul du spectre correspondant ont été effectués lors du travail de thèse de Hugo Rivera (co-tutelle avec l'Université de Milan). Le premier spectre d'énergie obtenu avec le sous-réseau (présenté à l'ICRC 2011) est en très bon accord avec le spectre combiné.

Anisotropies

▀ Analyse en ascension droite :

Aux énergies de l'ordre de l'EeV, on s'attend à observer une modulation

à grande échelle angulaire du flux de rayons cosmiques de l'ordre de 1 %. Cette mesure nécessite donc de connaître l'exposition du détecteur avec une meilleure précision, et de contrôler les différentes sources d'incertitudes systématiques. Cette analyse constitue la majeure partie de la thèse de Moritz Münchmeyer. Une mesure de la première harmonique en ascension droite a été effectuée pour des énergies comprises entre 0.3 EeV et ~ 30 EeV et a fait l'objet d'une publication. L'amplitude de la première harmonique ne montre pas d'anisotropie significative : des limites supérieures contraignantes ont donc été placées. Cependant, l'évolution de la phase avec l'énergie (voir figure 3) montre une évolution cohérente avec une transition entre 1 et 5 EeV (correspondant à la cheville dans le spectre). Cette transition pourrait annoncer un vrai signal dont l'amplitude ne pourra être déterminée qu'avec un plus grand nombre d'événements.

▀ Analyse en dipôle et quadripôle :

L'équipe a également étudié les effets du champ géomagnétique qui induit une anisotropie quasi

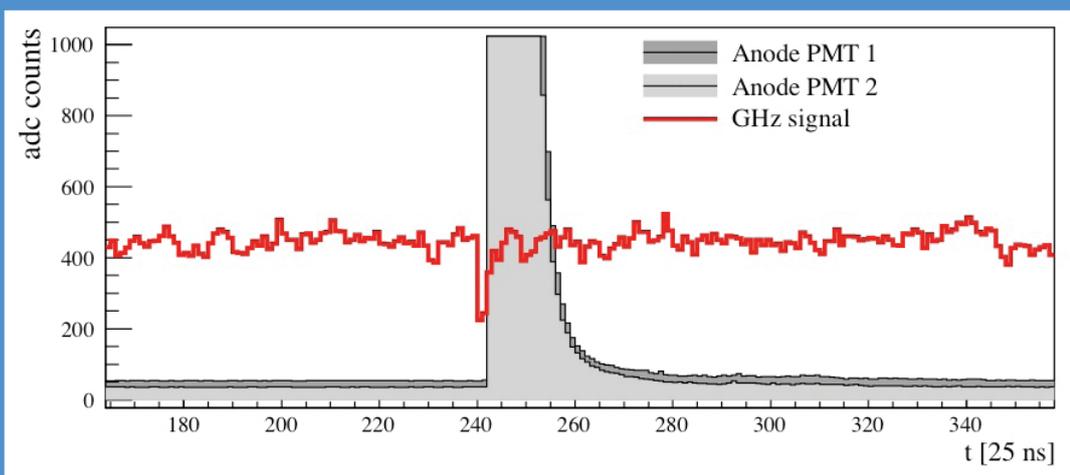


Figure 4

Premier signal GHz mesuré par EASIER. L'énergie estimée de la gerbe ayant produit ce signal est ~ 14 EeV.

dipolaire sur le ciel avec une amplitude de l'ordre de 2 %. Cet effet doit être pris en compte pour une analyse complète de la distribution angulaire. Ce travail a fait l'objet de deux publications coordonnées par l'équipe et est également au centre de la thèse de Moritz.

Recherche de sources ponctuelles :

L'équipe a la responsabilité du groupe de travail sur la recherche de sources ponctuelles. La recherche de sources ponctuelles de neutrons a été effectuée aux énergies voisines de ~ 1 EeV dans toutes les directions du ciel, ainsi que pour une liste de cibles potentielles choisies parmi les sources gamma les plus puissantes vues par HESS et Fermi. À ces énergies, les neutrons peuvent parcourir une dizaine de kpc avant de se désintégrer et ne sont pas défléchis par les champs magnétiques. Aucun signal significatif n'a été détecté : une carte du ciel des limites supérieures sur le flux de neutrons est en cours de publication. Aux énergies supérieures à 20 EeV, une recherche de multiplets d'événements alignés sur le ciel a été effectuée et n'a pas

trouvé d'alignements significatifs (publié en 2011). La corrélation des événements de très haute énergie ($E > 55$ EeV) avec les catalogues de sources astrophysiques est toujours étudiée. Les derniers résultats publiés donnent un degré de corrélation de (38 ± 5) % avec les AGNs du catalogue Véron-Cetty & Véron, alors que la valeur de 21 % est attendue dans le cas isotrope.

Identification des particules primaires (composition)

Les données du FD sur le profil longitudinal des gerbes montrent que plus les primaires sont énergétiques plus ils interagissent haut dans l'atmosphère et ce avec de moins en moins de variation d'une gerbe à l'autre. Ces deux tendances, associées aux modèles d'interactions hadroniques actuels, indiquent que la composition des RC évolue d'un élément léger (des protons) vers un élément lourd (du fer). Un tel alourdissement à très haute énergie est peu compatible avec l'observation d'une anisotropie étant donné l'existence des champs magnétiques Galactique et extragalactique.

Cependant, les incertitudes sur les modèles d'interaction hadronique à très haute énergie ne permettent pas de conclure sans ambiguïté. Le SD est lui aussi sensible à l'état d'avancement de la gerbe au niveau du sol, et donc indirectement à la composition : différentes méthodes donnent des résultats compatibles avec ceux du FD, mais encore peu contraignants. Notre équipe continue cet effort sur les données actuelles en développant d'autres méthodes. Pour améliorer significativement l'information fournie par ce détecteur, des extensions matérielles sont fortement souhaitables. Ce point est traité dans le paragraphe suivant.

Extensions et développements futurs

L'investissement principal du groupe est le projet EASIER de détection des signaux radio et micro-ondes émis par la composante électromagnétique des gerbes. Ce signal a l'avantage d'avoir une amplitude proportionnelle à l'énergie de la gerbe dans le domaine d'émission cohérente, et est détectable à tout moment, contrairement aux signaux de



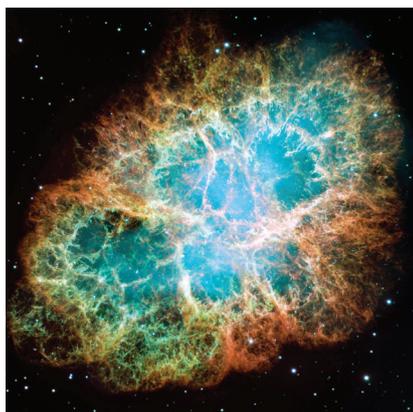
fluorescence visible seulement par nuit claire et sans lune. La détection radio a pour ambition de reconstruire le profil longitudinal des gerbes avec une précision comparable à celle des télescopes à fluorescence mais avec un cycle utile proche de 100 %. Pour simplifier la détection, EASIER associe à chaque cuve du SD une antenne radio (soit entre 20 et 70 MHz soit entre 3 et 4 GHz) et asservit l'enregistrement des données au système de déclenchement de la cuve (voir figure 1).

Le projet EASIER a reçu un premier financement des programmes « Particules et Univers » (IN2P3) et « Emergence » (UPMC) puis directement de l'IN2P3. Cela a permis, en collaboration avec le laboratoire SUBATECH de Nantes, le LPSC de Grenoble et l'IPN d'Orsay, de tester, en laboratoire et sur le terrain, la définition d'une configuration des antennes et de leur système d'acquisition, puis d'instrumenter 14 cuves sur le site de l'Observatoire. Une extension à 61 cuves est financée et en cours d'installation à la date d'écriture de ce rapport. Le projet EASIER constitue l'essentiel de la thèse de Romain Gaior et est une partie

importante de la thèse de Silvia Gambetta (en co-tutelle avec l'Université de Gènes). Les résultats acquis sont déjà très encourageants : l'émission radio est clairement associée à de nombreux événements, avec les caractéristiques attendues (corrélations avec l'énergie, anisotropie Nord-Sud due au champ magnétique local, dépendance latérale de type exponentiel). Côté micro-ondes, l'observation par EASIER d'un signal micro-ondes produit, sans ambiguïté, par une gerbe atmosphérique en juin 2011 constitue une première mondiale (voir figure 4).

Récemment, l'équipe du laboratoire a proposé d'apporter un certain nombre d'améliorations aux SD. Une tâche (« Beyond 2015 ») a été mise en place par la collaboration autour de ces idées. Il s'agit en particulier de la mise en place de nouveaux systèmes de déclenchement, de l'augmentation de la cadence d'échantillonnage, du changement physique de la réponse des cuves pour une meilleure discrimination des muons et de la partie électromagnétique, de l'association d'un nouveau capteur (« à la » EASIER). Les études sur le déclenchement sont les plus avancées : les nouveaux

algorithmes permettent d'abaisser le seuil en énergie du réseau de surface, d'accroître le nombre de stations activées par événement, de réduire le biais actuel en faveur des gerbes riches en muons, et d'augmenter l'efficacité de détection des photons et neutrinos. Ils ont pu être implémentés sans aucun ajout matériel tout en conservant les algorithmes qui existaient depuis dix ans. Les tests sont en cours sur le réseau ; les performances sont conformes à ce qui était attendu par simulation.



Credit NASA/STScI



Le « Cerenkov Telescope Array » (CTA) est le futur observatoire international dédié à l'étude des rayonnements gamma de très hautes énergies. Réseau d'une centaine de télescopes déployés sur deux sites, un dans chaque hémisphère, ce projet s'inscrit dans la suite des expériences HESS, MAGIC et VERITAS, qui ont ouvert l'investigation du cosmos aux très hautes énergies avec la détection d'une centaine de sources de types très divers. Après ces travaux précurseurs, le projet CTA ouvrira l'exploration en profondeur de notre univers en rayons gamma au-delà de quelques dizaines de GeV et étudiera pleinement les processus cosmiques extrêmes qui sont mis en jeu, en fournissant une image en rayons gamma de très hautes énergies de notre univers avec une sensibilité jamais atteinte. La gamme d'énergie envisagée s'étend d'une dizaine de GeV à une centaine de TeV. Pour atteindre ces objectifs, le réseau sera composé de trois types de télescopes avec des miroirs de tailles différentes. Quelques télescopes de 24 mètres de diamètre sont dédiés à la basse énergie ; le milieu de gamme, le cœur de l'observatoire, de 100 GeV à 1 TeV, sera couvert par une trentaine de télescopes de 10-12 mètres de diamètre ; les instruments de haute énergie seraient composés d'un grand nombre de petits télescopes (4-6 mètres de diamètre). La conception des instruments est basée sur une technologie éprouvée, ce qui permet des prédictions fiables des paramètres de performance de l'observatoire. Les simulations prévoient une amélioration d'un facteur 5 à 10 en sensibilité dans le domaine couvert actuellement par les expériences de très hautes énergies.

Les activités du LPNHE s'orientent dans le développement d'électronique frontale des caméras des télescopes de moyenne taille en proposant un design basé sur le savoir-faire acquis dans les différentes phases de l'expérience HESS, ainsi qu'une contribution au « Physics Design Report » de CTA.

Chercheurs et doctorants

J. Bolmont, A. Jacholkowska,
C. Naumann, J-P. Tavernet,
P. Vincent

Équipe technique

P. Corona, P. Gauron, P. Ghislain,
C. Goffin, J-F. Huppert,
P. Nayman, J.-M. Parraud,
F. Toussenel

CTA : UN OBSERVATOIRE POUR L'ASTRONOMIE GAMMA DES TRÈS HAUTES ÉNERGIES

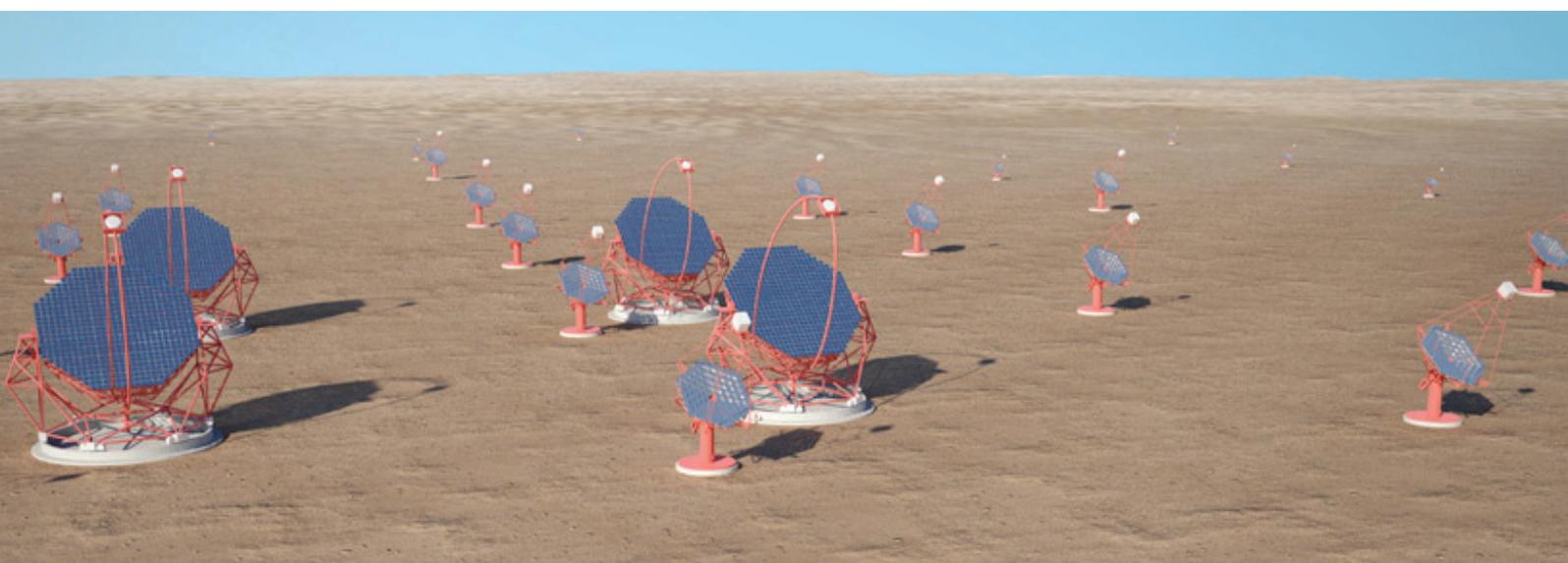


Figure 1

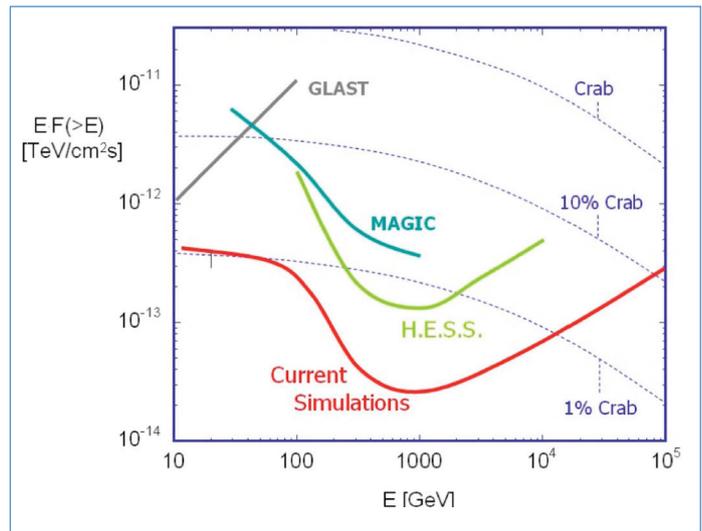
Vue d'artiste du futur réseau de télescopes à effet Cherenkov, CTA.

Ces dernières années, l'astronomie gamma au sol a connu des avancées majeures et des résultats astrophysiques spectaculaires, obtenus par les instruments de nouvelle génération comme HESS, MAGIC, VERITAS et MILAGRO. Les grandes réalisations de ces projets comprennent le premier balayage en gamma de très haute énergie de la partie interne de notre galaxie, qui a révélé une multitude de nouvelles

sources appartenant aux catégories comme les supernovæ en coquille, les nébuleuses à vent de pulsar, les régions à formation d'étoiles et les systèmes binaires. Certaines de ces sources, appelées « accélérateurs noirs » n'ont pas de contrepartie dans les autres longueurs d'onde. Cela montre donc une nouvelle fonctionnalité de l'astronomie gamma au sol de découvrir des sources. Le potentiel de découverte et d'études physiques a été démontré, pas uniquement dans le domaine des observations astrophysiques, mais aussi en physique des particules et en cosmologie.

Figure 2

Courbes de sensibilité du réseau CTA (en rouge) comparée aux expériences actuelles au sol (bleu et jaune) et embarquée sur satellite (vert).



Le Cherenkov Telescope Array (CTA) (voir figure 1) est la prochaine génération d'instruments dans le domaine de l'astronomie gamma au sol. Il sera composé de deux réseaux : le premier dans l'hémisphère sud, qui couvrira toute la gamme d'énergie envisagée d'une dizaine de GeV à environ 100 TeV afin de permettre une étude approfondie des sources galactiques, de la partie centrale de notre Galaxie, et aussi pour l'observation des objets extragalactiques.

Le second, dans l'hémisphère nord, dédié aux basses énergies (d'une dizaine GeV à environ 1 TeV) se consacrera principalement aux objets extragalactiques. L'observatoire avec ses deux sites sera exploité par un consortium unique. Une fraction significative du temps d'observation sera ouverte à la communauté internationale et disposera d'installations propres pour le soutien aux utilisateurs.

Les objectifs scientifiques du projet CTA peuvent être déclinés en trois principaux thèmes : comprendre l'origine des rayons cosmiques et leur impact sur les constituants de l'Univers, révéler la nature et la variété des accélérateurs de particules et enfin rechercher la

nature ultime de la matière noire et étudier les phénomènes physiques au-delà des modèles standards. Comprendre l'origine des rayons cosmiques consiste à étudier les phénomènes physiques intervenant dans les accélérateurs de particules galactiques comme les pulsars et les nébuleuses de vent de pulsars, les restes de supernovæ, et les systèmes binaires ainsi que l'impact de particules accélérées sur leur environnement.

Étudier la nature des accélérateurs cosmiques pourra être possible pour CTA qui sera en mesure de détecter un grand nombre d'objets de chaque type pour permettre des études de population. Cette augmentation du nombre de sources sera due, dans le domaine des énergies intermédiaires, à une augmentation de la sensibilité du système d'un ordre de grandeur par rapport aux expériences existantes. Aux basses énergies, cette augmentation sera due à la diminution du seuil en énergie qui ouvrira la voie à la détection d'AGN (noyaux actifs de galaxie) lointains. Enfin, elle sera due aussi à l'exploration des très hautes énergies, au-dessus d'une centaine de TeV (voir figure 2).

Le dernier thème, abordé par CTA,

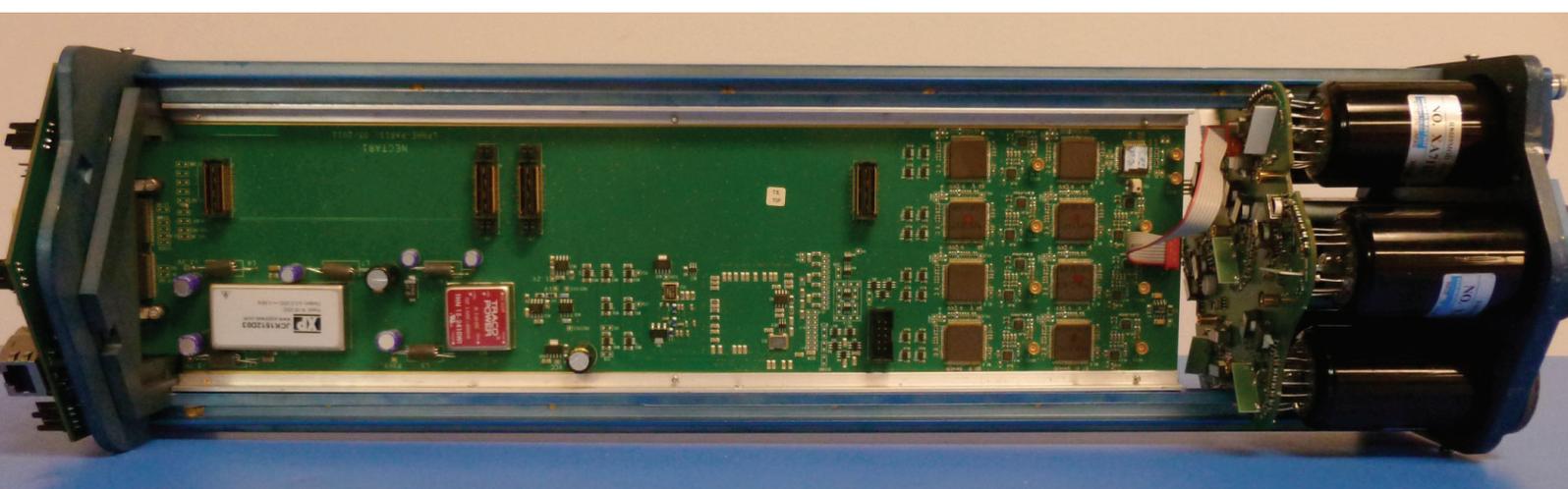


Figure 3

Module de détection NeCTAr.

concerne la nouvelle physique. Il comprend la recherche de la matière noire par la détection d'éventuelles annihilations dans les canaux produisant des gamma, les tests de l'invariance de Lorentz, et toutes autres signatures observationnelles qui pourraient changer notre description la plus fondamentale de l'Univers.

Le LPNHE a acquis une très grande compétence dans la construction de caméras dédiées à la détection des gerbes de particules atmosphériques et il coordonne, au sein de ce projet, le groupe de travail sur l'électronique des caméras qui équiperont ces futurs détecteurs. Il participe également à trois autres groupes de recherche dévoués notamment à l'étude des objectifs scientifiques, aux développements de simulations pour définir les caractéristiques du système, et à l'étude des détecteurs de photons. Dans ce but, un banc de tests dédié aux mesures de caractérisation des photo-détecteurs est en fonctionnement au laboratoire. Associé à l'IRFU du CEA de Saclay, au LUPM de Montpellier et à des laboratoires espagnols, notre groupe développe dans le cadre de l'ANR NeCTAr (obtenu en 2009 sur une

durée de trois ans) une électronique de lecture et de déclenchement pour équiper les projets futurs tels que CTA. NeCTAr (New Electronics for Cherenkov Telescope Array) a pour objectif de concevoir un système complet de détection. Le module (voir figure 3) complet se compose des détecteurs de photons (photomultiplicateurs), d'une carte haute-tension, et d'une carte d'électronique de lecture et déclenchement. Ce concept est compact et autonome et les données numérisées sont disponibles par Ethernet. Le premier prototype a été construit et testé, permettant de valider la chaîne complète de détection. L'étape suivante est de construire deux ensembles opérationnels de sept modules interfacés à travers un système de déclenchement centralisé afin de valider les différents aspects des mécanismes de déclenchement. Ces travaux font partie du projet scientifique GATE sélectionné par la région Ile de France lors de l'appel d'offre SESAME 2010.

En parallèle, un travail de simulation important a été engagé pour déterminer les paramètres essentiels de l'électronique des caméras

et pour étudier les différentes stratégies de leur déclenchement. L'ampleur du projet nécessite le développement de systèmes de déclenchement plus élaborés pour sélectionner efficacement le signal tout en réduisant le flot de données transférées aux systèmes de stockage. L'idée développée est de lire uniquement les modules ayant déclenché et leurs voisins proches associés à un système temporel permettant de suivre le développement de l'image de la gerbe (initiée par la particule incidente) sur la caméra.

L'optimisation de la configuration du réseau pour la recherche de matière noire ou de violation de l'invariance Lorentz est une autre branche d'activité. Les premiers résultats montrent une augmentation d'au moins un facteur 10 sur les différentes mesures actuelles.

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

Publications

ATLAS

1. *Time resolution of the ATLAS barrel liquid argon electromagnetic calorimeter*, Aharrouche, M. et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 597, 178 (2008)
2. *Measurement of inclusive jet and dijet production in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV using the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1112.6297 [hep-ex].
3. *Search for heavy vector-like quarks coupling to light quarks in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1112.5755 [hep-ex].
4. *Observation of a new χ_b state in radiative transitions to $T(1S)$ and $T(2S)$ at ATLAS*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1112.5154 [hep-ex].
5. *Search for first generation scalar leptoquarks in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1112.4828 [hep-ex].
6. *Search for contact interactions in dilepton events from pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1112.4462 [hep-ex].
7. *Search for production of resonant states in the photon-jet mass distribution using pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1112.3580 [hep-ex].
8. *Search for the Higgs boson in the $H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow l\nu l\nu$ decay channel in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1112.2577 [hep-ex].
9. *Search for Extra Dimensions using diphoton events in 7 TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1112.2194 [hep-ex].
10. *Measurement of the WZ production cross section and limits on anomalous triple gauge couplings in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1111.5570 [hep-ex].
11. *Search for Diphoton Events with Large Missing Transverse Momentum in $1/\beta^{-1}$ of 7 TeV Proton-Proton Collision Data with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1111.4116 [hep-ex].
12. *Kshort and Lambda production in pp interactions at $\sqrt{s} = 0.9$ and 7 TeV measured with the ATLAS detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Rev. D **85** (2012) 012001 [arXiv: 1111.1297 [hep-ex]].
13. *A measurement of the material in the ATLAS inner detector using secondary hadronic interactions*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], JINST **7** (2012) P01013 [arXiv: 1110.6191 [hep-ex]].
14. *Searches for supersymmetry with the ATLAS detector using final states with two leptons and missing transverse momentum in $\sqrt{s} = 7$ TeV proton-proton collisions*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1110.6189 [hep-ex].
15. *Measurement of the ZZ production cross section and limits on anomalous neutral triple gauge couplings in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Rev. Lett. **108** (2012) 041804 [arXiv: 1110.5016 [hep-ex]].
16. *Electron performance measurements with the ATLAS detector using the 2010 LHC proton-proton collision data*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1110.3174 [hep-ex].
17. *Search for Massive Colored Scalars in Four-Jet Final States in $\sqrt{s} = 7$ TeV proton-proton collisions with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **71** (2011) 1828 [arXiv: 1110.2693 [hep-ex]].
18. *Search for new phenomena in final states with large jet multiplicities and missing transverse momentum using $\sqrt{s} = 7$ TeV pp collisions with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], JHEP **1111** (2011) 099 [arXiv: 1110.2299 [hep-ex]].
19. *Performance of the ATLAS Trigger System in 2010*, Eur. Phys. J. C **72** (2012) 1849 G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], [arXiv: 1110.1530 [hep-ex]].

20. *Measurement of the inclusive and dijet cross-sections of b-jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1846 [arXiv: 1109.6833 [hep-ex]].
21. *Search for supersymmetry in final states with jets, missing transverse momentum and one isolated lepton in $\sqrt{s} = 7$ TeV pp collisions using 1 fb^{-1} of ATLAS data*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. D* **85** (2012) 012006 [arXiv: 1109.6606 [hep-ex]].
22. *Search for squarks and gluinos using final states with jets and missing transverse momentum with the ATLAS detector in $\sqrt{s} = 7$ TeV proton-proton collisions*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1109.6572 [hep-ex].
23. *Search for the Standard Model Higgs boson in the decay channel $H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4\ell$ with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **705** (2011) 435 [arXiv: 1109.5945 [hep-ex]].
24. *Measurement of the jet fragmentation function and transverse profile in proton-proton collisions at a center-of-mass energy of 7 TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1795 [arXiv: 1109.5816 [hep-ex]].
25. *Measurement of the inclusive W^{+} - and Z/γ cross sections in the electron and muon decay channels in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], arXiv: 1109.5141 [hep-ex].
26. *Search for New Phenomena in ttbar Events With Large Missing Transverse Momentum in Proton-Proton Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. Lett.* **108** (2012) 041805 [arXiv: 1109.4725 [hep-ex]].
27. *Search for displaced vertices arising from decays of new heavy particles in 7 TeV pp collisions at ATLAS*, *Phys. Lett. B* **707** (2012) 478 G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], [arXiv: 1109.2242 [hep-ex]].
28. *Measurement of the cross-section for b-jets produced in association with a Z boson at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **706** (2012) 295 [arXiv: 1109.1403 [hep-ex]].
29. *Measurement of the cross section for the production of a W boson in association with b-jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **707** (2012) 418 [arXiv: 1109.1470 [hep-ex]].
30. *Measurements of the electron and muon inclusive cross-sections in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **707** (2012) 438 [arXiv: 1109.0525 [hep-ex]].
31. *Search for New Physics in the Dijet Mass Distribution using 1 fb^{-1} of pp Collision Data at $\sqrt{s} = 7$ TeV collected by the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **708** (2012) 37 [arXiv: 1108.6311 [hep-ex]].
32. *Measurement of the Transverse Momentum Distribution of W Bosons in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. D* **85** (2012) 012005 [arXiv: 1108.6308 [hep-ex]].
33. *Measurement of the pseudorapidity and transverse momentum dependence of the elliptic flow of charged particles in lead-lead collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **707** (2012) 330 [arXiv: 1108.6018 [hep-ex]].
34. *Performance of Missing Transverse Momentum Reconstruction in Proton-Proton Collisions at 7 TeV with ATLAS*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **72** (2012) 1844 [arXiv: 1108.5602 [hep-ex]].
35. *Search for a heavy Standard Model Higgs boson in the channel $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\ell qq$ using the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **707** (2012) 27 [arXiv: 1108.5064 [hep-ex]].
36. *A measurement of the ratio of the W and Z cross sections with exactly one associated jet in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with ATLAS*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **708** (2012) 221 [arXiv: 1108.4908 [hep-ex]].
37. *Measurement of the W to tau nu Cross Section in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS experiment*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **706** (2012) 276 [arXiv: 1108.4101 [hep-ex]].
38. *Measurement of the top quark pair production cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV in dilepton final states with ATLAS*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **707** (2012) 459 [arXiv: 1108.3699 [hep-ex]].
39. *Measurement of the Z to tau tau Cross Section with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. D* **84** (2011) 112006 [arXiv: 1108.2016 [hep-ex]].
40. *Search for dilepton resonances in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. Lett.* **107** (2011) 272002 [arXiv: 1108.1582 [hep-ex]].
41. *Search for a heavy gauge boson decaying to a charged lepton and a neutrino in 1 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV using the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **705** (2011) 28 [arXiv: 1108.1316 [hep-ex]].
42. *Inclusive search for same-sign dilepton signatures in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *JHEP* **1110** (2011) 107 [arXiv: 1108.0366 [hep-ex]].
43. *Measurement of the inclusive isolated prompt photon cross-section in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV using 35 pb^{-1} of ATLAS data*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **706** (2011) 150 [arXiv: 1108.0253 [hep-ex]].
44. *Search for neutral MSSM Higgs bosons decaying to $\tau^+ \tau^-$ pairs in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **705** (2011) 174 [arXiv: 1107.5003 [hep-ex]].
45. *Properties of jets measured from tracks in proton-proton collisions at center-of-mass energy $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. D* **84** (2011) 054001 [arXiv: 1107.3311 [hep-ex]].
46. *Measurement of the transverse momentum distribution of Z/gamma* bosons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, *Phys. Lett. B* **705** (2011) 415 G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], [arXiv: 1107.2381 [hep-ex]].
47. E. Abat, J. M. Abdallah, T. N. Addy, P. Adragna, M. Aharrouche, A. Ahmad, T. P. A. Akesson and M. Aleksa et al., *Response and shower topology of 2 to 180 GeV pions measured with the ATLAS barrel calorimeter at the CERN test-beam and comparison to Monte Carlo simulations*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], ATL-CAL-PUB-2010-001.
48. *Measurement of multi-jet cross sections in proton-proton collisions at a 7 TeV center-of-mass energy*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1763 [arXiv: 1107.2092 [hep-ex]].
49. *Measurement of dijet production with a veto on additional central jet activity in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV using the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *JHEP* **1109** (2011) 053 [arXiv: 1107.1641 [hep-ex]].
50. *Search for Diphoton Events with Large Missing Transverse Energy with 36 pb^{-1} of 7 TeV Proton-Proton Collision Data with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1744 [arXiv: 1107.0561 [hep-ex]].
51. *Measurement of the isolated di-photon cross-section in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. D* **85** (2012) 012003 [arXiv: 1107.0581 [hep-ex]].
52. *Measurement of the Upsilon(1S) Production Cross-Section in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV in ATLAS*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **705** (2011) 9 [arXiv: 1106.5325 [hep-ex]].
53. *Search for new phenomena with the monojet and missing transverse momentum signature using the ATLAS detector in $\sqrt{s} = 7$ TeV proton-proton collisions*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **705** (2011) 294 [arXiv: 1106.5327 [hep-ex]].
54. *Search for Heavy Long-Lived Charged Particles with the ATLAS detector in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **703** (2011) 428 [arXiv: 1106.4495 [hep-ex]].
55. *Limits on the production of the Standard Model Higgs Boson in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1728 [arXiv: 1106.2748 [hep-ex]].
56. *Measurement of Wgamma and Zgamma production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *JHEP* **1109** (2011) 072 [arXiv: 1106.1592 [hep-ex]].
57. *Photon reconstruction in the ATLAS inner detector and liquid argon barrel calorimeter at the 2004 combined test beam*, E. Abat, J. M. Abdallah, T. N. Addy, P. Adragna, M. Aharrouche, A. Ahmad, T. P. A. Akesson and M. Aleksa et al., *JINST* **6** (2011) P04001.
58. *Measurement of the WW cross section in $\sqrt{s} = 7$ TeV pp collisions with ATLAS*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. Lett.* **107** (2011) 041802 [arXiv: 1104.5225 [hep-ex]].
59. *Search for Contact Interactions in Dimuon Events from pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. D* **84** (2011) 011101 [arXiv: 1104.4398 [hep-ex]].
60. *Search for pair production of first or second generation leptoquarks in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV using the ATLAS detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. D* **83** (2011) 112006 [arXiv: 1104.4481 [hep-ex]].
61. *Measurement of the differential cross-sections of inclusive, prompt and non-prompt J/psi production in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Nucl. Phys. B* **850** (2011) 387 [arXiv: 1104.3038 [hep-ex]].
62. *Measurement of the Inelastic Proton-Proton Cross-Section at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Nature Commun.* **2** (2011) 463 [arXiv: 1104.0326 [hep-ex]].
63. *Search for an excess of events with an identical flavour lepton pair and significant missing transverse momentum in $\sqrt{s} = 7$ TeV proton-proton collisions with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1647 [arXiv: 1103.6208 [hep-ex]].
64. *Search for supersymmetric particles in events with lepton pairs and large missing transverse momentum in $\sqrt{s} = 7$ TeV proton-proton collisions with the ATLAS experiment*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1682 [arXiv: 1103.6214 [hep-ex]].
65. *Search for high mass dilepton resonances in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS experiment*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **700** (2011) 163 [arXiv: 1103.6218 [hep-ex]].
66. *Search for a heavy particle decaying into an electron and a muon with the ATLAS detector in $\sqrt{s} = 7$ TeV pp collisions at the LHC*, *Phys. Rev. Lett.* **106** (2011) 251801 G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], [arXiv: 1103.5559 [hep-ex]].
67. *Search for supersymmetry in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV in final states with missing transverse momentum and b-jets*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **701** (2011) 398 [arXiv: 1103.4344 [hep-ex]].
68. *Search for New Physics in Dijet Mass and Angular Distributions in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV Measured with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *New J. Phys.* **13** (2011) 053044 [arXiv: 1103.3864 [hep-ex]].
69. *Measurement of the Muon Charge Asymmetry from W Bosons Produced in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **701** (2011) 31 [arXiv: 1103.2929 [hep-ex]].
70. *Search for stable hadronising squarks and gluinos with the ATLAS experiment at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **701** (2011) 1 [arXiv: 1103.1984 [hep-ex]].
71. *Measurements of underlying-event properties using neutral and charged particles in pp collisions at 900 GeV and 7 TeV with the ATLAS detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1636 [arXiv: 1103.1816 [hep-ex]].
72. *Search for high-mass states with one lepton plus missing transverse momentum in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **701** (2011) 50 [arXiv: 1103.1391 [hep-ex]].
73. *Search for squarks and gluinos using final states with jets and missing transverse momentum with the ATLAS detector in $\sqrt{s} = 7$ TeV proton-proton collisions*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **701** (2011) 186 [arXiv: 1102.5290 [hep-ex]].
74. *Combined performance studies for electrons at the 2004 ATLAS combined test-beam*, E. Abat, J. M. Abdallah, T. N. Addy, P. Adragna, M. Aharrouche, A. Ahmad, T. P. A. Akesson and M. Aleksa et al., *JINST* **5** (2010) P11006.
75. *Measurement of Dijet Azimuthal Decorrelations in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. Lett.* **106** (2011) 172002 [arXiv: 1102.2696 [hep-ex]].
76. *Search for supersymmetry using final states with one lepton, jets, and missing transverse momentum with the ATLAS detector in $\sqrt{s} = 7$ TeV pp*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. Lett.* **106** (2011) 131802 [arXiv: 1102.2357 [hep-ex]].
77. *Search for Massive Long-lived Highly Ionising Particles with the ATLAS Detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **698** (2011) 353 [arXiv: 1102.0459 [hep-ex]].
78. *Luminosity Determination in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV Using the ATLAS Detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Eur. Phys. J. C* **71** (2011) 1630 [arXiv: 1101.2185 [hep-ex]].
79. *Study of Jet Shapes in Inclusive Jet Production in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV using the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Rev. D* **83** (2011) 052003 [arXiv: 1101.0070 [hep-ex]].
80. *Measurement of the production cross section for W-bosons in association with jets in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Phys. Lett. B* **698** (2011) 325 [arXiv: 1012.5382 [hep-ex]].

81. *Measurement of the centrality dependence of J/ψ yields and observation of Z production in lead-lead collisions with the ATLAS detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Lett. B **697** (2011) 294 [arXiv: 1012.5419 [hep-ex]].
82. *Measurement of the inclusive isolated prompt photon cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Rev. D **83** (2011) 052005 [arXiv: 1012.4389 [hep-ex]].
83. *Charged-particle multiplicities in pp interactions measured with the ATLAS detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], New J. Phys. **13** (2011) 053033 [arXiv: 1012.5104 [hep-ex]].
84. G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Search for Diphoton Events with Large Missing Transverse Energy in 7 TeV Proton-Proton Collisions with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Rev. Lett. **106** (2011) 121803 [arXiv: 1012.4272 [hep-ex]].
85. *A Layer Correlation technique for pion energy calibration at the 2004 ATLAS Combined Beam Test*, E. Abat, J. M. Abdallah, T. N. Addy, P. Adragna, M. Aharrouche, A. Ahmad, T. P. A. Akesson and M. Aleksa et al., JINST **6** (2011) P06001 [arXiv: 1012.4305 [physics.ins-det]].
86. *Measurement of the top quark-pair production cross section with ATLAS in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **71** (2011) 1577 [arXiv: 1012.1792 [hep-ex]].
87. *Measurement of underlying event characteristics using charged particles in pp collisions at $\sqrt{s} = 900$ GeV and 7 TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Rev. D **83** (2011) 112001 [arXiv: 1012.0791 [hep-ex]].
88. *Observation of a Centrality-Dependent Dijet Asymmetry in Lead-Lead Collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV with the ATLAS Detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Rev. Lett. **105** (2010) 252303 [arXiv: 1011.6182 [hep-ex]].
89. *Studies of the performance of the ATLAS detector using cosmic-ray muons*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **71** (2011) 1593 [arXiv: 1011.6665 [physics.ins-det]].
90. *Study of energy response and resolution of the ATLAS barrel calorimeter to hadrons of energies from 20-GeV to 350-GeV*, E. Abat et al. [ATLAS Collaboration], Nucl. Instrum. Meth. A **621** (2010) 134.
91. *Performance of the electronic readout of the ATLAS liquid argon calorimeters*, H. Abreu, M. Aharrouche, M. Aleksa, L. Aperio Bella, J. P. Archambault, S. Arfaoui, O. Arnaez and E. Auge et al., JINST **5** (2010) P09003.
92. *Measurement of the $W \rightarrow \ell\nu$ and $Z/\gamma^* \rightarrow \ell\ell$ production cross sections in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], JHEP **1012** (2010) 060 [arXiv: 1010.2130 [hep-ex]].
93. G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *Search for Quark Contact Interactions in Dijet Angular Distributions in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV Measured with the ATLAS Detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Lett. B **694** (2011) 327 [arXiv: 1009.5069 [hep-ex]].
94. *Measurement of inclusive jet and dijet cross sections in proton-proton collisions at 7 TeV centre-of-mass energy with the ATLAS detector*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **71** (2011) 1512 [arXiv: 1009.5908 [hep-ex]].
95. *Search for New Particles in Two-Jet Final States in 7 TeV Proton-Proton Collisions with the ATLAS Detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Rev. Lett. **105** (2010) 161801 [arXiv: 1008.2461 [hep-ex]].
96. *Readiness of the ATLAS Tile Calorimeter for LHC collisions*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **70** (2010) 1193 [arXiv: 1007.5423 [physics.ins-det]].
97. *Commissioning of the ATLAS Muon Spectrometer with Cosmic Rays*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **70** (2010) 875 [arXiv: 1006.4384 [physics.ins-det]].
98. *Performance of the ATLAS Detector using First Collision Data*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], JHEP **1009** (2010) 056 [arXiv: 1005.5254 [hep-ex]].
99. *The ATLAS Simulation Infrastructure*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **70** (2010) 823 [arXiv: 1005.4568 [physics.ins-det]].
100. *Measurement of the response of the ATLAS liquid argon barrel calorimeter to electrons at the 2004 combined test-beam*, M. Aharrouche, C. Adam-Bourdarios, M. Aleksa, D. Banfi, D. Benckroun, K. Benslama, M. Boonekamp and T. Carli et al., Nucl. Instrum. Meth. A **614** (2010) 400.
101. G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], *The ATLAS Inner Detector commissioning and calibration*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **70** (2010) 787 [arXiv: 1004.5293 [physics.ins-det]].
102. *Charged-particle multiplicities in pp interactions at $\sqrt{s} = 900$ GeV measured with the ATLAS detector at the LHC*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Phys. Lett. B **688** (2010) 21 [arXiv: 1003.3124 [hep-ex]].
103. *Drift Time Measurement in the ATLAS Liquid Argon Electromagnetic Calorimeter using Cosmic Muons*, G. Aad et al. [ATLAS Collaboration], Eur. Phys. J. C **70** (2010) 755 [arXiv: 1002.4189 [physics.ins-det]].
8. *Search for $WZ + ZZ$ production with MET + jets with b enhancement at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1108.2060 [hep-ex]]. Phys.Rev. D85 (2012) 012002.
9. *Measurement of the top-quark mass in the lepton+jets channel using a matrix element technique with the CDF II detector*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1108.1601 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 071105.
10. *Measurements of the Angular Distributions in the Decays $B \rightarrow K^{(*)} \mu^+ \mu^-$ at CDF*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1108.0695 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 108 (2012) 081807.
11. *Search for new physics in high p_T like-sign dilepton events at CDF II*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1108.0101 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 181801.
12. *A Search for resonant production of $t\bar{t}$ pairs in 4.8 fb $^{-1}$ of integrated luminosity of pp collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1107.5063 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 072004.
13. *Measurement of Polarization and Search for CP-Violation in $B_s^0 \rightarrow \phi\phi$ Decays*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1107.4999 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 261802.
14. *Search for a Heavy Top-Like Quark in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1107.3875 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 261801.
15. *Observation of the Σ_b^0 Baryon*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1107.4015 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 102001.
16. *Search for New T' Particles in Final States with Large Jet Multiplicities and Missing Transverse Energy in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1107.3574 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 191803.
17. *Observation of the Baryonic Flavor-Changing Neutral Current Decay $\Lambda_b \rightarrow \mu^+ \mu^-$* , CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1107.3753 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 201802.
18. *Search for $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$ and $B_d \rightarrow \mu^+ \mu^-$ Decays with CDF II*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1107.2304 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 239903, Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 191801.
19. *Study of Substructure of High Transverse Momentum Jets Produced in Proton-Antiproton Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1106.5952 [hep-ex]].
20. *Measurement of the Cross Section for Prompt Isolated Diphoton Production in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1106.5123 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 102003.
21. *Measurement of the Cross Section for Prompt Isolated Diphoton Production in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1106.5131 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 052006.
22. *Search for Higgs Bosons Produced in Association with b-quarks*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1106.4782 [hep-ex]]. Phys.Rev. D85 (2012) 032005.
23. *Evidence for $t\bar{t}\gamma$ Production and Measurement of $\sigma_t\bar{t}\gamma/\sigma_t\bar{t}$* , CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1106.3970 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 031104.
24. *Measurement of branching ratio and B_s^0 lifetime in the decay $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ at CDF*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1106.3682 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 052012.
25. *Measurements of the properties of $\Lambda_c(2595)$, $\Lambda_c(2625)$, $\Sigma_c(2455)$, and $\Sigma_c(2520)$ baryons*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1105.5995 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 012003.
26. *Improved determination of the sample composition of dimuon events produced in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1105.5787 [hep-ex]]. Eur.Phys.J. C71 (2011) 1720.
27. *First Search for Multijet Resonances in $\sqrt{s} = 1.96$ TeV $p\bar{p}$ Collisions*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1105.2815 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 042001.
28. *Measurement of the $t\bar{t}$ production cross section in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV using events with large Missing E_T and jets*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1105.1806 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 032003.
29. *Top quark mass measurement using the template method at CDF*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1105.0192 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 111101.
30. *Search for a Very Light CP-Odd Higgs Boson in Top Quark Decays from $p\bar{p}$ Collisions at 1.96 TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1104.5701 [hep-ex]]. Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 031801.
31. *Search for the Rare Radiative Decay: $W \rightarrow \pi\gamma$ in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1104.1585 [hep-ex]]. Phys.Rev. D85 (2012) 032001.
32. *Invariant Mass Distribution of Jet Pairs Produced in Association with a W boson in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1104.0699 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 171801.
33. *Measurements of Direct CP Violating Asymmetries in Charmless Decays of Strange Bottom Mesons and Bottom Baryons*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.5762 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 181802.
34. *First Measurement of the Angular Coefficients of Drell-Yan e^+e^- pairs in the Z Mass Region from $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.5699 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 241801.
35. *Measurement of Event Shapes in Proton-Antiproton Collisions at Center-of-Mass Energy 1.96 TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.5143 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 112007.
36. *Search for New Dielectron Resonances and Randall-Sundrum Gravitons at the Collider Detector at Fermilab*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.4650 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 051801.
37. *Measurement of the Top Pair Production Cross Section in the Lepton + Jets Channel Using a Jet Flavor Discriminant*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.4821 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 031101.
38. *Combined CDF and D0 Upper Limits on Standard Model Higgs Boson Production with up to 8.2 fb $^{-1}$ of Data*, CDF and D0 Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.3233 [hep-ex]].
39. *Measurement of the mass difference between t and \bar{t} quarks*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.2782 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 152001.

CDF

1. *Search for Standard Model Higgs Boson Production in Association with a W Boson at CDF*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1112.1930 [hep-ex]]. Phys.Rev. D85 (2012) 052002.
2. *An additional study of multi-muon events produced in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1111.5242 [hep-ex]]. Phys.Lett. B710 (2012) 278-283.
3. *Search for a Higgs Boson in the Diphoton Final State in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1109.4427 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 108 (2012) 011801.
4. *Search for heavy metastable particles decaying to jet pairs in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1109.3136 [hep-ex]]. Phys.Rev. D85 (2012) 012007.
5. *Top-quark mass measurement using events with missing transverse energy and jets at CDF*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1109.1490 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 232002.
6. *Measurements of branching fraction ratios and CP-asymmetries in suppressed $B^- \rightarrow D(-K^+ s^-)K^-$ and $B^- \rightarrow D(-K^+ \pi^-)\pi^-$ decays*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1108.5765 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 091504.
7. *Search for resonant production of $t\bar{t}$ decaying to jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1108.4755 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 072003.

40. Limits on Anomalous Trilinear Gauge Couplings in $Z\gamma$ Events from $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.2990 [hep-ex]]. Phys. Rev. Lett. 107 (2011) 051802.
41. Search for Production of Heavy Particles Decaying to Top Quarks and Invisible Particles in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.2482 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 191801.
42. Measurement of the B_s Lifetime in Fully and Partially Reconstructed $B_s \rightarrow D_s^- (\phi\pi^-) X$ Decays in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1103.1864 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 272001.
43. Search for New Heavy Particles Decaying to $ZZ \rightarrow \ell\ell\ell, \ell\ell j j$ in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1102.4566 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 112008.
44. Observation of $B_s^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$ (892) and $B_s^0 \rightarrow J/\psi K_S^0$ Decays. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1102.1961 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 052012.
45. Observation of the $Y(4140)$ structure in the $J/\psi \phi$ Mass Spectrum in $B^{\pm} \rightarrow J/\psi \phi K$ decays. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1101.6058 [hep-ex]].
46. Search for the Higgs boson in the all-hadronic final state using the CDF II detector. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1102.0024 [hep-ex]]. Phys.Rev. D84 (2011) 052010.
47. Search for heavy bottom-like quarks decaying to an electron or muon and jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1101.5728 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 141803.
48. Measurement of the Top Quark Mass in the Lepton+Jets Channel Using the Lepton Transverse Momentum. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1101.4926 [hep-ex]]. Phys.Lett. B698 (2011) 371-379.
49. Search for High Mass Resonances Decaying to Muon Pairs in $\sqrt{s} = 1.96$ TeV $p\bar{p}$ Collisions. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1101.4578 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 121801.
50. Production of Λ , $\Lambda_{b\Lambda}^0$ and Ω^{\pm} Hyperons in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1101.2996 [hep-ex]].
51. Measurement of the Forward-Backward Asymmetry in the $B \rightarrow K^{(*)} \mu^+ \mu^-$ Decay and First Observation of the $B_s^0 \rightarrow \phi \mu^+ \mu^-$ Decay. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1101.1028 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 161801.
52. Evidence for a Mass Dependent Forward-Backward Asymmetry in Top Quark Pair Production. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1101.0034 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 112003.
53. Search for a New Heavy Gauge Boson W' with Electron + missing ET Event Signature in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1012.5145 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 031102.
54. Measurement of $t\bar{t}$ Spin Correlation in $p\bar{p}$ Collisions Using the CDF II Detector at the Tevatron. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1012.3093 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 031104.
55. Measurement of b hadron lifetimes in exclusive decays containing a J/ψ in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1012.3138 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 121804.
56. Search for Randall-Sundrum Gravitons in the Diphoton Channel at CDF. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1012.2795 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 011102.
57. Top Quark Mass Measurement in the Lepton + Jets Channel Using a Matrix Element Method and in situ Jet Energy Calibration. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1010.4582 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 252001.
58. Improved Search for a Higgs Boson Produced in Association with Z, γ, ℓ, ℓ in proton antiproton Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1009.3047 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 251802.
59. Search for the supersymmetric partner of the top quark in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1009.0266 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 092001.
60. Updated Search for the Flavor-Changing Neutral-Current Decay $D^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1008.5077 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 091105.
61. Measurement of the $WW + WZ$ Production Cross Section Using a Matrix Element Technique in Lepton + Jets Events. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1008.4404 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 112001.
62. Direct Top-Quark Width Measurement CDF. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1008.3891 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 232003.
63. Diffractive W and Z Production at the Fermilab Tevatron. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1007.5048 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 112004.
64. Measurement of the $t\bar{t}$ Production Cross Section with an in situ Calibration of b -jet Identification Efficiency. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1007.4423 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 071102.
65. Exclusion of an Exotic Top Quark with $-4/3$ Electric Charge Using Soft Lepton Tagging. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1006.4597 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 101801.
66. Measurement of $d\sigma/dy$ of Drell-Yan e^+e^- pairs in the Z Mass Region from $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (Timo Antero Aaltonen et al.). [arXiv:0908.3914 [hep-ex], arXiv:0908.3914 [hep-ex]]. Phys.Lett. B692 (2010) 232-239.
67. Combined Tevatron upper limit on $g\bar{g} \rightarrow H \rightarrow W^+W^-$ and constraints on the Higgs boson mass in fourth-generation fermion models. CDF and D0 Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1005.3216 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 011102.
68. Search for the Production of Scalar Bottom Quarks in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1005.3600 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 081802.
69. Search for WW and WZ resonances decaying to electron, missing E_T , and two jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1004.4946 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 241801.
70. Measurement of the B^- lifetime using a simulation free approach for trigger bias correction. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1004.4855 [hep-ex]]. Phys.Rev. D83 (2011) 032008.
71. Search for R-parity Violating Decays of τ sneutrinos to $e\mu, \mu\tau$, and $e\tau$ Pairs in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1004.3042 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 191801.
72. First Measurement of the Ratio $\sigma(t\bar{t})/\sigma(Z/\gamma^* \rightarrow \ell\ell)$ and Precise Extraction of the $t\bar{t}$ Cross Section. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1004.3224 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 012001.
73. Observation of Single Top Quark Production and Measurement of $-V_{tb}$ with CDF. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1004.1181 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 112005.
74. Measurement of Z gamma Production in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1004.1140 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 031103.
75. Studying the Underlying Event in Drell-Yan and High Transverse Momentum Jet Production at the Tevatron. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1003.3146 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 034001.
76. Measurement of W -Boson Polarization in Top-quark Decay in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1003.0224 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 042002.
77. Measurement of the $t\bar{t}$ Production Cross Section in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV using Soft Electron b -Tagging. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1002.3783 [hep-ex]]. Phys.Rev. D81 (2010) 092002.
78. Measurement of the Top Pair Production Cross Section in the Dilepton Decay Channel in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1002.2919 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 052002.
79. Measurement of the Top Quark Mass and $p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}$ Cross Section in the All-Hadronic Mode with the CDFII Detector. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1002.0365 [hep-ex]]. Phys.Rev. D81 (2010) 052011.
80. Combination of Tevatron searches for the standard model Higgs boson in the $W+W$ decay mode. CDF and D0 Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1001.4162 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 061802.
81. Inclusive Search for Standard Model Higgs Boson Production in the WW Decay Channel using the CDF II Detector. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1001.4468 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 061803.
82. Search for single top quark production in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV in the missing transverse energy plus jets topology. By The CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:1001.4577 [hep-ex]]. Phys.Rev. D81 (2010) 072003.
83. Search for New Physics with a Dijet plus Missing Transverse Energy Signature in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0912.4691 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 131801.
84. Measurement of the $W+$ $W-$ Production Cross Section and Search for Anomalous WW gamma and WWZ Couplings in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0912.4500 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 201801.
85. Measurement of the $\Lambda_{b0}(b)$ Lifetime in $\Lambda_{b0}(b) \rightarrow \Lambda + c$ π^- Decays in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0912.3566 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 102002.
86. A Study of the associated production of photons and b -quark jets in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0912.3453 [hep-ex]]. Phys.Rev. D81 (2010) 052006.
87. Search for Technicolor Particles Produced in Association with a W Boson at CDF. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0912.2059 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 111802.
88. Search for Pair Production of Supersymmetric Top Quarks in Dilepton Events from p anti- p Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0912.1308 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 251801.
89. Search for New Bottomlike Quark Pair Decays $Q\bar{Q} \rightarrow \gamma (tW^+) (t\bar{b}W^-)$ in Same-Charge Dilepton Events. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0912.1057 [hep-ex]]. Phys. Rev. Lett. 104 (2010) 091801.
90. Measurement of the $WW+WZ$ Production Cross Section Using the Lepton+Jets Final State at CDF II. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0911.4449 [hep-ex]]. Phys. Rev. Lett. 104 (2010) 101801.
91. A Search for the Higgs Boson Using Neural Networks in Events with Missing Energy and b -quark Jets in p anti- p Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0911.3935 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 141801.
92. Search for New Color-Octet Vector Particle Decaying to t anti- t in p anti- p Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0911.3112 [hep-ex]]. Phys.Lett. B691 (2010) 183-190.
93. Top Quark Mass Measurement using $mT2$ in the Dilepton Channel at CDF. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0911.2956 [hep-ex]]. Phys.Rev. D81 (2010) 031102.
94. Measurements of branching fraction ratios and CP asymmetries in $B^+ \rightarrow \gamma D(CP) K^+$ decays in hadron collisions. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0911.0425 [hep-ex]]. Phys.Rev. D81 (2010) 031105.
95. Search for Anomalous Production of Events with Two Photons and Additional Energetic Objects at CDF. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0910.5170 [hep-ex]]. Phys.Rev. D82 (2010) 052005.
96. Search for Supersymmetry with Gauge-Mediated Breaking in Diphoton Events with Missing Transverse Energy at CDF II. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0910.3666 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 011801.
97. Measurements of the top-quark mass using charged particle tracking. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0910.0969 [hep-ex]]. Phys.Rev. D81 (2010) 032002.
98. First Measurement of the b -jet Cross Section in Events with a W Boson in p anti- p Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0909.1505 [hep-ex]]. Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 131801.
99. Measurement of Particle Production and Inclusive Differential Cross Sections in p anti- p Collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV. CDF Collaboration (T. Aaltonen et al.). [arXiv:0904.1098 [hep-ex]]. Phys.Rev. D79 (2009) 112005, Erratum-ibid. D82 (2010) 119903.

D0

1. Measurement of the t -channel single top quark production cross section, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B682 (2010) 363-369.
2. Measurement of $Z/\gamma^* \rightarrow \text{jet} + X$ angular distributions in p anti- p collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B682 (2010) 370-380.
3. Measurement of the $t\bar{t}$ cross section using high-multiplicity jet events, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D82 (2010) 032002.
4. Search for a resonance decaying into WZ boson pairs in $p\bar{p}$ collisions, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 061801.
5. Search for the associated production of a b quark and a neutral supersymmetric Higgs boson which decays to tau pairs, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 151801.
6. Search for single top quarks in the τ -jets channel using 4.8 fb⁻¹ of $p\bar{p}$ collision data, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B690 (2010) 5-14.

7. Double parton interactions in photon+3 jet events in p-pbar collisions $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D81 (2010) 052012.
8. Search for the standard model Higgs boson in the $ZH \rightarrow \gamma \nu \bar{\nu}$ channel in 5.2 fb⁻¹ of p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 071801.
9. Dependence of the $t\bar{t}$ production cross section on the transverse momentum of the top quark, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B693 (2010) 515-521.
10. Search for Higgs boson production in dilepton and missing energy final states with 5.4 fb⁻¹ of p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 061804.
11. Combination of Tevatron searches for the standard model Higgs boson in the $W+W-$ decay mode, CDF and D0 Collaboration (T. Aaltonen et al.), Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 061802.
12. b-Jet Identification in the D0 Experiment, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Nucl. Instrum. Meth. A620 (2010) 490-517.
13. Measurement of the dijet invariant mass cross section in proton anti-proton collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B693 (2010) 531-538.
14. Measurement of direct photon pair production cross sections in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B690 (2010) 108-117.
15. Search for Randall-Sundrum gravitons in the dilepton and diphoton final states with 5.4 fb⁻¹ of data from p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 104 (2010) 241802.
16. Combined Tevatron upper limit on $gg \rightarrow H \rightarrow W^+W^-$ and constraints on the Higgs boson mass in fourth-generation fermion models, CDF and D0 Collaboration (T. Aaltonen et al.), Phys.Rev. D82 (2010) 011102.
17. Evidence for an anomalous like-sign dimuon charge asymmetry, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D82 (2010) 032001.
18. Search for scalar bottom quarks and third-generation leptiquarks in p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B693 (2010) 95-101.
19. Measurement of the normalized $Z/\gamma^* \rightarrow \mu^+\mu^-$ transverse momentum distribution in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B693 (2010) 522-530.
20. Measurement of the $WZ \rightarrow \ell\nu\ell\ell$ cross section and limits on anomalous triple gauge couplings in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B695 (2011) 67-73.
21. Search for the rare decay $B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B693 (2010) 539-544.
22. Search for flavor changing neutral currents via quark-gluon couplings in single top quark production using 2.3 fb⁻¹ of p-pbar collisions, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B693 (2010) 81-87.
23. Evidence for an anomalous like-sign dimuon charge asymmetry, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 081801.
24. Search for sneutrino production in $\mu\mu$ final states in 5.3 fb⁻¹ of p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 191802.
25. Search for diphoton events with large missing transverse energy in 6.3 fb⁻¹ of $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 221802.
26. Search for a heavy neutral gauge boson in the dielectron channel with 5.4 fb⁻¹ of p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B695 (2011) 88-94.
27. Search for events with leptonic jets and missing transverse energy in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 211802.
28. Search for New Fermions ('Quirks') at the Fermilab Tevatron Collider, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 211803.
29. Search for $ZH \rightarrow \ell^+\ell^-\bar{b}b$ production in 4.2 fb⁻¹ of $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 105 (2010) 251801.
30. Measurement of $t\bar{t}$ production in the tau + jets topology using $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D82 (2010) 071102.
31. High mass exclusive diffractive dijet production in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B705 (2011) 193-199.
32. Search for pair production of the scalar top quark in the electron+muon final state, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B696 (2011) 321-327.
33. Determination of the width of the top quark, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys. Rev.Lett. 106 (2011) 022001.
34. Precise study of the Z/γ^* boson transverse momentum distribution in $p\bar{p}$ collisions using a novel technique, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 122001.
35. Search for single vector-like quarks in p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 081801.
36. A measurement of the ratio of inclusive cross sections $\sigma(p\bar{p} \rightarrow Z + b\text{jet})/\sigma(p\bar{p} \rightarrow Z + \text{jet})$ at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D83 (2011) 031105.
37. Search for neutral Higgs bosons in the multi-b-jet topology in 5.2 fb⁻¹ of $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B698 (2011) 97-104.
38. Measurement of the W boson helicity in top quark decays using 5.4 fb⁻¹ of p-pbar collision data, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D83 (2011) 032009.
39. Search for resonant WW and WZ production in p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 011801.
40. Search for WH associated production in 5.3 fb⁻¹ of $p\bar{p}$ collisions at the Fermilab Tevatron, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B698 (2011) 6-13.
41. Search for W⁻tb resonances with left- and right-handed couplings to fermions, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B699 (2011) 145-150.
42. Measurement of color flow in $t\bar{t}$ events from $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D83 (2011) 092002.
43. Measurement of the top quark pair production cross section in the lepton+jets channel in proton-antiproton collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 012008.
44. Azimuthal decorrelations and multiple parton interactions in photon+2 jet and photon+3 jet events in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D83 (2011) 052008.
45. Search for the Standard Model Higgs Boson in the $H \rightarrow WW \rightarrow \ell\nu\ell\bar{q}$ Decay Channel, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 106 (2011) 171802.
46. Measurement of spin correlation in $t\bar{t}$ production using dilepton final states, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B702 (2011) 116-23.
47. Combined CDF and D0 Upper Limits on Standard Model Higgs Boson Production with up to 8.2 fb⁻¹ of Data, CDF and D0 Collaboration (T. Aaltonen et al.), arXiv:1103.3233 [hep-ex].
48. Search for flavor changing neutral currents in decays of top quarks, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B701 (2011) 313-320.
49. Measurement of three-jet differential cross sections $d\sigma_{3jet}/dM_{3jet}$ in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B704 (2011) 434-441.
50. Determination of the pole and $M_{\bar{b}}$ masses of the top quark from the $t\bar{t}$ cross section, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B703 (2011) 422-427.
51. Measurement of the ZZ production cross section in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 011103.
52. Measurement of $\sin^2\theta_{\text{eff}}^{\ell}$ and Z-light quark couplings using the forward-backward charge asymmetry in $p\bar{p} \rightarrow Z/\gamma^* \rightarrow e^+e^-$ events with $\mathcal{L}=5.0$ fb⁻¹ at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 012007.
53. Search for a fourth generation t' quark in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1104.4522 [hep-ex].
54. Measurement of spin correlation in $t\bar{t}$ production using a matrix element approach, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 032001.
55. Precise measurement of the top quark mass in the dilepton channel at D0, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 082004.
56. Measurement of the production fraction times branching fraction $f(b \rightarrow \Lambda_b) \cdot \mathcal{B}(\Lambda_b \rightarrow J/\psi\Lambda)$, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 031102.
57. Model-independent measurement of t-channel single top quark production in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B705 (2011) 313-319.
58. Measurement of the $t\bar{t}$ production cross section using dilepton events in $p\bar{p}$ collisions, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B704 (2011) 403-410.
59. Precise measurement of the top-quark mass from lepton+jets events at D0, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 032004.
60. Measurements of inclusive W+jets production rates as a function of jet transverse momentum in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B705 (2011) 200-207.
61. Direct measurement of the mass difference between top and antitop quarks, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 052005.
62. Bounds on an anomalous dijet resonance in W+jets production in p-pbar collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 011804.
63. Search for doubly-charged Higgs boson pair production in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 108 (2012) 021801.
64. Search for Higgs bosons decaying to $\tau\tau$ pairs in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B707 (2012) 323-329.
65. Search for neutral Minimal Supersymmetric Standard Model Higgs bosons decaying to tau pairs produced in association with b quarks in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 121801.
66. Precision measurement of the ratio $\mathcal{B}(t \rightarrow Wb)/\mathcal{B}(t \rightarrow Wq)$ and Extraction of V_{tb} , D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 121802.
67. Measurement of the anomalous like-sign dimuon charge asymmetry with 9 fb⁻¹ of p-pbar collisions, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 052007.
68. Search for associated Higgs boson production using like charge dilepton events in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 092002.
69. Search for first generation leptoquark pair production in the electron + missing energy + jets final state, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 071104.
70. Search for the standard model and a fermiophobic Higgs boson in diphoton final states, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 151801.
71. Forward-backward asymmetry in top quark-antiquark production, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 112005.
72. Measurements of single top quark production cross sections and $|V_{tb}|$ in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D84 (2011) 112001.
73. Model independent search for new phenomena in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1108.5362 [hep-ex].
74. Measurement of the CP-violating phase $\phi_s^{J/\psi\phi}$ using the flavor-tagged decay $B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$ in 8 fb⁻¹ of $p\bar{p}$ collisions, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D85 (2012) 032006.
75. $W\gamma$ production and limits on anomalous WW γ couplings in $p\bar{p}$ collisions, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 107 (2011) 241803.
76. A Search for charged massive long-lived particles, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Submitted to: Phys.Rev.Lett..
77. Measurement of the inclusive jet cross section in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D85 (2012) 052006.
78. Evidence for spin correlation in $t\bar{t}$ production, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 108 (2012) 032004.
79. Measurement of the relative branching ratio of $B^0 \rightarrow J/\psi f_0(980) \rightarrow B_s^0 \rightarrow J/\psi\phi$, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D85 (2012) 011103.
80. Search for anomalous Wtb couplings in single top quark production in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B708 (2012) 21-26.
81. Search for a Narrow $t\bar{t}$ Resonance in $p\bar{p}$ Collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D85 (2012) 051101.
82. $Z\gamma$ production and limits on anomalous ZZ γ and Z $\gamma\gamma$ couplings in $p\bar{p}$ collisions at $\sqrt{s}=1.96$ TeV, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev. D85 (2012) 052001.

83. *Measurements of WW and WZ production in W + jets final states in pp collisions*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1112.0536 [hep-ex].
84. *Search for universal extra dimensions in ppbar collisions*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Rev.Lett. 108 (2012)131802.
85. *Search for Higgs bosons of the minimal supersymmetric standard model in pp collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B710 (2012)569-577.
86. *An Improved determination of the width of the top quark*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1201.4156 [hep-ex].
87. *Measurement of the top quark mass in pp collisions using events with two leptons*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Submitted to: Phys. Rev. Lett..
88. *A measurement of the WZ and ZZ production cross sections using leptonic final states in 8.6 fb^{-1} of pp collisions*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1201.5652 [hep-ex].
89. *Search for pair production of the scalar top quark in muon+tau final states*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., Phys.Lett. B710 (2012)578-586.
90. *Combination of CDF and D0 measurements of the W boson helicity in top quark decays*, CDF and D0 Collaborations (T. Aaltonen et al.), arXiv:1202.5272 [hep-ex].
91. *Measurement of the W Boson Mass with the D0 Detector*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1203.0293 [hep-ex].
92. *Search for WH associated production in pp collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1203.4443 [hep-ex].
93. *Accelerator/Experiment Operations - FY 2011*, P. Adamson, G. Bernardi, M. Casarsa, R. Coleman, D. Denisov, R. Dixon, G. Ginther, S. Gruenendahl et al..
94. *Search for the standard model Higgs boson in tau lepton pair final states*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1203.4443 [hep-ex].
95. *Search for Zgamma events with large missing transverse energy in ppbar collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1203.5311 [hep-ex].
96. *Measurement of the photon+b-jet production differential cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1203.5865 [hep-ex].
97. *Observation of a narrow mass state decaying into Upsilon(1S) + gamma in ppbar collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1203.6034 [hep-ex].
98. *Search for violation of Lorentz invariance in top quark pair production and decay*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1203.6106 [hep-ex].
99. *Combination of searches for anomalous top quark couplings with 5.4 fb^{-1} of ppbar collisions*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1204.2332 [hep-ex].
100. *Measurement of the Lambda_b^0 lifetime in the exclusive decay Lambda_b^0 -> J/psi Lambda_b^0 in ppbar collisions at $\sqrt{s} = 1.96$ TeV*, D0 Collaboration, V.M. Abazov et al., arXiv:1204.2340 [hep-ex].
20. *Observation of the baryonic B decay $\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{K}^-$* , Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 071102 (2011)
21. *Search for hadronic decays of a light Higgs boson in the radiative decay $\Upsilon \rightarrow \gamma A_0$* , Lees J.P. et al, Physical Review Letters, 107, 221803 (2011)
22. *Searches for Rare or Forbidden Semileptonic Charm Decays*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 072006 (2011)
23. *Branching Fraction Measurements of the Color-Suppressed Decays $\bar{B}^0 \rightarrow D^{(*)0} \pi^0$, $D^{(*)0} \eta$, $D^{(*)0} \omega$, and $D^{(*)0} \eta'$ and Measurement of the Polarization in the Decay $\bar{B}^0 \rightarrow D^{*0} \omega$* , Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 112007 (2011)
24. *Measurements of branching fractions and CP asymmetries and studies of angular distributions for $B \rightarrow \phi \phi K$ decays*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 012001 (2011)
25. *Search for CP violation using T-odd correlations in $D^+ \rightarrow K^+ K_S^0 \pi^+ \pi^-$ and $D_s^+ \rightarrow K^+ K_S^0 \pi^+ \pi^-$ decays*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 031103 (2011)
26. *Study of dipion bottomonium transitions and search for the $h_b(1P)$ state*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 011104 (2011)
27. *A study of radiative bottomonium transitions using converted photons*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 072002 (2011)
28. *Search for $b \rightarrow u$ Transitions in $B^{\pm} \rightarrow [K^{\mp} \pi^{\pm} \pi^0]_D K^{\pm}$ Decays*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 012002 (2011)
29. *Measurement of the mass and width of the $D_{s1}(2536)^+$ meson*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 83, 072003 (2011)
30. *Evidence for the $h_b(1P)$ meson in the decay $\Upsilon(3S) \rightarrow \pi^0 h_b(1P)$* , Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 091101 (2011)
31. *Amplitude Analysis of $B^0 \rightarrow K^+ \pi^- \pi^0$ and Evidence of Direct CP Violation in $B \rightarrow K^* \pi$ decays*, P. Lees J. et al, Physical Review D, 83, 112010 (2011)
32. *Observation of new resonances decaying to $D\pi$ and $D^* \pi$ in inclusive $e^+ e^-$ collisions near $\sqrt{s} = 10.58$ GeV*, Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 111101 (2010)
33. *Correlated leading baryon-antibaryon production in $e^+ e^- \rightarrow c\bar{c} \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c - X$* , Aubert B. et al, Physical Review D, 82, 091102 (2010)
34. *Observation of the $\chi_{c2}(2P)$ meson in the reaction $\gamma^* \gamma \rightarrow D\bar{D}$ at BABAR*, Aubert B. et al, Physical Review D, 81, 092003 (2010)
35. *A search for $B^+ \rightarrow \ell^+ \nu_\ell$ recoiling against $B^- \rightarrow D^0 \ell^- \nu X$* , Aubert B. et al, Physical Review D, 81, 051101 (2010)
36. *Measurements of Charged Current Lepton Universality and $|V_{ub}|$ using τ Lepton Decays to $e^- \nu_e \nu_\tau$, $\mu^- \nu_\mu \nu_\tau$, $\pi^- \nu_\tau$ and $K^- \nu_\tau$* , Aubert B. et al, Physical Review Letters, 105, 051602 (2010)
37. *Observation of inclusive $D^{*\pm}$ production in the decay of $\Upsilon(1S)$* , Aubert B. et al, Physical Review D, 81, 011102 (2010)
38. *Searches for Lepton Flavor Violation in the Decays $\tau^{\pm} \rightarrow e^{\pm} \gamma$ and $\tau^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} \gamma$* , Aubert B. et al, Physical Review Letters, 104, 021802 (7 p.) (2010)
39. *Measurement and interpretation of moments in inclusive semileptonic decays $\bar{B} \rightarrow X_c \ell^+ \bar{\nu}$* , Aubert B. et al, Physical Review D, 81, 032003 (2010)
40. *Measurement of $|V_{cb}|$ and the Form-Factor Slope in $\bar{B} \rightarrow D1^+ \bar{\nu}$ Decays in Events Tagged by a Fully Reconstructed B Meson*, Aubert B. et al, Physical Review Letters, 104, 011802 (2010)
41. *Measurement of branching fractions of B decays to $K_1(1270)\pi$ and $K_1(1400)\pi$ and determination of the CKM angle alpha from $B^0 \rightarrow a_1(1260) \bar{\pi} \pi^{\pm}$* , Aubert B. et al, Physical Review D, 81, 052009 (2010)
42. *Reevaluation of the hadronic contribution to the muon magnetic anomaly using new $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^-$ cross section data from BABAR*, Davier M. et al, European Physical Journal C, 66, 1-9 (2010)
43. *Search for B^+ meson decay to $a_1^+(1260) K^{*0}(892)$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 091101 (2010)
44. *Search for the Rare Decay $B \rightarrow K \nu \bar{\nu}$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 112002 (2010)
45. *Measurement of the Absolute Branching Fractions for $D_s^- \rightarrow \ell^- \bar{\nu}_\ell$ and Extraction of the Decay Constant f_{D_s}* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 091103 (2010)
46. *Exclusive Production of $D_s^+ D_s^-$, $D_s^{*+} D_s^-$, and $D_s^{*+} D_s^{*-}$ via $e^+ e^-$ Annihilation with Initial-State-Radiation*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 052004 (2010)
47. *Search for $f_J(2220)$ in radiative J/ψ decays*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review Letters, 105, 172001 (2010)
48. *Measurement of CP observables in $B^{\pm} \rightarrow D_{CP} K^{\pm}$ decays and constraints on the CKM angle gamma*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 072004 (2010)
49. *Search for $b \rightarrow u$ transitions in $B^- \rightarrow DK^-$ and $D^* K^-$ decays*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 072006 (2010)
50. *Evidence for the decay $X(3872) \rightarrow J/\psi \omega$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 011101 (2010)
51. *Test of lepton universality in $\Upsilon(1S)$ decays at BABAR*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review Letters, 104, 191801 (2010)
52. *Study of $B \rightarrow X \gamma$ Decays and Determination of $|V_{td}|/|V_{ts}|$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 051101 (2010)
53. *Search for $B^+ \rightarrow D^+ K^0$ and $B^+ \rightarrow D^+ K^{*0}$ decays*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 092006 (2010)
54. *Evidence for direct CP violation in the measurement of the CKM angle gamma with $B^{\mp} \rightarrow D^{(*)} K^{(*)\mp}$ decays*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review Letters, 105, 121801 (2010)
55. *B-meson decays to $\eta' \rho$, $\eta' f_0$, and $\eta' K^*$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 011502 (2010)
56. *Measurement of $D^0 - \bar{D}^0$ mixing parameters using $D^0 \rightarrow K_S^0 \pi^+ \pi^-$ and $D^0 \rightarrow K_S^0 K^+ K^-$ decays*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review Letters, 105, 081803 (2010)

BABAR

1. *Measurement of the Semileptonic Branching Fraction of the B_s Meson*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 85, 011101 (2012)
2. *Search for CP Violation in the Decay $\tau^- \rightarrow \pi^- K_S^0 (>= 0 \pi^0) \nu_\tau$* , Lees J.P. et al, Physical Review D, 85, 031102 (2012)
3. *Observation of $\eta_c(1S)$ and $\eta_c(2S)$ decays to $K^+ K^- \pi^+ \pi^- \pi^0$ in two-photon interactions*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 84, 012004 (2011)
4. *Search for CP Violation in the Decay $D_s^{\pm} \rightarrow K_S^0 \pi^{\pm}$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 071103 (2011)
5. *Dalitz plot analysis of $D_s^+ \rightarrow K^+ K^- \pi^+$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 052001 (2011)
6. *Measurement of the $B \rightarrow \bar{D}^{(*)} D^{(*)} K$ branching fractions*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 032004 (2011)
7. *Studies of $\tau^- \rightarrow \eta K^- \nu$ and $\tau^- \rightarrow \eta \pi^- \nu$ at BABAR and a search for a second-class current*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 032002 (2011)
8. *Searches for the baryon- and lepton-number violating decays $B^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \ell^-$, $B^- \rightarrow \Lambda \ell^-$, and $B^- \rightarrow \bar{\Lambda} \ell^-$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 091101 (2011)
9. *Observation of the Decay $B^- \rightarrow D_s^{(*)+} K^- \ell^- \nu_\ell$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review Letters, 107, 041804 (2011)
10. *Measurement of the $\gamma \gamma^* \rightarrow \eta$ and $\gamma \gamma^* \rightarrow \eta'$ transition form factors*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 84, 052001 (2011)
11. *Measurements of branching fractions, polarizations, and direct CP-violation asymmetries in $B^+ \rightarrow \rho^0 K^{*+}$ and $B^+ \rightarrow f_0(980) K^{*+}$ decays*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 051101 (2011)
12. *Measurement of partial branching fractions of inclusive charmless B meson decays to K^+ , K^0 , and π^+* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 031103 (2011)
13. *Analysis of the $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ e^+ \nu_e$ decay channel*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 072001 (2011)
14. *Search for Production of Invisible Final States in Single-Photon Decays of $\Upsilon(1S)$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review Letters, 107, 021804 (2011)
15. *A Search for the decay $B^0 \rightarrow \gamma \gamma$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 032006 (2011)
16. *Measurement of the $B^0 \rightarrow \pi^- \ell^+ \nu$ and $B^+ \rightarrow \eta' \ell^+ \nu$ Branching Fractions, the $B^0 \rightarrow \pi^- \ell^+ \nu$ and $B^+ \rightarrow \eta \ell^+ \nu$ Form-Factor Shapes, and Determination of $|V_{ub}|$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 052011 (2011)
17. *Study of $B \rightarrow \pi \ell \nu$ and $B \rightarrow \rho \ell \nu$ Decays and Determination of $|V_{ub}|$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 83, 032007 (2011)
18. *Observation of the rare decay $B^+ \rightarrow K^+ \pi^0 \pi^0$ and measurement of the quasi-two-body contributions $B^+ \rightarrow K^{*+}(892) \pi^0$, $B^+ \rightarrow f_0(980) K^+$ and $B^+ \rightarrow \chi_{c0} K^+$* , Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 092007 (2011)
19. *Study of $\Upsilon(3S, 2S) \rightarrow \eta \Upsilon(1S)$ and $\Upsilon(3S, 2S) \rightarrow \pi^+ \pi^- \Upsilon(1S)$ hadronic transitions*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 84, 092003 (2011)

57. *Observation of the $\Upsilon(1^3D_1)$ Bottomonium State through Decays to $\pi^+\pi^-\Upsilon(1S)$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 111102 (2010)
58. *Search for CP violation using T-odd correlations in $D^0 \rightarrow K^+K^-\pi^+\pi^-$ decays*, Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 81, 111103 (2010)
59. *Observation of the Rare Decay $B^0 \rightarrow K_S^0 K^{\pm} \pi^{\mp}$* , Del Amo Sanchez P. et al, Physical Review D, 82, 031101 (2010)
60. *Limits on tau Lepton-Flavor Violating Decays in three charged leptons*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 81, 111101 (2010)
61. *Measurement of the $\gamma\pi^+ \rightarrow \eta_c$ transition form factor*, Lees J.P. et al, Physical Review D, 81, 052010 (2010)
62. *Search for Charged Lepton Flavor Violation in Narrow Upsilon Decays*, Lees J.P. et al, Physical Review Letters, 104, 151802 (7 p.) (2010)

LHCb

1. *Measurement of the $B^0 - \bar{B}^0$ oscillation frequency Δm_s in $B_s^0 \rightarrow D_s^-(3)\pi$ decays*, Aaij R. et al, Physics Letters B, 709, 177-184 (2012)
2. *Measurement of b-hadron masses*, Aaij R. et al, Physics Letters B, 708, 241-248 (2012)
3. *Measurement of the CP violating phase ϕ_s in $B_s \rightarrow J/\psi f_0(980)$* , Aaij R. et al, Physics Letters B, 707, 497-505 (2012)
4. *Search for the rare decays $B_s \rightarrow \mu^+\mu^-$ and $B_0 \rightarrow \mu^+\mu^-$* , Aaij R. et al, Physics Letters B, 708, 55-67 (2012)
5. *First observation of the decay $B_s^0 \rightarrow K^{*0} \bar{K}^{*0}$* , Aaij R. et al, Physics Letters B, 709, 50-58 (2012)
6. *Measurement of the effective $B_s \rightarrow K^+K^-$ lifetime*, Aaij R. et al, Physics Letters B, 707, 349-356 (2012)
7. *Absolute luminosity measurements with the LHCb detector at the LHC*, Aaij R. et al, Journal of Instrumentation, 7, P01010 (2012)
8. *Observation of J/ψ pair production in pp collisions at $\sqrt{s} = 7\text{TeV}$* , Aaij R. et al, Physics Letters B, 707, 52-59 (2012)
9. *Search for CP violation in $D^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$ decays*, Aaij R. et al, Physical Review D, 84, 112008 (2011)
10. *First observation of the decay $\bar{B}_s^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$ and a measurement of the ratio of branching fractions $\frac{\mathcal{B}(\bar{B}_s^0 \rightarrow D^0 K^{*0})}{\mathcal{B}(\bar{B}_s^0 \rightarrow D^0 \rho^0)}$* , Aaij R. et al, Physics Letters B, 706, 32-39 (2011)
11. *Measurements of the Branching fractions for $B(s) \rightarrow D_{(s)} \pi \pi$ and $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \pi \pi$* , Aaij R. et al, Physical Review D, 84, 092001 (2011)
12. *Measurement of the inclusive ϕ cross-section in pp collisions at $\sqrt{s} = 7\text{ TeV}$* , Aaij R. et al, Physics Letters B, 703, 267-273 (2011)
13. *Measurement of V^0 production ratios in pp collisions at $\sqrt{s} = 0.9$ and 7 TeV* , Aaij R. et al, Journal of High Energy Physics, 8, 034 (2011)
14. *Determination of f_s/f_d for 7 TeV pp Collisions and Measurement of the $B^0 \rightarrow D^- K^+$ Branching Fraction*, Aaij R. et al, Physical Review Letters, 107, 211801 (8 p.) (2011)
15. *Search for the rare decays $B_s^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ and $B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$* , Aaij R. et al, Physics Letters B, 699, 330-340 (2011)
16. *Measurement of J/ψ production in pp collisions at $\sqrt{s} = 7\text{ TeV}$* , Aaij R. et al, European Physical Journal C, 71, 1645 (2011)
17. *First observation of $B_s^0 \rightarrow J/\psi f_0(980)$ decays*, Aaij R. et al, Physics Letters B, 698, 115-122 (2011)
18. *First observation of $B_s \rightarrow D_{s2}^+ X \mu \nu$ decays*, Aaij R. et al, Physics Letters B, 698, 14-20 (2011)
19. *Study of CP violation at the LHCb experiment at CERN - Étude de la violation de CP avec l'expérience LHCb au CERN*, Robbe P., Comptes Rendus Physique, 12, 921-927 (2011)
20. *Measurement of $\sigma(pp \rightarrow b\bar{b}X)$ at $\sqrt{s} = 7\text{ TeV}$ in the forward region*, Aaij R. et al, Physics Letters B, 694, 209-216 (2010)
21. *Prompt K_S^0 production in pp collisions at $\sqrt{s}=0.9\text{ TeV}$* , Aaij R. et al, Physics Letters B, 693, 69-80 (2010)
22. *Experimental Prospects of the B_c Studies of the LHCb Experiment*, Gao Y.N. et al, Chinese Physics Letters, 27, 061302 (2010)

TK2

1. *First Muon-Neutrino Disappearance Study with an Off-Axis Beam*, Abe, K. et al., Physical Review D, 85, 031103 (2012)
2. *Measurement of Production Properties of Positively Charged Kaons in Proton-Carbon Interactions at 31 GeV/c*, Abgrall, N. et al., Physical Review C, 85, 035210 (2012)
3. *A Search for Single Photon Events in Neutrino Interactions in NOMAD*, Kullenberg, C.T. et al., Physics Letters B, 706, 268-275 (2012)
4. *Indication of Electron Neutrino Appearance from an Accelerator-produced Off-axis Muon Neutrino Beam*, Abe, K. et al., Physical Review Letter, 107, 041801 (2011)
5. *The T2K Experiment*, Abe, K. et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 659, 106-135 (2011)
6. *Measurements of Cross Sections and Charged Pion Spectra in Proton-Carbon Interactions at 31 GeV/c*, Abgrall, N. et al., Physical Review C, 84, 034604 (2011)
7. *Time Projection Chambers for the T2K Near Detectors*, Abgrall, N. et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 637 25-46 (2011)
8. *The back-end electronics of the time projection chambers in the T2K experiment*, Calvet, D. et al., IEEE Transactions on Nuclear Science, 58, 1465 (2011)
9. *The MEMPHYS project*, Borne, J.L. et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 639, 287-289 (2011)
10. *Measurements of forward proton production with incident protons and charged pions on nuclear targets at the CERN Proton Synchrotron*, Apollonio, M. et al., Physical Review C, 82, 045208 (2010)
11. *Physics with the MEMPHYS detector*, Marafini, M. et al., Acta Physica Polonica B, 41, 1733-1748 (2010)

Approches phénoménologiques

1. *New physics in $B^0 \rightarrow J/\psi \phi$ decays?*, B. El-Bennich, J. P. B. C. de Melo, O. Leitner, B. Loiseau and J.-P. Dedonder, Progress in Particle and Nuclear Physics in press (on line January 8,2012), arXiv:1111.6955 [hep-ph]
2. *S-, P- and D-wave $\pi\pi$ Final State Interactions and CP Violation in $B^{\pm} \rightarrow \pi^{\mp} \pi^{\pm} \pi^{\pm}$ decays.*, J.-P. Dedonder, A. Furman, R. Kamiński, Leonard Leśniak and B. Loiseau, Acta Phys. Polon. B 42 (2011) 2013 [arXiv:10110960 [hep-ph]]
3. *Are scalar mesons visible in $B^{\pm} \rightarrow \pi^{\mp} \pi^{\pm} \pi^{\pm}$ decays ?*, L. Leśniak, J.-P. Dedonder, A. Furman, R. Kamiński and B. Loiseau, PoS (ICHEP 2010) 208 [arXiv:1011.5060 [hep-ph]]
4. *Scalar Resonance Effects on the $B^* - \bar{B}^*$ Mixing Angle.*, O. Leitner, J.-P. Dedonder, B. Loiseau and B. El-Bennich, Phys.Rev D 82, 076006 (2010) [arXiv:1003.5980 [hep-ph]]
5. *K^* Resonance Effects on Direct CP Violation in $B \rightarrow \pi\pi K$* , O. Leitner, J.-P. Dedonder, B. Loiseau and R. Kaminski, Phys.Rev D 81, 094033 (2010) [arXiv:1003.5980 [hep-ph]] and erratum Phys.Rev D 82, 119906(E) (2010).
6. *Subthreshold Nbar-N Amplitudes from the Lightest Antiprotonic Atoms*, S. Wycech, J.P. Dedonder and B. Loiseau, Acta Phys. Polon. B 41 (2010) 269
7. *Can VMD improve the estimate of the muon g-2 ?*, M. Benayoun et al., Chinese Physics C 34 , 698-704 (2010)
8. *A global treatment of VMD physics up to the ϕ : I. e^+e^- annihilations, anomalies and vector meson partial widths*, Benayoun et al, Eur. Phys. Journ. C 65, 211-245 (2010)
9. *A global treatment of VMD physics up to the ϕ : II. τ decay and hadronic contributions to g-2.*, Benayoun et al, Eur. Phys. Journ. C 68, 355-379 (2010)
10. *Upgraded breaking of the HLS model: A full solution to the $\tau^- e^+ e^-$ puzzle and τ decay issues and its consequences on g-2 VMD estimates*, Benayoun et al, Eur. Phys. Journ. C 72, 10052-011-1848-2 (2012)

LSST

1. *Design and development of the 3.2 gigapixel camera for the Large Synoptic Survey Telescope*, S. Kahn et al., 2010SPIE.7735E..18K
2. *Software for automated testing and characterization of CCDs for Large Synoptic Survey Telescope (LSST)*, M. Prouza et al., 2010SPIE.7740
3. *LSST camera readout chip ASPIC: test tools*, P.Antilogus et al., JINST, 7, C02044 (2012)

SUPERNOVAE : expériences SNLS et SNF

1. *The Rise Time of Normal and Subluminous Type Ia Supernovae*, Gonzalez-Gaitan S., et al, The Astrophysical Journal, 745, 44 (2012)
2. *Constraining Type Ia Supernovae Progenitors from Three Years of Supernova Legacy Survey Data*, Bianco F. B., et al., The Astrophysical Journal, 741, 20 (2011)
3. *Photometric selection of Type Ia supernovae in the Supernova Legacy Survey*, Bazin G., et al., Astronomy and Astrophysics, 534, A43 (2011)
4. *SNLS3: Constraints on Dark Energy Combining the Supernova Legacy Survey Three-year Data with Other Probes*, Sullivan M., et al., The Astrophysical Journal, 737, 102 (2011)
5. *Subluminous Type Ia Supernovae at High Redshift from the Supernova Legacy Survey*, Gonzalez - Gaitan S., et al., The Astrophysical Journal, 727, 107 (2011)
6. *Supernova Legacy Survey: using spectral signatures to improve Type Ia supernovae as distance indicators*, Walker E. S., et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 410, 1262 (2011)
7. *Supernova Constraints and Systematic Uncertainties from the First Three Years of the Supernova Legacy Survey*, Conley A., et al., The Astrophysical Journal Supplement Series, 192, 1 (2011)
8. *The Supernova Legacy Survey 3-year sample: Type Ia supernovae photometric distances and cosmological constraints*, Guy J., et al., Astronomy and Astrophysics, 523, A7 (2010)
9. *The dependence of Type Ia Supernovae luminosities on their host galaxies*, Sullivan M., et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 406, 782 (2010)
10. *Real-time Analysis and Selection Biases in the Supernova Legacy Survey*, Perret K., et al., The Astronomical Journal, 140, 518 (2010)
11. *Photometric redshifts for type Ia supernovae in the supernova legacy survey*, Palanque-Delabrouille N., et al., Astronomy and Astrophysics, 514, A63 (2010)
12. *Gravitational lensing in the supernova legacy survey (SNLS)*, Kronborg T., et al., Astronomy and Astrophysics, 514, A44 (2010)
13. *The Type Ia Supernova Rate in Radio and Infrared Galaxies from the Canada-France-Hawaii Telescope Supernova Legacy Survey*, Graham M. L., et al., The Astronomical Journal, 139, 594 (2010)
14. *Dark energy constraints from a space-based supernova survey*, Astier P., et al., Astronomy and Astrophysics, 525, A7 (2011)
15. *Evidence for a Correlation Between the Si II $\lambda 4130$ Width and Type Ia Supernova Color*, Nordin J., et al., The Astrophysical Journal, 734, 42 (2011)
16. *Type Ia Supernova Carbon Footprints*, Thomas R. C., et al., The Astrophysical Journal, 743, 27 (2011)
17. *Keck Observations of the Young Metal-poor Host Galaxy of the Super-Chandrasekhar-mass Type Ia Supernova SN 2007if*, Childress M., et al., The Astrophysical Journal, 733, 3 (2011)
18. *The reddening law of type Ia supernovae: separating intrinsic variability from dust using equivalent widths*, Chotard N., et al., Astronomy and Astrophysics, 529, L4 (2011)
19. *Nearby Supernova Factory Observations of SN 2007if: First Total Mass Measurement of a Super-Chandrasekhar-Mass Progenitor*, Scalzo R. A., et al., The Astrophysical Journal, 713, 1073 (2010)
20. *3D deconvolution of hyper-spectral astronomical data*, Bongard S., et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 418, 258 (2011)

Groupe théorie dans l'équipe Énergie et Matière Noire

1. *Gravitational force in an infinite 1-d Poisson distribution*, Gabrielli, A. and Joyce, M., Phys. Rev. E81, 021102 (2010)
2. *Relaxation to thermal equilibrium in the self-gravitating sheet model*, Joyce, M. and Worakitponpon, T., J. Stat. Mech., P10012 (2010)

3. *A dynamical classification of the range of pair interactions*, Gabrielli, A. et al., J. Stat. Phys., 141, 970 (2010)
4. *Quasi-stationary states and the range of pair interactions*, Gabrielli, A. et al., Phys. Rev. Lett, 105, 210602 (2010)
5. *Non-linear gravitational clustering of cold matter in an expanding universe: indications from 1D toy models*, Joyce, M. and Sicard, F., Mon. Not. R. Astron. Soc, 413, 1439 (2011)
6. *Quasi-stationary states in the self-gravitating sheet model*, Joyce, M. and Worrakitpoonpon, T., Phys. Rev. E84, 011139 (2011)

HESS

1. *Simultaneous multi-wavelength campaign on PKS 2005-489 in a high state*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 533 (2011) A110
2. *Discovery of the source HESS J1356-645 associated with the young and energetic PSR J1357-6429*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 533 (2011) A103
3. *Very-high-energy gamma-ray emission from the direction of the Galactic globular cluster Terzan 5*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 531 (2011) L18
4. *A new SNR with TeV shell-type morphology: HESS J1731-347*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 531 (2011) A81
5. *H.E.S.S. observations of the globular clusters NGC 6388 and M 15 and search for a Dark Matter signal*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astrophys. Journal 735 (2011) 12
6. *Search for a Dark Matter annihilation signal from the Galactic Center halo with H.E.S.S.*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Phys. Rev. Lett. 106 (2011) 161301
7. *HESS J1943+213: a candidate extreme BL Lacertae object*. H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 529 (2011) A49
8. *Detection of very-high-energy gamma-ray emission from the vicinity of PSR B1706-44 and G34.1-2.3 with H.E.S.S.*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 528 (2011) A143
9. *Search for Lorentz Invariance breaking with a likelihood fit of the PKS 2155-304 Flare Data Taken on MJD 53944*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astroparticle Physics 34 (2011) 738
10. *H.E.S.S. constraints on Dark Matter annihilations towards the Sculptor and Carina Dwarf Galaxies*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astroparticle Physics 34 (2011) 608-616
11. *Revisiting the Westerdun 2 field with the H.E.S.S. Telescope Array*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 525 (2011) A46.
12. *Discovery and follow-up studies of the extended, off-plane, VHE gamma-ray source HESS J1507-622*, H.E.S.S. collaboration, F. Acero et al. Astron. Astrophys. 525 (2011) A45.
13. *Discovery of VHE gamma-rays from the BL Lac object PKS 0548-322*, H.E.S.S. collaboration, F. Aharonian et al. Astron. Astrophys. 521 (2010) A69
14. *VHE gamma-ray emission of PKS 2155-304: spectral and temporal variability*, H.E.S.S. collaboration, A. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 520 (2010) A83.
15. *First detection of VHE gamma-rays from SN 1006 by H.E.S.S.*, H.E.S.S. collaboration, F. Acero et al. Astron. Astrophys. 516 (2010) A62.
16. *Multi-wavelength observations of H 2356-309*, H.E.S.S. collaboration, H. Abramowski et al. Astron. Astrophys. 516 (2010) A56.
17. *PKS 2005-489 at VHE: Four Years of Monitoring with HESS and Simultaneous Multi-wavelength Observations*, H.E.S.S. collaboration, F. Acero et al. Astron. Astrophys. 511 (2010) A52.
18. *Localizing the VHE gamma-ray source at the Galactic Centre*, H.E.S.S. collaboration, F. Acero et al. MNRAS 402 (2010) 1877-1882.

Observatoire Pierre Auger

1. *Trigger and aperture of the surface detector array of the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 613, 29 (2010)
2. *A study of the effect of molecular and aerosol conditions in the atmosphere on air fluorescence measurements at the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Astroparticle Physics, 33, 108 (2010)
3. *Measurement of the energy spectrum of cosmic rays above 10^{18} eV using the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Physics Letters B, 685, 239 (2010)
4. *Measurement of the Depth of Maximum of Extensive Air Showers above 10^{18} eV*, The Pierre Auger Collaboration, Physical Review Letters, 104, 091101 (2010)
5. *The northern site of the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, New Journal of Physics 12, 035001 (2010)
6. *The fluorescence detector of the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 620, 227 (2010)
7. *Update on the correlation of the highest energy cosmic rays with nearby extragalactic matter*, The Pierre Auger Collaboration, Astroparticle Physics, 34, 314 (2010)
8. *The exposure of the hybrid detector of the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Astroparticle Physics, 34, 368 (2011)
9. *The Pierre Auger Observatory Scaler Mode for the Study of the Modulation of Galactic Cosmic Rays due to Solar Activity*, The Pierre Auger Collaboration, Journal of Instrumentation, 6, P01003 (2011)
10. *Search for First Harmonic Modulation in the Right Ascension Distribution of Cosmic Rays Detected at the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Astroparticle Physics, 34, 627 (2011)
11. *Advanced functionality for radio analysis in the Offline software framework of the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 635, 92 (2011)
12. *Anisotropy and chemical composition of ultra-high energy cosmic rays using arrival directions measured by the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 06, 022 (2011)
13. *The Lateral Trigger Probability function for UHE Cosmic Rays Showers detected by the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Astroparticle Physics, 35, 266 (2011)

14. *The effect of the geomagnetic field on cosmic ray energy estimates and large scale anisotropy searches on data from the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 11, 022 (2011)
15. *Search for ultrahigh energy neutrinos in highly inclined events at the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Physical Review D 84, 122005 (2011)
16. *Search for signatures of magnetically-induced alignment in the arrival directions measured by the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Astroparticle Physics, 35, 354 (2012)
17. *Description of Atmospheric Conditions at the Pierre Auger Observatory using the Global Data Assimilation System (GDAS)*, The Pierre Auger Collaboration, Astroparticle Physics, 35, 591 (2012)
18. *A search for anisotropy in the arrival directions of ultra high energy cosmic rays recorded at the Pierre Auger Observatory*, The Pierre Auger Collaboration, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, in press (2012)

CKMfitter

1. *Predictions of selected flavour observables within the Standard Model*, Charles J. et al, Physical Review D, 84, 033005 (2011)

DELPHI

1. *Search for single top quark production via contact interactions at LEP2*, Abdallah J. et al, European Physical Journal C, 71, 1555 (13 p.) (2011)
2. *A study of the b-quark fragmentation function with the DELPHI detector at LEP I and an averaged distribution obtained at the Z Pole*, Abdallah J. et al, European Physical Journal C, 71, 1557 (29 p.) (2011)
3. *Study of the Dependence of Direct Soft Photon Production on the Jet Characteristics in Hadronic Z Decays*, Abdallah J. et al, European Physical Journal C, 67, 343-366 (2010)
4. *Measurements of CP-conserving Trilinear Gauge Boson Couplings WWV ($V \neq \gamma, Z$) in e^+e^- Collisions at LEP2*, Abdallah J. et al, European Physical Journal C, 66, 35-56 (2010)

Interface Physique-Biologie

1. *Bistable cell fate specification as a result of stochastic fluctuations and collective spatial cell behaviour*, Stockholm, D., Edom-Vovard, F., Coutant, S., Saunatin, P., Yamagata, Y., Corre, G., Le Guillou, L., Neilde-Nguyen, T.M., Paldi, A., PLoS One, 5, 12 (2010)
2. *Pectin-induced changes in cell wall mechanics underlie organ initiation in Arabidopsis*, Peaucelle, A., Braybrook, S.A., Le Guillou, L., Bron, E., Kuhlemeier, C., Höfte, H., Current Biology, 21, 1720-1726 (2011)

Autres

1. $\Delta M_W \leq 10 \text{ MeV}/c^2$ at the LHC: a forlorn hope?, M.W. Krasny et al., Eur. Phys. J. C69, 379-397 (2010)
2. *Ascertaining the origin of the $lv\bar{lv}$ excess events at the LHC by a change of beam energy*, M.W. Krasny et al., Acta Phys.Polon. B42 (2011)
3. *Bayesian Estimation for Optimized Structured Illumination Microscopy*, F.Orieux et al., IEEE transactions on image processing, 21, (2), pp. 610-614 (2012)
4. *Time structure of ns duration bunches with single crystal diamond detector*, J.A. Duenas et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 641, (1) pp. 33-36 (2011)
5. *Description of current pulses induced by heavy ions in silicon detectors (II)*, H.Hamrita et al. [FAZIA collaboration], Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 642, (1), pp. 59-64 (2011)
6. *Fragmentation of multiply charged hydrocarbon molecules $C_H(\leq 4 \leq 9)$ produced in high-velocity collisions: Branching ratios and kinetic energy release of the H_i* , K.Bérouff et al. Phys.Rev. A, Atomic, Molecular, and Optical Physics 84 (3), n 032705
7. *AGATA - Advanced GAMMA Tracking Array*, S. Akkoyun for the AGATA collaboration, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 668, pp. 26-58 (2012)

Communications à des conférences

Simon Akar

- Radiative-penguin results from BABAR, Lake Louise Winter Institute, Lake Louise, Canada, février 2012

Pierre Antilogus

- LSST, Conférence SF2A, Paris, France, 21 juin 2011
- LSST, Journées P21, IAP, Paris, France, 4-5 février 2010

Pierre Astier

- Distances to supernovae, current status and prospects, New Directions in Modern Cosmology, Leiden, septembre 2010
- Data reduction challenges for wide-field imaging, Aspera: computing in astro-particle physics, mai 2011

Christophe Balland

- The SNLS-VLT Type Ia spectrum evolution with redshift: a demographic effect?, Binary path to Type Ia Supernovae, Proceedings IAU Symposium N. 281, Padoue, Italie, 2011
- Results from the first three years of operation of the Supernova Legacy Survey (SNLS), SF2A, 2011
- Cosmological constraints from the 3rd year Supernova Legacy Survey data set, in Window on the Universe, XXIst Rencontres de Blois, 2010

Eli Ben-Haim

- An average b-quark fragmentation function from e^+e^- experiments at the Z pole and recommendations for its use in other experimental environments, Rencontres de Moriond QCD and High Energy Interactions, La Thuile, Italie, mars 2011
- CP violation in $b \rightarrow s$ penguins, Flavor Physics and CP Violation 2011, Maalé Hachamicha, Israël, mai 2011

M. Benayoun

- VMD estimate of the muon $g-2$, International Conference Phi Psi 2011, Novosibirsk, Russie, 19-22 septembre 2011

Gregorio Bernardi

- Combination of the Higgs Searches at the Tevatron, Higgs Hunting workshop, Orsay, juillet 2010
- Prospects and Searches for the Higgs boson at the Tevatron, SUSY conference, Chicago, USA septembre, 2011

Marc Betoule

- The Supernova Legacy Survey: 3 year results and perspectives, Rencontres de Moriond, La Thuile, Italie, mars 2012
- Calibration and cross-calibration of the SNLS and SDSS supernova surveys, Calibration & Standardization of Large Surveys & Missions in Astronomy & Astrophysics, Fermilab USA 16-19 avril 2012

Julien Bolmont

- Search for Lorentz Invariance Violation with flaring Active Galactic Nuclei: a prospect for the Cherenkov Telescope Array, 32nd ICRC, août 2011
- Robust constraints on Quantum Gravity energy scale with PKS 2155-304 HESS data with a likelihood fit, 32nd international Cosmic Ray Conference, Pékin, Chine, août 2011
- Search for Quantum Gravity induced effects with PKS 2155-304 flaring period in 2006 by HESS, Invisible Universe, Paris, France, 2010

Marco Bomben

- Recent progress of the ATLAS Planar Pixel Sensor R&D Project technology and Instrumentation in Particle Physics 2011, Chicago, USA, juin 9-14, 2011
- BSM searches through heavy flavors at BABAR, International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects, Bonn, Allemagne, mars 2012

Duncan Brown

- Searches for the Higgs boson at low mass, Conférence de Blois, Blois, juin 2011

Giovanni Calderini

- Constraints on BSM Physics from BABAR & Belle, Hadron Collider Physics Symposium, Paris, France, novembre 2011

Arnaud Canto

- Spectral Analysis on SNfactory Data, SF2A, mai 2011
- Spectral Analysis on SNe Ia dust components, poster, école d'été "Azores cosmology summer school", août 2011
- Constraints on type Ia supernovae colors and extinctions with the SNfactory data, Rencontres de Moriond, La Thuile, Italie, mars 2012

Flora Cellier-Holzem

- Properties of type Ia supernovae and cosmological applications: comparison between SNLS observed spectra and models, SF2A 2011, Paris, 20-23 juin 2011
- Properties of type Ia supernovae and cosmological applications: comparison between SNLS / SNFactory observed spectra and models, Azores School on Observational Cosmology, Açores, Portugal, 31 août-6 septembre 2011
- Propriétés physiques des Supernova de type Ia avec les expériences SNLS et SNFactory, JRJC 2011, Annecy, 4-10 décembre 2011

Aldée Charbonnier

- Indirect dark matter searches with HESS, COSPAR, Brême, Allemagne, 18 juillet 2010

Jacques Chauveau

- CP violation & CKM matrix elements at B factories, Third Workshop on Theory,

Phenomenology and Experiments in Heavy Flavour Physics, Capri, Italie, juillet 2010

- Precision tests of the flavor sector of the standard model, Workshop on Challenges for Precision physics, LPNHE, Paris, 15-18 décembre 2010

Matteo Corbo

- Study of Top Quark Decays into Tau Leptons and Impact on the Higgs Search of the CDF Experiment, APS 2011, Anaheim, USA, mai 2011

Camille Couturier

- Search for Lorentz Invariance Violation with Cherenkov telescopes using Active Galactic Nuclei Workshop: Tests and theories of Lorentz symmetry violation APC, Paris, 2 mars 2012

Wilfrid Da Silva

- Two fermion pair production in photon-photon, photon-gluon and gluon-gluon collisions, LC11 Workshop: Understanding QCD at Linear Colliders in searching for old and new physics, Trento (Italie), 12-16 septembre 2011

Sandro De Cecco

- B physics at Tevatron 15th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics, Moscow State University, Moscou, Russie, août 2011
- Quarkonium at Tevatron First Rete Quarkonium Workshop RQW2010 Nantes, France, octobre 2010
- B spectroscopy at the Tevatron, XXV QCD Workshop 2010 Montpellier, France, juillet 2010
- Heavy Flavor Properties at CDF, IX International Conference on Hyperons, Charm and Beauty Hadrons, BEACH 2010, Pérouse, Italie, juin 2010

Frédéric Derue

- ATLAS results on Standard Model and Heavy Ions, Crimea 2011 New Trends in High Energy Physics
- ATLAS results with electrons and photons in 7 TeV data at LHC, Institut de physique nucléaire de Cracovie, Pologne, 15 juin 2010

Yuji Enari

- Low mass SM Higgs searches from DZero, ICHEP2010, Paris, juillet 2010
- Searches for the Higgs at the Tevatron, Higgs Hunting Workshop, Orsay, juillet 2011
- Diboson and Higgs Searches at the Tevatron, Rencontres de La Thuile 2012, La Thuile, Italie, mars 2012

Nicolas Fourmanoit

- SuperNova Legacy Survey 5-years sample analysis : a new differential photometry technique, Rencontres de Moriond, La Thuile, Italie, mars 2010

Romain Gaior

- EASIER : un détecteur radio à l'Observatoire Pierre Auger, Journées de Rencontre des Jeunes Chercheurs, Annecy, France, décembre 2011

Silvia Gambetta

- EASIER status report, 7th Air Fluorescence Workshop, Coimbra, Portugal, 22-24 septembre 2010
- R&D for the EASIER experiment, Journées de Rencontres des Jeunes Chercheurs, Angers, France, novembre 2010

Piera L. Ghia

- Review on ultra-high-energy cosmic rays, 22nd European Cosmic Ray Symposium (ECRS 2010), Turku, Finland, août 2010
- Study of the arrival directions of ultra-high-energy cosmic rays detected by the Pierre Auger Observatory, Cosmic Ray International Seminar (CRIS 2010), Catania, Italie, septembre 2010
- Highlights of astrophysical observations from the Pierre Auger Observatory, 19th Particles and Nuclei International Conference (PANIC 2011), Boston, USA, juillet 2011
- A measurement of the cosmic ray anisotropy at and above 1014 eV, Cosmic Ray Anisotropy Workshop 2011, Madison, USA, octobre 2011
- Anisotropy studies with the Pierre Auger Observatory, International Symposium on Future Directions in UHECR Physics (UHECR 2012), CERN, Suisse, février 2012

Julien Guy

- Supernova Legacy Survey 3rd Year Cosmological Results, Frontiers of Fundamental Physics, Paris, juillet 2010
- Supernova Surveys, PPC, Turin, Italie, juillet 2010
- Constraints on Dark Energy from the Supernova Legacy Survey three-year data set, Rencontres de Blois, Blois, juin 2011

Delphine Hardin

- The Supernova Legacy Survey: Dark Energy measurement, International Europhysics Conference on High Energy Physics (HEP), Grenoble, juillet 2011
- Latest results from the SNLS-3 years data, Rencontres de Moriond, Gravitation-session, La Thuile, Italie, avril 2011
- Dark energy and type Ia supernovae, Rencontres de Moriond, EW-session, La Thuile, Italie, avril 2011

Agnieszka Jacholkowska

- Symmetries and Quantum Gravity with Photons from Astrophysical Sources, Science at 10 GeV to 100 GeV, MPI-K Workshop, Ringberg, Allemagne, janvier 2010
- Fundamental Physics and Cosmology with gamma-ray astronomy, Colloquium U. Jagiellonian Cracovie, Pologne, janvier 2011

- Dark Matter searches with HESS, IDPASC Dark Matter Workshop, Évora, Portugal, 17-18 décembre 2011

Michael Joyce

- Can self-gravitating systems produce fractal structures?, Paths in complexity, Conférence internationale à Rome, Rome, Italie, septembre 2010
- Can gravity produce scale-invariant clustering?, New Directions in Modern Cosmology, Conférence internationale à Leiden, Pays-Bas, septembre 2010
- Violent relaxation of self-gravitating systems in 1D and 3D, Interactions à longue portée, conférence à l'École Normale Supérieure de Lyon, Lyon, 17-19 octobre 2011
- Discreteness effects in simulations of cosmological structure formation, Systèmes de particules avec interactions à longue portée, limite continue et effets discrets, conférence à l'Université de Nice, Sophia Antipolis, 3-4 novembre 2011

Frédéric Kapusta

- Color factors and color basis in two fermion pair production in photon-photon, photon-gluon and gluon-gluon collisions, LC11 Workshop: Understanding QCD at Linear Colliders in searching for old and new physics, Trento (Italie), 12-16 septembre 2011

Mieczyslaw Witold Krasny

- The PDFs for the era of precision electroweak programme at the LHC, Assemblée plénière du GDR Nucléon, Saclay, novembre 2010
- Workshop introductory talk, workshop on Challenges for Precision physics, LPNHE, Paris, 15 au 18 décembre 2010
- Remarks on the PDF systematics in the measurement of MW, CERN workshop on EW physics with W and Z bosons, CERN, avril 2011
- A proposal for absolute luminosity measurement at the LHC at 1 %, CERN workshop: Lumi days, février 2012

Antoine Letessier-Selvon

- Anisotropy studies with the Pierre Auger surface array data, Symposium on UHECR observations, Nagoya, Japon, 10-12 décembre 2010
- The needs for a multicomponent UHECR Observatory, International Symposium on Future Directions in UHECR Physics, CERN, Suisse, 13-16 février 2012

Dikai Li

- Search for the Higgs in the WH channel, American Physics Society meeting, 2012, Atlanta, USA, avril 2012

Benoît Loiseau

- CP violation and strong pion-pion interactions in the weak \rightarrow decays, 5th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, Séoul, Corée, 21-26 août 2011

Carla Macolino

- The Pierre Auger Observatory and Cosmic Ray Physics, 22nd Rencontres de Blois, France, 15-20, juillet 2010

- Anisotropy Studies with the Pierre Auger Observatory, XXIIth International Conference on Topics in Astroparticle and Underground Physics (TAUP 2011), Munich, Allemagne, 5-9 septembre 2011

Giovanni Marchiori

- Recent Results of the ATLAS Upgrade Planar Pixel Sensor R&D Project, 10th International Conference on Large Scale, Applications and Radiation Hardness of Semiconductor Detectors (RD11), Florence, Italie, juillet 2011
- Measurements of isolated prompt photons in ATLAS, the XIX International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related, Subjects (DIS2011), Newport News, USA, avril 2011
- Time-integrated measurements of the CKM angle γ/ϕ_3 in BABAR, The 6th International Workshop on the CKM Unitarity Triangle, Warwick, Angleterre, septembre 2010

Ioana. C. Maris

- Measurements of the energy spectrum of cosmic rays using data of the Pierre Auger Observatory, International Symposium on Future Directions in UHECR Physics, CERN, Suisse, 13-16 février 2012
- The AMIGA infill detector of the Pierre Auger Observatory: performance and first data, 32nd International Cosmic Ray Conference (ICRC 2011), Pékin, Chine, 11-18 août 2011
- Results from the Pierre Auger Observatory, XXIV Rencontres de Physique de La Vallée d'Aoste, La Thuile, Italie, 28 février-6 mars 2010
- Reference measurements for neutrino and cosmic rays physics with NA61, JENAM 2010, Lisbonne, Portugal, 6-10 septembre 2011

Aurélien Martens

- CP violation in the B system at LHCb, Cracow Epiphany Conference on Present and Future of B-physics, Cracovie, Pologne, janvier 2012

Moritz Munchmeyer

- Search for large-scale anisotropies in the distribution of cosmic rays with the Pierre Auger Observatory, Journées de Rencontres des Jeunes Chercheurs, Angers, France, novembre 2010
- Influence of geomagnetic effects on large scale anisotropy searches, 32nd International Cosmic Ray Conference (ICRC 2011), Pékin, Chine, 11-18 août 2011

Christopher L. Naumann

- NECTAr : New Electronics for the Cherenkov Telescope Array, Lyon, France, juillet 2011
- The (future) Cherenkov Telescope Array CTA, Rencontres de la Physique de la Vallée d'Aoste, La Thuile, Italie, mars 2011

José Ocariz

- Search for Higgs to gamma+gamma at ATLAS, Conférence Photon 2011, Spa, Belgique, 22-27 mai 2011

- The CKM matrix: status and sensitivity to new physics, hommage à Goran Senjanovic "GoranFest: the joy of making physics", Split, Croatie, juin 2010
- Experimental status of the CKM matrix and sensitivity to physics beyond the Standard Model, Tercera Reunión Colombo-Venezolana de Relatividad, Campos y Gravitación, Curiti, Colombie, décembre 2010

Reynald Pain

- Les grands relevés cosmologiques, état des lieux, futurs et enjeux, Congrès de la SFP, Bordeaux, 4 juillet 2011
- Cosmological Constraints Using Supernovae, Shanghai Particle Physics and Cosmology Symposium, Shanghai, Chine, 3 juin 2011
- SNLS and the next steps : where is the systematic floor, Cosmic Surveys, Cook's Branch, Texas, USA, 15 avril 2011
- Supernova Cosmology : where is the systematic floor ?, Modern Cosmology: early Universe, CMB and LSS, Benasque, Espagne, août 2010

Francesco Polci

- $B^0 \rightarrow K^0 \mu^+ \mu^-$: recent results and perspectives at LHCb, 8th meeting on B physics, Genova Italie, février 2012

Boris Popov

- Results from hadron production experiments, XIV International Workshop on 'Neutrino Telescopes', Venise, Italie, 15-18 mars 2011

Camila Rangel Smith

- El Higgs y el hambre de los pueblos: Discusion de los últimos resultados en la búsqueda del boson de Higgs, Centro Nacional de Calculo Cientifico Universidad de los Andes (CECALCULA), Mérida, Venezuela, 14 décembre 2011

Nicolas Regnault

- Supernovae and Cosmology; 45^e Rencontres de Moriond, La Thuile, Italie, mars 2010
- Recent Results from the Supernova Legacy Survey, CFHT User's Meeting, Taipei, Taiwan, 2010
- Cosmological Results from the First 3 years of the SNLS Survey, Cosmology Workshop, Montpellier, 2010
- SNDice, a Calibration System Designed for Wide Field Imagers, Workshop: Calibration & Standardization of Large Surveys & Missions in Astronomy & Astrophysics, Fermilab USA, avril 2012.

Lydia Roos

- Results on QCD jet and photon production in ATLAS, Blois 2011, 29 mai 2011

Simon Sitt

- Charmless B decays, Flavor Physics and CP Violation 2010, Turin, Italie, mai 2010

Jean-Paul Tavernet

- The camera of the HESS II experiment, 6th NDIP, Lyon, France, 4-8 juillet 2011

Timothée Thévenaux-Pelzer

- Electron performance with J/psi with the ATLAS Detector, Cracow Epiphany Conference on the First Year of the LHC, Cracovie, Pologne, janvier 2012
- Electron efficiency measurement at low energies with J/psi in ATLAS, XXIst International Europhysics Conference on High Energy Physics, Grenoble, juillet 2011

Heberth Torres

- Perspectivas del análisis $H \rightarrow \gamma\gamma$ en el experimento ATLAS, Tercera Reunión Colombo-Venezolana de Relatividad, Campos y Gravitación, Curiti, Santander-Colombia, 1-3 décembre 2011

Francesca Villa

- Photométrie de précision avec l'imagerie grand champ MegaCam, JJC, Angers, 21-27 novembre 2010
- Instrumental calibration of wide field imagers, SF2A 2011, Paris, 20-23 juin 2011
- Photometric calibration of the wide field imager MegaCam with the demonstrator SNDice, Azores School on Observational Cosmology, Açores, Portugal, 31 août-6 septembre 2011

Séminaires

Pierre Antilogus

- LSST : Téléscope grand champ & Etude de l'Energie Noire, Séminaire au LAPP, Annecy, 1 juillet 2011

Pierre Astier

- Supernovae and Dark energy, séminaire au service de physique théorique du CEA, janvier 2010

Aldée Charbonnier

- Analysis methods and systematics in HESS, Dark matter meeting, Leicester, 18 janvier 2010.
- Décoder la distribution de matière noire dans la Galaxie : un outil pour la détection, séminaire à l'IHPST, Paris, 29 juin 2011

Sandro De Cecco

- Tagging b-Jets at Tevatron and LHC colliders, a tool for discoveries, LIP (Laboratorio de Instrumentacao e fisica experimental de Particulas) et Politechnique, Lisbonne, Portugal, janvier 2010
- Photon identification at LHC: first results and prospects for SM Higgs search in two photon final state, Dipartimento di Fisica Università di

Roma "La Sapienza", Rome, Italie, octobre 2010

Jacques Dumarchez

- Premiers résultats de T2K, APC, Paris, 19 septembre 2011

Piera Ghia

- UHECR: the experimental present (with a retrospective view in the past for a perspective in the future, Seminar at IPN, Orsay, septembre 2010

Delphine Hardin

- Latest results from the SNLS-3 years data analysis, séminaire au LPC, Grenoble, juin 2011

Agnieszka Jacholkowska

- Cosmology with gamma-ray astronomy: indirect dark matter detection, séminaire Institut de Physique Nucléaire, Cracovie, Pologne, janvier 2011
- Quantum Gravity with gamma-ray astronomy, séminaire Observatoire de Cracovie, Pologne, janvier 2011

Michael Joyce

- Dynamics of finite and infinite self-gravitating systems, Département de

Physique, Université de Genève, février 2010

- Scale invariance in galaxy clustering and cosmological N body simulations, Institut de Physique Nucléaire de Lyon, octobre 2010
- Quasi-stationary states and the range of pair interactions, École Normale Supérieure de Lyon, juin 2011

Frédéric Kapusta

- Two Photon Physics from LEP and Belle to the ILC and PLC, KEK Physics seminar, 14 novembre 2011

Mieczyslaw Witold Krasny

- Precision electroweak physics at the LHC: an oxymoron?, séminaire, Annecy, janvier 2010
- Higgs or no Higgs by the end of 2012, Institute of Nuclear Physics, séminaire, Cracovie (Pologne), septembre 2011
- Are we willing/ready to overhaul the present LHC research paradigms and methods?, Precision measurements program for the LHC, séminaire au LPTHE, Paris, septembre 2011, et Cracovie (Pologne), octobre 2011
- Electromagnetic interactions of protons and precision luminosity measurement

Séminaires

at the LHC, séminaire à Jagiellonian University, Cracovie (Pologne), avril 2012

Jean-Michel Lévy

- Premiers résultats de T2K, APC, Paris, 11 juillet 2011

Benoît LOISEAU

- Effects of the $\theta(1980)$ on the $B_s^0 \rightarrow B_s^0$ mixing angle Henryk Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics PAN, Cracovie, Pologne, 19 avril 2010

Carla Macolino

- Status and perspectives in the detection of ultra-high energy cosmic rays with the Pierre Auger Observatory, séminaire au LPSC, Grenoble, février 2011
- The strange case of cosmic rays - Status and perspectives in the detection of ultra-high energy cosmic rays with the Pierre Auger Observatory, séminaire, Padua University Department of Physics, juillet 2011
- Status and perspectives in the detection of ultra-high energy cosmic rays

with the Pierre Auger Observatory, séminaire, Laboratori Nazionali del Gran Sasso, décembre 2011

Reynald Pain

- Supernova Cosmology: where is the systematic floor, Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie, Toulouse, 20 mai 2011

Boris Popov

- First results from the NA61/SHINE experiment, JINR, Dubna, 20 janvier 2011
- New results from the T2K experiment, JINR, Dubna, 22 février 2012

Nicolas Regnault

- Can we measure accurate distances from Type Ia Supernovae ?, séminaire, LPT Orsay, 2010
- Supernova Cosmology, séminaire, LPC Clermont, 2010

Arnaud Robert

- Premiers résultats de T2K, Clermont, 2 février 2012

Philippe Schwemling

- Le LHC, le nouvel accélérateur géant du CERN, INSP, 3 juin 2010

François Sicard

- Out of equilibrium dynamics in infinity one-dimensional self-gravitating systems, Laboratoire de Physique Théorique, Université Paul Sabatier, Toulouse, novembre 2010

François Vannucci

- Les limites de la connaissance, séminaire à la conférence Physique et Philosophie, Lyon, octobre 2010

Pascal Vincent

- L'astronomie gamma des très hautes énergies, séminaire, prospectives INSU, Grenoble, mai 2011
- Une vision du ciel en gamma, séminaire, Lyon, avril 2010
- CTA 23m Telescope, Workshop, Jeris, Finlande, janvier 2010

Interventions dans des écoles thématiques

Pierre Antilogus

- Co-organisateur de la session « Gravitation & Cosmology » à la conférence EPS-HEP 2011, Grenoble, juillet 2011
- Membre du SOC pour le Workshop de l'IAP, Paris : « Progenitors and environments of stellar explosions », juin-juillet 2010

Eli Ben-Haïm

- B physics and CP violation, BABAR physics school 2011, SLAC, USA, janvier 2011

Giovanni Calderini

- The SLHC upgrade, TES of High Energy Physics, Alushta, Ukraine, 7-14 juillet 2011

Jacques Chauveau

- Techniques expérimentales, Ecole de Gif 2010 (Saveurs Lourdes), Clermont Ferrand, septembre 2010

- Recent results on CP violation from the B factory experiments, SLAC Summer Institute 2011, SLAC, USA, juillet 2011

Yugi Enari

- Higgs searches, France-Asia Particle Physics School (FAPPS), Les Houches, octobre 2011

Piera L. Ghia

- Cosmic ray detection, International Doctorate School ISAPP 2012, Paris, juillet 2012

Delphine Hardin

- Supernovae et Cosmologie: séminaires de présentation pour la Fédération de Recherche Interactions Fondamentales (FR2687), janvier 2011 et 2012
- Cours d'introduction à la cosmologie, Ecole de Physique Avancée au Maghreb, Taza, Maroc, avril 2011

Antoine Letessier-Selvon

- UHECR detectors and detection techniques: Extensive Air Showers. Recents results from UHECR observatories, International School of Cosmic Rays Astrophysics, Erice, Italie, juillet 2012

Reynald Pain

- Supernovae Ia and Dark Energy, International School of Nuclear Physics, 32nd Course, Particle and Nuclear Astrophysics, Erice, Italie, septembre 2010

François Vannucci

- Neutrino physics, Cours Summer Students CERN, août 2010

Organisation de conférences et écoles thématiques

Pierre Astier

- Membre du comité d'organisation de la session cosmologie, Rencontres de Moriond, mars 2012

Gérard Bonneaud

- Organisateur du Workshop "Experimental and Theoretical Challenges to Probing Dark Energy", Stanford, 1-4 décembre 2010

- Organisateur du Colloque sur l'Enseignement de la Physique Subatomique, Conservatoire National des Arts et Métiers, Division Particules et Champs, et Division Physique Nucléaire de la Société Française de Physique, Paris, 18-19 novembre 2010

Gregorio Bernardi

- Chair de l'organisation du colloque international « Hadron Collider Physics 2011 », Paris, novembre 2011
- Membre de l'organisation du workshop international « Higgs Hunting 2010 », Orsay, juillet 2010

Organisation de conférences et écoles thématiques

- Membre de l'organisation du workshop international « Higgs Hunting 2011 », Orsay, juillet 2011
- Membre de l'organisation du workshop international « Higgs Hunting 2012 », Orsay, juillet 2012

Sandro De Cecco

- Chair du comité d'organisation IN2P3/IRFU du workshop national "Physics ATLAS France", La Londe les Maures, octobre 2011
- Membre de l'organisation du colloque international « Hadron Collider Physics 2011 », Paris, novembre 2011

Jacques Dumarchez

- Organisateur et éditeur des proceedings, Rencontres de Moriond – Electroweak Interactions & Unified Theories, La Thuile, Italie, 6-13 mars 2010
- Organisateur et éditeur des proceedings, Rencontres de Moriond – QCD and High Energy Interactions, La Thuile, Italie, 13-20 mars 2010
- Organisateur et éditeur des proceedings, Rencontres de Moriond – Cosmology, La Thuile, Italie, 13-20 mars 2010
- Organisateur et éditeur des proceedings, Rencontres de Blois – Particle physics and cosmology – first results of the LHC, Blois, 15-20 juillet 2010
- Organisateur et éditeur des proceedings, Rencontres de Moriond – Electroweak Interactions & Unified Theories, La Thuile, Italie, 13-20 mars 2011
- Organisateur et éditeur des proceedings, Rencontres de Moriond – QCD and High Energy Interactions, La Thuile, Italie, 20-27 mars 2011

- Organisateur et éditeur des proceedings, Rencontres de Moriond - Gravitation, La Thuile, Italie, 20-27 mars 2011
- Organisateur et éditeur des proceedings, Rencontres de Blois – Particle physics and cosmology, Blois, 29 mai-3 juin 2011

Yuji Enari

- Membre de l'organisation du colloque international « Hadron Collider Physics 2011 », Paris, novembre 2011

Frédéric Kapusta

- Membre du Comité International d'Organisation de Photon 2011, Spa (Belgique), mai 2011

Mieczyslaw Witold Krasny

- Chair du Workshop on Precision Physics at the LHC, Paris, décembre 2010
- Organisateur de Trans-European School of High Energy Physics, Roumanie, juillet 2010
- Organisateur de Trans-European School of High Energy Physics, Ukraine, juillet 2011
- Organisateur de Trans-European School of High Energy Physics, Serbie, juillet 2012

Sandrine Laplace

- Membre du comité d'organisation de l'école de physique des particules France-Asie (FAPPS 2011), et leader de discussions durant l'école, les Houches, octobre 2011

Antoine Letessier-Selvon

- Membre organisateur du symposium "International Symposium on future Directions in UHECR Physics", février 2012

Giovanni Marchiori

- Organization of the "Workshop on Photon Physics and Simulation at Hadron Colliders", Paris, 30 mars 2012

Ioana C. Maris

- Membre organisateur du workshop "Hadronic Interactions and mass composition" au sein de la collaboration Pierre Auger, LPNHE-Paris, France, janvier 2010

Reynald Pain

- Membre organisateur : « Experimental and Theoretical Challenges to Probing Dark Energy », Stanford, 1-4 décembre 2010
- Membre organisateur de la conférence: « The Future of ground based Supernova Cosmology », Berkeley, 17-20 novembre 2010
- Organisateur de la conférence "The discovery of the accelerating expansion of the Universe" par Prof. S. Perlmutter (prix Nobel de Physique 2011): Colloquium exceptionnel, université Pierre et Marie Curie, Paris, 16 décembre 2011

Lydia Roos

- Organisation de l'école de physique des particules France-Asie (FAPPS 2011), les Houches, octobre 2011

Sophie Trincaz-Duvoid

- Membre du comité d'organisation de la conférence "Present and Future Calorimetry 2013", Paris

François Vannucci

- Organisation conférence Arena, Nantes, juillet 2010

Responsabilités dans les instances scientifiques et techniques

Pierre Astier

- Membre du conseil scientifique du Labex ILP

Pierre Antilogus

- Membre du conseil scientifique de l'IN2P3 depuis 2008-2010
- PI de la collaboration française à LSST depuis octobre 2009
- Responsable scientifique de la R&D LSST en France depuis 2007
- Membre du SNFactory Publication committee (2009-2011)

Julien Aublin

- Co-convenir du groupe de travail d'analyse (Analysis Working Group) sur les anisotropies à petite échelle angulaire au sein de la collaboration Auger

Eli Ben-Haim

- Co-convenir du groupe de travail d'analyse (Analysis Working Group) de BABAR chargé des analyses de désintégrations de mésons B en trois corps sans charme
- Membre du comité d'élection de coordinateur de physique de BABAR (2011 et 2012)

Gregorio Bernardi

- Physics coordinator de l'expérience DZero (2009-2011)
- Porte-parole de l'expérience DZero (2011-2012)
- Membre du comité d'évaluation des bourses INFN, Italie

Julien Bolmont

- Responsables des caméras de HESS 1

Marco Bomben

- Coordinateur des tests en faisceaux pour ATLAS Upgrade Planar Pixel Sensor R&D

Gérard Bonneaud

- Chair du Speakers Bureau de BABAR
- Membre du Publication Board de BABAR
- Président de la Division Champs et Particules de la Société Française de Physique – SFP ; membre du conseil d'administration de la SFP
- Membre du Comité Scientifique du Congrès Général de la Société Française de Physique, et organisateur du mini colloque intitulé « du big bang à la formation des atomes », Bordeaux, 4-8 juillet 2011

Responsabilités dans les instances scientifiques et techniques

- Membre du Comité Scientifique International d'Organisation (International Advisory Committee) de la Conférence FPCP – Flavor Physics and CP Violation, 25-29 mai 2010, Torino, Italie
- Membre du Comité Scientifique International d'Organisation (International Advisory Committee) de la Conférence FPCP – Flavor Physics and CP Violation, 23-27 mai 2011, Kibbutz Maale Hachamisha, Israël
- Membre du Comité Scientifique International d'Organisation (International Advisory Committee) de la Conférence FPCP – Flavor Physics and CP Violation, University of Science and Technology of China (USTC), mai 2012, Hefei, Chine

Duncan Brown

- Responsable de la ferme de computer de DZero, 2010-2012

Giovanni Calderini

- System Manager du détecteur de vertex en silicium (SVT) de BABAR
- Referee pour TNS, ANR et le ministère Italien de l'« Istruzione, Università e Ricerca »
- Membre de Institute Board - Planar pixels ATLAS
- Membre du Governing Board - Advanced European Infrastructure for Accelerators and Detectors (AIDA)

Jacques Chauveau

- Membre du Executive Board de BABAR

Wilfrid da Silva

- Membre élu du Conseil Scientifique de l'IN2P3 (depuis 2011)
- Responsable français du programme Sakura (Partenariat Hubert Curien Franco-Japonais)

Jacques Dumarchez

- Président du Conseil Scientifique du Département PNPP du CNRS (2010)
- Président du Conseil Scientifique de l'IN2P3 depuis 2011
- Membre du groupe de travail du CNES sur la Physique Fondamentale
- Membre du publication board de T2K
- Membre du collaboration board de NA61

Yuji Enari

- Convener du groupe de physique « recherche du Higgs de basse masse », 2009-2011

Piera L. Ghia

- Co-convener du groupe de travail d'analyse (Analysis Working Group) d'Auger, chargé des analyses sur la recherche de sources ponctuelles des rayons cosmiques (jusqu'à mars 2011).
- Chair du Publication Committee d'Auger (depuis mars 2011), membre du Publication Committee d'Auger (jusqu'à mars 2011)

Julien Guy

Membre du conseil scientifique du PNCG

Odile Hamon

- Skim manager pour BABAR au CCIN2P3 à Lyon

Agnieszka Jacholkowski :

- Coordinateur du groupe de recherche « Astroparticules » de HESS
- Membre du comité d'observation de l'expérience HESS

Frédéric Kapusta

- Membre élu du Conseil Scientifique du Département PNPP du CNRS (jusqu'en 2010)
- Membre élu du Conseil Scientifique de l'IN2P3 (depuis 2011)

Didier Lacour

- Membre de l'ECFA plénier (European Comitee for Futur Accelerator)

Bertrand Laforge

- Conseil scientifique du LABEX ILP : responsable du volet enseignement

Philippe Leruste

- Skim manager pour BABAR au CCIN2P3 à Lyon

Antoine Letessier-Selvon

- Coordinateur de Physique au sein de la collaboration Pierre Auger
- Coordinateur de la collaboration française de l'expérience Auger
- Membre du collaboration board d'Auger
- Membre du Conseil Scientifique du Labex ILP
- Membre du Conseil Scientifique du LAPP d'Annecy
- Membre du Conseil Scientifique de la FRIF

Giovanni Marchiori

- Co-convener du groupe de travail d'analyse (Analysis Working Group) de BABAR chargé des analyses de désintégrations exclusives des mésons B avec un méson charmé dans l'état final
- Convener du groupe de travail Standard Model Direct Photon d'ATLAS depuis le 1 octobre, 2011

Ioana C. Maris

- Co-convener du groupe de travail d'analyse (Analysis Working Group) sur la Reconstruction SD au sein de la collaboration Pierre Auger
- Membre du groupe de travail international "Energy Spectrum" pour le Symposium sur le futur de la physique des rayons cosmiques à plus haute énergie

Aurélien Martens

- Responsable de la production Monte Carlo au sein du groupe de travail « Charmless B Decays » de LHCb

José Ocariz

- Responsable national du programme EPLANET

- Éditeur de section du livre « Physics of B factories »

Reynald Pain

- Responsable scientifique IN2P3 des projets "Supernovae" : SCP, SNF, SNLS
- Membre du Collaboration Board de SNF (Chair jusqu'en octobre 2010)
- Porte-Parole et Collaboration Board Chair de SNLS
- Membre des conseils d'administration du GIS, "Physique des 2 infinis", du LABEX, "Institut Lagrange de Paris", de la Fédération de Recherche des Interactions Fondamentales
- Directeur du LIA "Inter Laboratory for Particle Physics and Cosmology" (ILPPC)

Boris Popov

- Coordinateur du software de NA61
- Coordinateur de l'analyse T2K-CR de NA61
- Coordinateur du groupe de travail T2K-NA61
- Membre du collaboration board de NA61
- Coordinateur de l'editorial board de NA61

Mélissa Ridet

- Membre du comité d'organisation du "Workshop on Top Physics: from the TeVatron to the LHC" depuis septembre 2009
- Membre nommé de la Commission 03 (interactions, particules, noyaux, du laboratoire au cosmos) du CNRS depuis décembre 2008 et pour 4 ans
- Membre du comité de sélection PES pour les chercheurs CNRS relevant de la section 03
- Membre de la commission nationale de classement des candidats dépendants de la France pour les contrats post-doctoraux dits "fellows de recherche" au CERN depuis 2010
- Membre du tourniquet du laboratoire souterrain de Modane (LSM) le 8 novembre 2010

Lydia Roos

- Directrice du FCPLP

Philippe Schwemling

- Membre de la Commission Administrative Paritaire Nationale des Ingénieurs de Recherche

Sophie Trincaz-Duvold

- Membre du conseil scientifique de la FRIF
- Contact permanent pour le Labex Institut Lagrange Paris

Pascal Vincent :

- Membre du collaboration board de HESS

Distinctions

Reynald Pain

- Membre de l'équipe Perlmutter, lauréat du Nobel 2011 de Physique (Signataire du papier de découverte de l'accélération de l'expansion de l'univers)

Mélissa Ridet

- Lauréat et porteur de projet du programme Van Gogh 2010 (Partenariat Hubert Curien franco-néerlandais) pour une collaboration avec le laboratoire NIKHEF d'Amsterdam autour de la physique du quark top

Hubert Krivine

- Lauréat du prix Villemot 2012 de l'Académie des Sciences dans la catégorie Histoire des sciences et épistémologie

Conférences grand public

Pierre Astier

- Supernovae et expansion de l'univers, planétarium de Vaulx-en-Velin, janvier 2011
- L'expansion s'accélère, festival "Les deux infinis", septembre 2011

Christophe Balland

- Univers Lumineux, univers sombre, Université Populaire de Sainte-Geneviève des Bois, mars 2009

Pierre Billoir

- Conférence NEPAL (rayons cosmiques), Lycée Fragonard, L'Isle-Adam, 20 octobre 2011

Sébastien Bongard

- Le destin des Etoiles, Conférence NEPAL, Lycée Sophie Germain, Paris, 2011
- Les énergies du XXI^e siècle, Conférence NEPAL, Lycée La Fontaine, Paris, 2011
- Les énergies du XXI^e siècle, Conférence NEPAL, Lycée Jean Zay, Aulnay sous Bois, 2012
- Le destin des Etoiles, Conférence NEPAL, Lycée Edgar Poe, 2012

Frédéric Derue

- Le grand collisionneur de hadrons du CERN, 2 années de succès, Fête de la Science, LPNHE, Paris, octobre 2011

- Le grand collisionneur de hadrons du CERN, 2 années de succès, exposition Entrée en Matière, Jardins du Trocadéro, Paris, 18 octobre 2011

Jacques Dumarchez

- Coordination de la Fête de la Science au LPNHE, Paris, 2010 et 2011

Frédéric Kapusta

- Le vide de Platon à l'Espace, Médiathèque des Mureaux, 5 février 2011

Antoine Letessier-Selvon

- Les rayons cosmiques Fête de la Science LPNHE, Paris octobre 2011

Jean-Michel Levy

- La relativité, Fête de la Science, LPNHE, Paris, octobre 2011
- Membre du comité d'organisation des conférences Physique et Interactions Fondamentales (PIF) Paris

Reynald Pain

- Intervention: "Les étoiles, vie et mort" : groupe scolaire Notre Dame de Sion, Paris
- Organisateur de la Conférence Grand Public « Supernovae Energie Noire : l'univers en accélération » de S. Perlmutter, Cordeliers, Paris, 17 décembre 2011

Nicolas Regnault

- Le destin des Etoiles, Conférence NEPAL, Lycée Saint Léon, Corbeil-Essonnes, 2010

Sophie Trincaz-Duvoid

- Conférence dans le cycle Sciences à Cœur de l'UPMC, Rencontre autour de la Physique des particules : De l'infiniment petit à la création de l'Univers avec le Large Hadron Collider, Paris, 8 mars 2012

François Vannucci

- G. Charpak et ses détecteurs, Conférence SFP/ Section Alsace, Strasbourg, 12 janvier 2011
- Les particules élémentaires, Conférence Grand Public, Rennes, mars 2011
- Les neutrinos, Université d'Alger, Alger, avril 2011
- Les particules élémentaires, Conférence au CNAM, juin 2011
- Neutrinos stériles, Congrès SFP Bordeaux, juillet 2011
- Du Big bang aux particules, festival d'astronomie de Tautavel, août 2011
- La masse manquante de l'univers, festival Scientilivres, Labège-Toulouse, octobre 2011
- Les astroparticules, Société d'astronomie de Nantes, novembre 2011

Activités de vulgarisation

Antoine Letessier-Selvon

- Article/interview pour Science et Avenir

Mieczyslaw Witold Krasny

- In search of the lost symmetry, Public lectures for physics teachers, CERN, octobre 2011
- The heart of the matter, Public lectures for physics teachers, CERN, octobre 2011

Hubert Krivine

- « La Terre, des mythes au savoir » préfacé par Jacques Bouveresse. Éd. Cassini, mai 2011 (Cet ouvrage a obtenu le prix de l'Union rationaliste en 2011)

Reynald Pain

- Article (participation) : "Dernières nouvelles de l'univers", Science et Vie Junior, n° 68

Boris Popov

- Article : NA61/SHINE: More precision for neutrino beams, CERN Courier, volume 51, n° 10, 2011

Mélissa Ridet

- Article sur le redémarrage du LHC pour le numéro 8 de la revue Élémentaire

Sophie Trincaz-Duvoid

- Interview pour l'article « Un été très LHC » dans les cahiers de l'UPMC du magazine La Recherche en juillet-août 2010

François Vannucci

- Rencontre « Binôme » avec Emmanuel Bourdieu, Représentation au festival off d'Avignon (juillet 2010), puis représentations au Palais de la découverte (octobre 2010), au musée de la Villette et à Compiègne (2011)
- Interviews radio : radio Québec, radio Suisse Romande, France inter, France culture (à deux reprises), RFI, IdFM98
- Interviews presse : L'humanité, L'express, Sciences et Avenir (à deux reprises), Comment ça marche, Le Nouvel Observateur



ENSEIGNEMENT

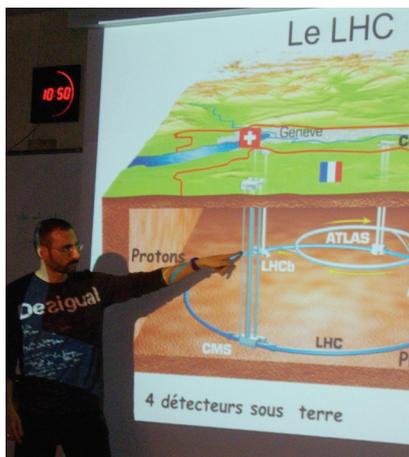
L'enseignement supérieur

Responsabilités dans les instances universitaires

Formation par la recherche

Les thèses au LPNHE

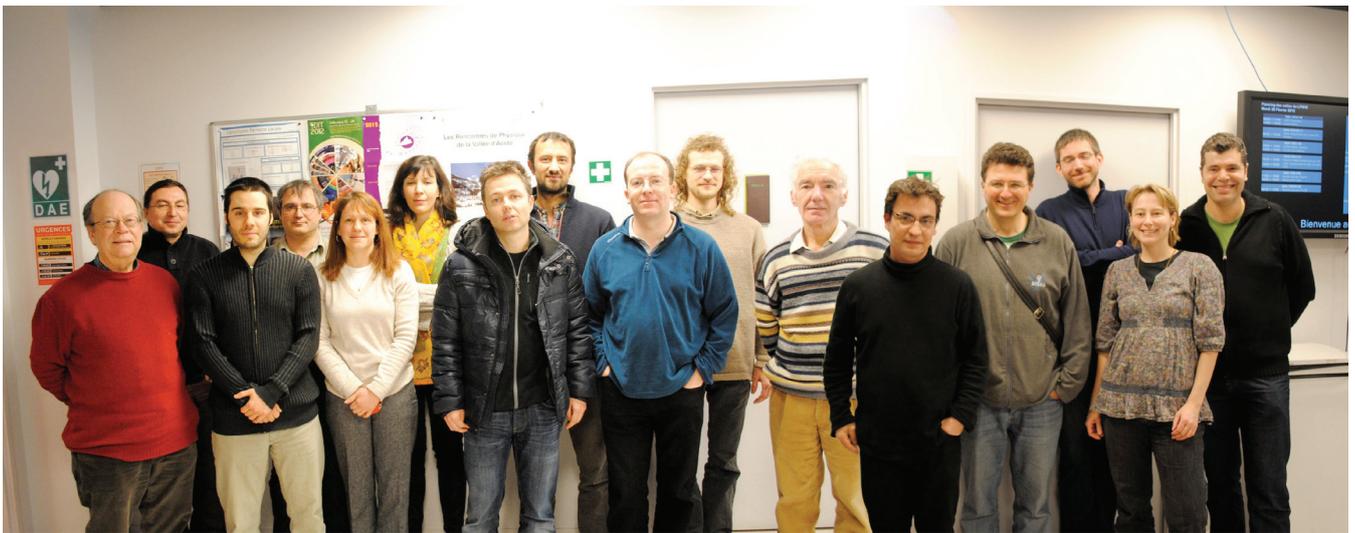
Les stages au LPNHE



L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR



Comme dans quasiment tous les laboratoires de recherche, l'enseignement a une place importante au LPNHE. Bien sûr, un nombre considérable d'enseignants des universités Pierre et Marie Curie, Paris Diderot et Paris-Sud en sont l'armature. Ils enseignent la Physique, des principes de la mécanique aux domaines de recherche les plus récents. Mais l'enseignement au sens large, c'est-à-dire la diffusion du savoir acquis au travers de la recherche, dépasse largement ce cadre. Les domaines de recherche du laboratoire (Physique des particules, Astroparticules et Cosmologie) et tous les aspects de la recherche qui leur sont liés (Instrumentation, Analyse et traitement des données, Électronique, Informatique), sont des domaines où les membres du LPNHE se doivent de transmettre leur savoir et leur savoir-faire.



L'enseignement supérieur et le LPNHE

Le LPNHE est une unité mixte de recherche du CNRS et des Universités Pierre et Marie Curie (UPMC) et Paris Diderot (UPD). Cette double tutelle universitaire se manifeste par le fait que plus de la moitié des chercheurs permanents du laboratoire est constituée d'enseignants-chercheurs (EC) de l'UPMC, de Paris-Diderot ou de Paris-Sud. Le tableau ci-dessous montre que, depuis 2005, le nombre total d'EC a été en légère augmentation, et qu'il s'est stabilisé autour de 25 EC depuis deux ans. Aux EC titulaires s'ajoutent une vingtaine de doctorants, moniteurs, et ATER. Évidemment, des chercheurs et des ingénieurs CNRS

participent aussi, à un titre ou à un autre, à des enseignements : à l'Université, dans des grandes écoles, des écoles thématiques de l'IN2P3 ou des écoles d'été.

Cette implication de l'ensemble du personnel du laboratoire est importante dans de nombreuses filières de l'enseignement supérieur : Licence, Master, École normale supérieure, Médecine. Elle recouvre aussi des domaines allant de la formation à la recherche jusqu'aux formations professionnalisantes en passant par l'insertion professionnelle.

Les champs dans lesquels notre laboratoire possède une expertise enseignée à l'Université sont la physique des particules et des astroparticules, la cosmologie, l'instrumentation, l'analyse et le

traitement de données, ainsi que l'électronique et l'informatique.

la licence

Les EC du LPNHE participent aux enseignements des trois années de la licence dans les différentes mentions proposées par les universités de rattachement. Ils sont impliqués non seulement dans l'enseignement des matières correspondant aux activités du laboratoire, mais aussi dans l'enseignement de la physique générale (Mécanique, électromagnétisme, thermodynamique, ondes, physique quantique, physique atomique, physique nucléaire, relativité,...) dans tous les cycles. Outre les enseignements proprement dits, ils y assurent la responsabilité d'une

Université d'appartenance	Catégorie	2005	2007	2009	2011
UPMC (P6)	PR	5	5	3	4
	MCF	8	9	11	11
Université Paris-Diderot (P7)	PR	2	2	3	2
	MCF	7	8	8	7
Université Paris-Sud (P11)	PR	0	0	0	0
	MCF	0	0	1	1
Total		22	24	26	25

Évolution des effectifs enseignant-chercheurs au LPNHE

trentaine d'unités d'enseignement, certaines, de L1, ayant des effectifs de plus de 1 000 étudiants.

Le Master

En première année de master, les EC assurent les enseignements liés aux activités du laboratoire : physique nucléaire et des particules, interaction particule-matière, physique numérique et projets expérimentaux dans les mentions « Physique et Applications » (PA) et « Sciences De l'Ingénieur » (SDI) du master « sciences et technologies » de l'UPMC, et dans la mention « Physique Fondamentale et Sciences pour l'Ingénieur » (PFSI) du master « Sciences, Technologie et Santé » de Paris-Diderot.

En ce qui concerne la deuxième année de master, le laboratoire est impliqué dans quatre spécialités et est un lieu d'accueil pour certains de leurs enseignements.

▀ Spécialité Noyau, Particules, Astroparticules et Cosmologie (NPAC)

L'objectif de cette spécialité est de former des chercheurs susceptibles d'intervenir dans toutes les phases d'une expérience, que ce soit pour des expériences de physique nucléaire, des particules ou d'astroparticules et de cosmologie : conception, mise au point, simulation, analyse de données, interprétation des résultats etc. Dans ces domaines, le cursus offre aux étudiants une formation équilibrée sur trois plans – théorie, modélisation, instrumentation – et favorise la transition entre l'enseignement académique et une thèse, première étape professionnelle dans le cadre d'une formation par la recherche. Dans cette formation, les personnels du LPNHE interviennent dans divers enseignements comme la physique

des particules, la cosmologie, les astroparticules et l'instrumentation en physique des hautes énergies. La co-responsabilité de cette spécialité est assurée par trois EC du laboratoire (deux pour l'UPMC et un pour Paris-Diderot).

Co-habilitation : UPMC, Paris-Diderot, Paris-Sud et INSTN

▀ Spécialité Capteurs, Mesures et Instrumentation (CMI)

Cette spécialité permet d'acquérir, par un enseignement assez généraliste, de très bonnes connaissances de méthodologie innovantes dans des domaines variés recouvrant l'environnement, le médical ou l'industrie. Elle a pour vocation de donner aux étudiants une formation large et diversifiée en physique des capteurs, en acquisition et traitement du signal, ainsi qu'en analyse des données, de façon à maîtriser une chaîne de mesure complète. Dans le cadre de cette formation, les personnels du LPNHE interviennent dans des enseignements divers comme l'interaction particules-matière, le traitement du signal, les probabilités et les méthodes statistiques ou les modélisations d'expériences qui constituent quelques-unes des spécialités de ce laboratoire. La co-responsabilité de cette spécialité est assurée par un EC du laboratoire.

Co-habilitation : UPMC et ESPCI

▀ Spécialité Ingénierie Nucléaire (IN)

Cette spécialité, ouverte depuis septembre 2009, a pour objectif de former des étudiants dans des domaines d'excellence de l'UPMC pour le nucléaire, qui sont le génie civil, l'instrumentation pour le nucléaire, la gestion des ressources et la modélisation du stockage des déchets. Les ingénieurs formés sont susceptibles d'intégrer ou d'animer les équipes « projet » de grandes

entreprises, mais aussi, par leur polyvalence, d'assumer un rôle multiple au niveau de l'innovation, de la production et du management. Dans le cadre de cette formation, les personnels du LPNHE ont la responsabilité des cours de physique nucléaire et d'instrumentation.

Habilitation : UPMC

▀ Spécialité Ingénierie Physique des Énergies (IPE)

Cette spécialité forme des ingénieurs qui maîtriseront la physique et les techniques communes aux différentes filières énergétiques et qui auront mené à terme un projet spécialisé dans un cadre industriel. Le Master fournit ainsi des ingénieurs spécialistes de l'énergie, un secteur aujourd'hui dynamisé par l'évolution mondiale des besoins énergétiques et des problèmes environnementaux. Après un tronc commun, la spécialisation se fait par deux enseignements à choisir parmi les options : bâtiment, éolien, nucléaire (I et II) et solaire. Dans le cadre de cette formation, les personnels du LPNHE ont la responsabilité des cours d'énergétique nucléaire du réacteur nucléaire au traitement des déchets et d'électrotechnique.

Habilitation : Paris-Diderot

Le Doctorat

Plusieurs EC sont dans les conseils de différentes écoles doctorales (ED), permettant de recruter, de former et de financer des doctorants. Le LPNHE est rattaché aux ED « Particules, Noyaux, Cosmos » (ED 517), « La physique de la particule à la matière complexes » (ED 389) et « Physique de la région parisienne » (ED 107). La direction de l'ED 517 est assurée par un EC du laboratoire et la responsabilité de l'ED pour l'UPMC est assurée par un autre EC du LPNHE.

Responsabilités dans les instances universitaires

Conseil national des universités

Membres 29^e section

2010-2011 : Pierre Antilogus, Irena Nikolic,
Jean-Paul Tavernet

2012 : Jean-Paul Tavernet (suppléant)

Membre 34^e section:

2010-2012 : Christophe Balland

Membre du bureau et vice-président B (34^e section)
Assesseur de la commission permanente (groupe 8)
Christophe Balland

UPMC

• Conseils, groupes, commissions

Membre du directoire de la Recherche, coordinateur de la physique
Reynald Pain

Membre du conseil d'administration
2010-2012 : Frédéric Kapusta

Membre de la fondation partenariale
2010-2012 : Frédéric Kapusta

Membres du conseil d'UFR

2010 : Didier Lacour

2010-2012 : Delphine Hardin, Reynald Pain,
Pascal Vincent

2011-2012 : Eli Ben-Haim, Bertrand Laforge

Membres du conseil scientifique d'UFR

Eli Ben-Haim, Jacques Chauveau, Reynald Pain

Membres de la commission des services des personnels enseignants

2010-2011 : Delphine Hardin

2011-2012 : Laurent Le Guillou

Comité d'experts en 29^e section du CNU

Élus collège A : Jacques Chauveau (coordinateur A),
Pierre Astier, Jacques Dumarchez, Pascal Vincent

Élus collège B : Eli Ben-Haim (coordinateur B),
Julien Guy, Delphine Hardin, Sophie Trincaz-Duvoid

Membre de la commission des thèses et HDR
Jacques Chauveau

Membre du comité d'attribution de la prime d'investissement pédagogique
Sophie Trincaz-Duvoid

Membres du comité d'attribution de la prime d'investissement recherche

2010 : Delphine Hardin, Pascal Vincent

2011 : Jacques Chauveau

• Responsabilités d'enseignement :

Membres de l'institut des formations doctorales

Jacques Chauveau (responsable ED 517 pour l'UPMC)
Philippe Schwemling (directeur ED 517)

Membres du département de master de physique et applications

Jean-Paul Tavernet, Sophie Trincaz-Duvoid, Pascal Vincent

Membres du département de licence de physique

Jacques Chauveau, Laurent Le Guillou

École doctorale 517

Jacques Chauveau (responsable UPMC)

École doctorale 389

Michael Joyce (membre du conseil de l'ED)

Responsables de la spécialité de M2 NPAC

Jean-Paul Tavernet, Sophie Trincaz-Duvoid

Responsable de la spécialité de M2 CMI

Pascal Vincent

Université Paris Diderot

• Conseils, groupes, commissions

Membre du conseil de l'UFR de physique

2011-2012 : Philippe Schwemling

Membres du conseil scientifique de l'UFR de physique

2010-2011 : Philippe Schwemling

2011-2012 : José Ocariz

Membres du conseil des enseignements de l'UFR de physique

2010-2012 : Philippe Schwemling, Irena Nikolic

2011-2012 : Tristan Beau

Membres du groupe d'experts thématiques (Particules et astroparticules)

Pierre Antilogus, Frédéric Derue, José Ocariz,
Reynald Pain

Commission de suivi et d'avancement des carrières

Philippe Schwemling

• Responsabilités d'enseignement :

Membres du conseil de département sciences exactes

2010-2011 : Kyan Schahmaneche

2011-2012 : Tristan Beau (élu)

Responsable de la Licence de Physique UPD

2010-2011 : Kyan Schahmaneche

École doctorale 517

Philippe Schwemling (directeur de l'ED)

Responsable de la spécialité de M2 NPAC

José Ocariz



FORMATION PAR LA RECHERCHE



Une des missions importantes d'un laboratoire de recherche est d'accueillir des étudiants en stage ou en thèse. Selon leur niveau, ceux-ci mettent à profit leur séjour au sein des équipes d'accueil pour simplement découvrir le milieu de la recherche, voire aborder plus sérieusement les thèmes de physique développés au laboratoire, ou encore, pour les étudiants de Master ou de Doctorat, réaliser un véritable travail de recherche. Dans tous les cas, ils apprennent des techniques expérimentales d'analyses et de traitement informatique des données.

Le LPNHE participe activement à la formation par la recherche en accueillant chaque année une trentaine de stagiaires de tous les niveaux, du L1 au M2, ainsi qu'une dizaine de nouveaux doctorants.

La prise en charge des stagiaires de Licence et Master, ainsi que l'accueil et le suivi des doctorants sont effectuées de façon coordonnée au laboratoire par un responsable des stages et un comité des thèses.



LES THÈSES AU LPNHE



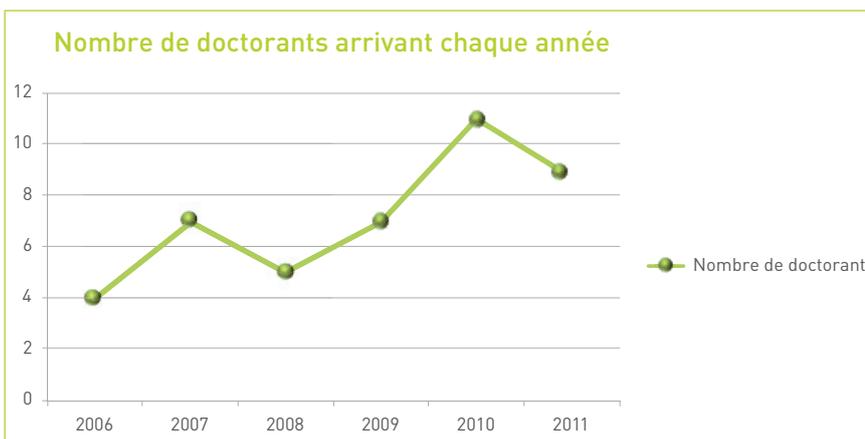
En 2010 et 2011, le laboratoire a accueilli chaque année une dizaine de nouveaux étudiants en thèse. Le LPNHE s'investit particulièrement dans l'accueil des doctorants en agissant à trois niveaux : la visibilité du laboratoire pour les étudiants en recherche de thèse, l'accueil des doctorants et enfin leur suivi durant la thèse. Ces actions sont réalisées par un comité des thèses.

L'attractivité du laboratoire

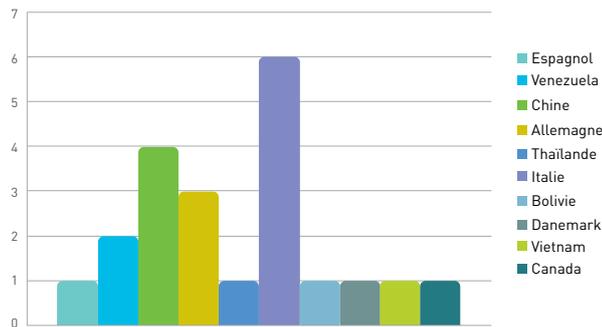
La figure ci-contre montre que, depuis 2006, le nombre de doctorants arrivant au laboratoire chaque année a augmenté sur la période 2010-2011. Même si les services techniques du laboratoire accueillent parfois des doctorants, la majorité des étudiants font leur thèse dans les équipes de recherche.

Plusieurs actions sont menées parallèlement afin de faire connaître le laboratoire auprès des étudiants en Master de physique fondamentale.

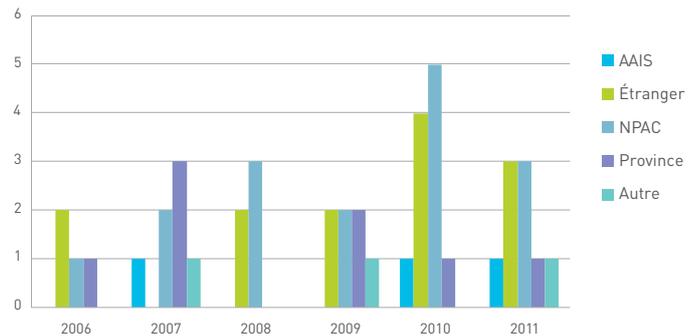
Dans les universités tutelles du laboratoire, l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC) et l'Université Paris Diderot (UPD), les enseignants-chercheurs interviennent dans les



Nationalité des doctorants de 2006 à 2011



Les M2 d'origine des candidats



L3, M1 et M2. Ils y enseignent la relativité, la physique subatomique, la physique des particules, des astroparticules et l'instrumentation. Ils organisent aussi des visites du LPNHE pour leurs étudiants et les incitent à y faire des stages.

Ceci est particulièrement vrai pour les étudiants en L3 de l'École Normale Supérieure de Cachan et ceux du niveau M1 des trois universités de la région parisienne traitant des thématiques scientifiques du laboratoire.

Pour les étudiants en M2, les stages sont le plus souvent des préludes à des thèses réalisées au laboratoire. Aussi, afin d'élargir le cercle naturel des doctorants potentiels hors de la région parisienne, les sujets de thèse proposés par les équipes du laboratoire sont collectés et compilés neuf mois à l'avance et envoyés de façon groupée dans tous les M2 de France susceptibles d'avoir des étudiants intéressés.

Par ailleurs, le laboratoire jouit d'une bonne visibilité à l'international grâce à des coopérations avec la Chine, le Venezuela et l'Italie. Les collaborations internationales dans lesquelles travaillent les chercheurs contribuent sans doute aussi à cet état de fait. La figure ci-dessus montre ainsi que de nombreuses nationalités sont représentées parmi les doctorants du LPNHE. Entre 2006 et 2011, sur 42 étudiants arrivés au laboratoire, 21, soit la moitié, viennent de pays étrangers.

L'autre figure ci-dessus montre que les formations d'origine des doctorants sont bien réparties entre les M2 de la région parisienne

(citons entre autres NPAC : Noyaux, Particules, Astroparticules et Cosmologie et AAIS : Astronomie, Astrophysique et Ingénierie, les M2 de province et enfin les formations étrangères. Nombre d'enseignants-chercheurs du laboratoire interviennent dans le M2 NPAC et de ce fait, la part des doctorants venant de ce M2 est importante.

Les financements des doctorants

La figure montre que les financements des doctorants sont assez diversifiés même si les bourses du ministère venant des Écoles Doctorales 517 et 389 sont encore prépondérantes et représentent un peu plus de la moitié des financements. L'autre source majeure de financement vient de programmes internationaux. On peut notamment citer le Laboratoire Franco-chinois de physique des particules (FCPPL) qui permet à des étudiants chinois de réaliser leur doctorat en France (via différents systèmes de financements), les bourses « Fundayachucho-ambassade de France » pour accueillir des étudiants vénézuéliens ou encore le programme de co-tutelle avec l'Italie, « International Doctorate on AstroParticle Physics » (IDAPP). Enfin, de façon plus ponctuelle, des programmes locaux (BDI, bourse région IDF, programme émergence UPMC) permettent également d'accueillir des doctorants. À cet égard, ces programmes ont largement contribué à financer des étudiants en 2011.

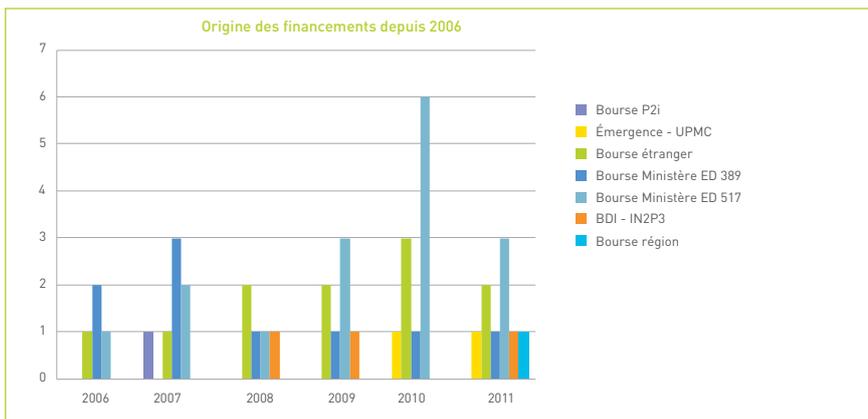
L'accueil des étudiants

Chaque année, une journée spécifique dédiée à l'accueil des étudiants a lieu un vendredi de novembre. Vu le succès obtenu, cette journée a été étendue à toutes les personnes arrivant au laboratoire pour une durée supérieure à 6 mois. Les entrants de l'année sont reçus par le directeur qui leur présente le laboratoire. Durant la réunion interne hebdomadaire du LPNHE, ils se présentent à l'ensemble du personnel du LPNHE l'après-midi étant consacré à des visites des différents services. La direction profite de cette journée pour rassembler les étudiants en thèse afin de faire un point avec eux. C'est aussi l'occasion d'intégrer ceux de première année dans le groupe des doctorants.

Le suivi des doctorants

Afin d'assurer aux doctorants un suivi de thèse de qualité, un système de parrainage a été mis en place au LPNHE. À son arrivée, chaque doctorant choisit un parrain parmi une liste préalablement définie de chercheurs permanents volontaires pour assurer ce rôle.

Le doctorant et son parrain ne doivent pas appartenir à la même équipe de recherche. Ils se rencontrent de façon régulière plusieurs fois par an. Sans enlever ses prérogatives au directeur de thèse, le parrain veille au bon déroulement de ces trois années et se montre attentif à tout signal indiquant un problème, même mineur. La plupart du temps, son rôle



se borne à l'écoute et au conseil. Il peut également servir de médiateur entre doctorant et directeur de thèse et prévenir la direction du laboratoire en cas de souci majeur.

Parrains et direction du laboratoire se réunissent 3 ou 4 fois par an pour faire le point.

Une autre façon d'assurer le suivi des doctorants est la mise en place d'un espace web dédié, contenant des informations sur leur thèse (sujet, directeur, année de soutenance, manuscrit téléchargeable...) et sur leur situation après la thèse. Ceci

constitue les bases d'un réseau d'anciens doctorants du laboratoire susceptible d'apporter une aide à l'insertion professionnelle après la thèse. La difficulté majeure est d'inciter les anciens à mettre à jour leurs données.

Cet espace web sert aussi à exposer les sujets de thèse, à proposer des liens vers les sites utiles pour les doctorants. Il peut aussi servir à des étudiants de M2 en recherche de thèse qui peuvent par ce biais contacter des doctorants pour avoir des renseignements sur leurs

éventuelles futures équipes de recherche.

Depuis 2011, les doctorants du LPNHE ont un représentant au conseil de laboratoire. Ils peuvent suivre une école d'été et assister à une conférence au cours de leur thèse. Ils sont aussi encouragés à exposer leurs travaux aux Journées Jeunes Chercheurs de la SFP ainsi qu'en réunion interne du laboratoire.

- <http://lpnhe-doctorants.in2p3.fr/>
- **Membres du comité des thèses :**
Julien Guy, Iréna Nikolic, Mélissa Ridel, Sophie Trincaz-Duvold

Liste des thèses soutenues au LPNHE en 2010-2011

2011

Stefania Bordoni

Groupe : ATLAS

Sujet de thèse : mesure de la section efficace de production des quarks beaux et charmés à partir de leur désintégration semileptonique en électrons avec l'expérience ATLAS dans les collisions protons-protons à $\sqrt{s} = 7$ TeV au LHC.
Date de soutenance : 16-09-2011

Jonathan Brown

Groupe : DØ

Sujet de thèse : recherche du boson de Higgs standard à DØ à l'aide d'un réseau de neurones
Date de soutenance : 15-09-2011

Francois Brun

Groupe : HESS

Sujet de thèse : étude de l'émission gamma de Très Haute Énergie des sources binaires Galactiques avec le réseau de télescopes HESS.
Date de soutenance : 26-09-2011

Tirawut Worrakitpoonon

Groupe : SUPERNOVAE

Sujet de thèse : physique de systèmes auto-gravitants, avec applications à la cosmologie
Date de soutenance : 27-06-2011

Li Yuan

Groupe : ATLAS

Sujet de thèse : Search for Higgs boson in H -> gamma gamma channel in ATLAS experiment
Date de soutenance : 22-06-2011

2010

Eve Chareyre

Groupe : ATLAS

Sujet de thèse : identification des électrons dans la partie avant du calorimètre électromagnétique d'ATLAS au LHC et analyse des 1^{res} données
Date de soutenance : 13-09-2010

Aldée Charbonnier

Groupe : HESS

Sujet de thèse : étude du potentiel de détection de matière noire supersymétrique avec l'expérience HESS II
Date de soutenance : 26-11-2010

Nicolas FOURMANOIT

Groupe : SUPERNOVAE

Sujet de thèse : mesure des paramètres cosmologiques
Date de soutenance : 24-09-2010

Nils Huske

Groupe : DØ

Sujet de thèse : recherche du boson de Higgs aux collisionneurs hadroniques
Date de soutenance : 10-09-2010

Francois Sicard

Groupe : SUPERNOVAE

Sujet de thèse : physique statistique des systèmes auto-gravitants avec applications à la cosmologie
Date de soutenance : 20-12-2010

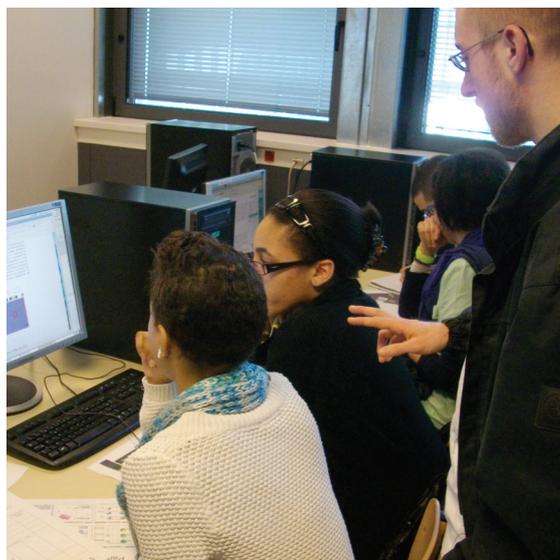
Simon Sitt

Groupe : BABAR

Sujet de thèse : analyse en amplitude et dépendante du temps, d'un canal de désintégration du méson B en 3 corps sans charme
Date de soutenance : 29-09-2010



Les stages en laboratoire constituent à l'heure actuelle une partie intégrante de la plupart des formations de Licence, de Master et d'écoles d'ingénieurs. Bien intégré dans la vie universitaire, le LPNHE s'investit pleinement dans cette mission.



LES STAGES AU LPNHE

Les formations d'origine des stagiaires

Le laboratoire accueille chaque année une cinquantaine de stagiaires comme le montre le tableau ci-dessous. Ils sont issus de formations diverses : étudiants en Licence (principalement en niveau L3), Master (M1 comme M2) mais aussi écoles d'ingénieurs et formations professionnalisantes. On peut

également citer quelques collégiens en classe de 3^e pour une semaine de découverte du monde professionnel. Après le déménagement du laboratoire en 2010, il est apparu que pour accueillir les stagiaires dans de bonnes conditions (bureau, encadrement), il fallait en limiter le nombre à une trentaine entre avril et août et donc fixer certaines priorités. Pour les stages en recherche, il a été décidé de privilégier les candidatures d'étudiants issus de masters de physique (niveau M1 et M2), ou d'écoles d'ingénieurs où la physique subatomique est enseignée. Ceci n'a pas empêché en 2011 de prendre quelques stagiaires de niveau L3 motivés. Pour les stages techniques, les candidatures étant moins nombreuses, il n'y a pas de priorité à établir. Les universités d'origine des stagiaires sont l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC), l'Université Paris Diderot (UPD) et l'Université Paris Sud (U-PSud). Les étudiants de l'UPMC sont majoritaires ce qui est probablement dû à l'implantation du laboratoire sur son campus. Hormis pendant cette période

Niveau Année	Collège	Lycée	Licence	M1	M2	Grandes Ecoles	IUT . Ingé	Etrangers	Formation continue alternance	Total
2006	4	2	13	8	7	6	4	4	0	48
2007	1	1	16	10	12	3	3	4	0	50
2008	2	2	19	11	8	3	4	5	0	54
2009	9	0	3	9	11	4	3	1	0	41
2010	10	3	14	10	13	1	1	4	0	56
2011	6	1	18	10	6	0	1	2	2	46

Thématique Année	Interactions fondamentales	Asymétrie matière anti-matière	Cosmologie	Astroparticules	Services Techniques Administration
2006	47 %	12 %	12 %	14 %	9 %
2007	40 %	12 %	21 %	14 %	6 %
2008	47 %	13 %	13 %	7 %	10 %
2009	52 %	12 %	15 %	9 %	9 %
2011	33 %	17 %	15 %	26 %	9 %

printemps-été, des stagiaires de toutes formations sont accueillis au laboratoire. Il est à noter que, dans le cadre de la formation de Licence de physique de l'UPMC, les étudiants ont un stage obligatoire de 15 jours en janvier. Le LPNHE participe pleinement à ce programme de découverte du milieu de la recherche puisqu'il accueille une dizaine de ces étudiants chaque année.

La visibilité du laboratoire et les offres de stages

Ayant deux universités pour tutelles et étant situé sur le campus de l'une d'elles, le laboratoire jouit d'une bonne visibilité auprès des étudiants. Les enseignants-chercheurs en sont les premiers garants et c'est souvent par leur biais que les étudiants ont un premier contact avec le LPNHE. Depuis 2011, les offres de stages ne sont plus affichées sur le site internet du laboratoire. Il existe simplement une page destinée aux candidats avec les coordonnées des responsables scientifiques et chefs de services que les étudiants sont invités à contacter directement. Les adresses mail de la directrice adjointe (responsable des stages) et de la directrice technique sont également indiquées. Lors des appels à proposition de stages des universités, le LPNHE transmet des sujets qui sont affichés sur le catalogue des formations. Ainsi, le laboratoire envoie des propositions aux responsables des stages du M1 de physique et applications de l'UPMC et du L3 de l'UPMC pour les stages de janvier déjà évoqués. Des propositions de

stages dans les services techniques sont également transmises à des écoles d'ingénieurs.

Les stages de M2 sont un cas à part puisque ces stages constituent le plus souvent un prélude à une thèse effectuée dans le même groupe de recherches avec le même superviseur. Les propositions de stages pour les M2 sont donc envoyées en même temps que les propositions de thèses dans toutes les spécialités de M2 de France proposant des formations en lien avec les thématiques du laboratoire.

Les thématiques des stages

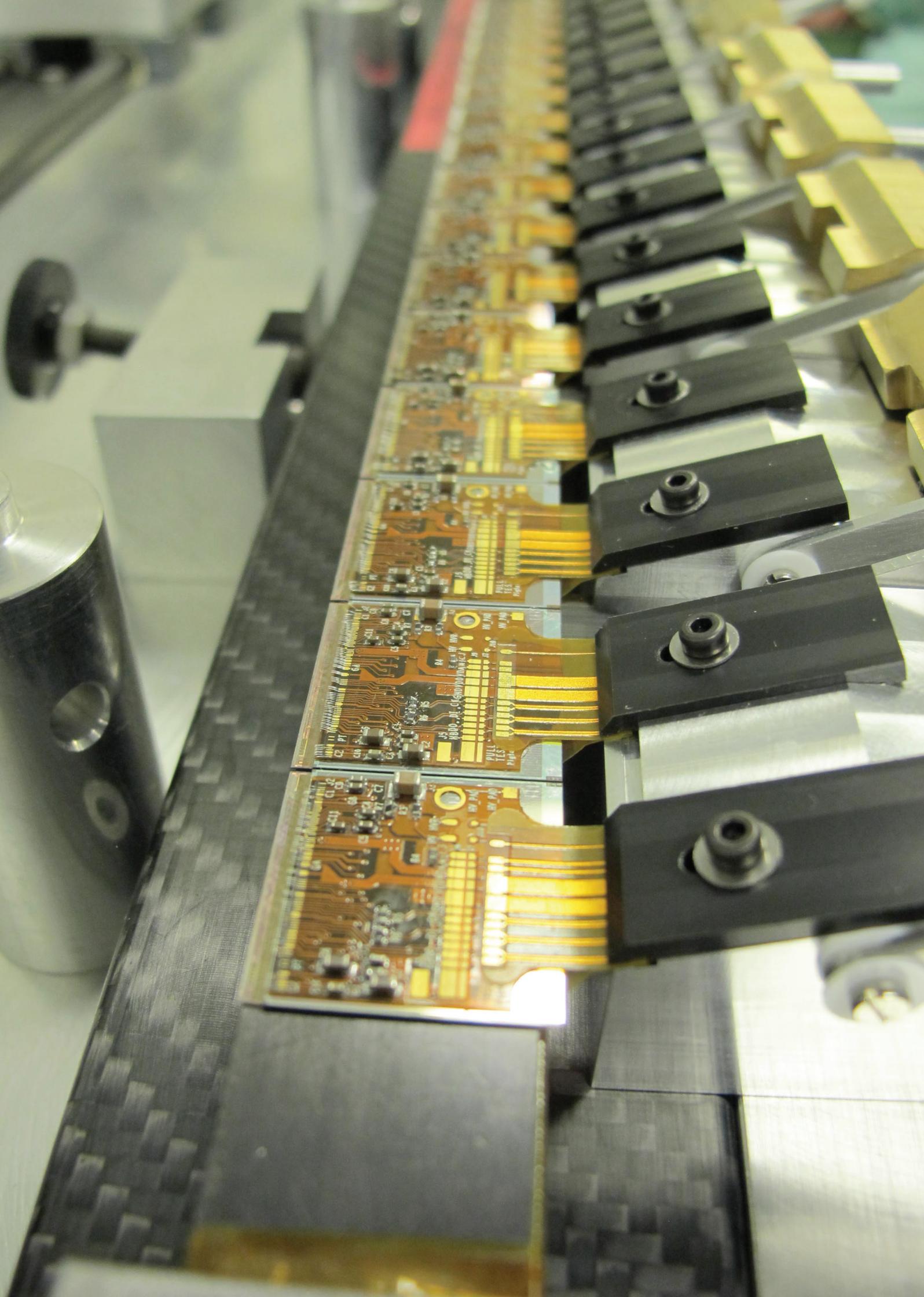
Le tableau ci-dessus montre la répartition des stagiaires selon les équipes. Pour les stages en recherche, cette répartition est équilibrée : tous les projets accueillent des stagiaires chaque année et le ratio de stagiaires par permanents (enseignant-chercheurs ou chercheurs) est d'environ un par an. Il est à noter que même si ce sont les enseignant-chercheurs qui sont les premiers contacts des étudiants, les chercheurs CNRS sont aussi nombreux à prendre des stagiaires que leurs collègues. Pour les stages dans les services techniques, des contacts ont été noués par la direction technique avec des écoles d'ingénieurs de l'UPMC pour accroître leur nombre. Il est à noter qu'en 2011, deux stagiaires en alternance sont arrivés au laboratoire pour des longues durées. L'un venant d'un BTS en informatique et l'autre inscrit en formation continue dans une filière de licence en mécanique.

L'accueil au laboratoire

Depuis le déménagement du laboratoire, une réflexion a été menée pour accueillir les stagiaires dans les meilleures conditions possibles tout en s'adaptant aux contraintes des nouveaux locaux. Il est demandé aux encadrants d'annoncer l'arrivée de leurs stagiaires bien à l'avance afin que différents services puissent planifier leur emplacement, préparer leur poste informatique, commander leur clé kaba etc... Étant donné le nombre limité de bureaux, entre avril et juillet, les encadrants sont encouragés à vérifier qu'il reste des emplacements pour leur stagiaires avant d'accepter leur candidature. Afin de sensibiliser les encadrants à l'importance de l'accueil des stagiaires, la réunion du vendredi y est régulièrement consacrée et un « mode d'emploi de l'accueil du stagiaire » est disponible sur le site internet du laboratoire.

Le futur du laboratoire et de la discipline

Si le laboratoire s'investit tant dans l'accueil des stagiaires, c'est bien sûr pour remplir une mission de formation, mais c'est aussi parce que ces étudiants qui découvrent les thématiques du laboratoire sont souvent tentés ensuite de poursuivre dans cette voie. Ils peuvent ainsi continuer dans des formations de M1 et de M2 dans lesquelles les enseignants du laboratoire interviennent. Par la suite, ils peuvent revenir au LPNHE pour y faire des thèses ou même pour y faire tout ou partie de leur carrière.



COMPÉTENCES ET RÉALISATIONS TECHNIQUES

Service électronique et instrumentation

Service mécanique

Service informatique

Pôles d'expertise

Valorisation

Communications à des conférences et responsabilités



COMPÉTENCES ET RÉALISATIONS TECHNIQUES

Le LPNHE est engagé dans des développements techniques associés à ses projets de recherche. Que ce soit dans la conception et la réalisation d'un instrument, ou des programmes de R&D, les équipes techniques s'investissent avec les physiciens porteurs des projets pour proposer des solutions innovantes, basées sur leur expertise. Les ingénieurs et les techniciens du laboratoire sont sous la responsabilité d'un chef de service et participent à un ou plusieurs projets relevant de leurs compétences. La création d'une direction technique en 2010 a permis de rassembler les quatre services techniques du laboratoire, favorisant ainsi la coordination entre services et projets. Début 2012, le laboratoire comptait neuf projets de développements techniques engageant 40 ingénieurs et techniciens appartenant aux services informatique, électronique et mécanique. Les services généraux, composés de quatre personnes, gèrent l'infrastructure et la logistique du laboratoire et des projets.

L'expertise technique du laboratoire s'exerce dans le domaine de l'instrumentation de détecteurs auprès d'accélérateurs ou de télescopes: photomultiplicateurs pour les caméras des projets HESS et CTA, photodiodes pour la calibration photométrique d'imageur astronomique (SNDICE), détecteurs silicium pour les expériences ATLAS et CALICE, et dispositifs CCD (capteurs à transfert de charges) pour le futur télescope LSST. Les compétences du personnel technique du LPNHE s'exercent dans la conception, la réalisation, la programmation et le test de circuits de microélectronique, dans l'élaboration de cartes électroniques et de bancs de tests, dans l'intégration mécanique d'instruments ou de modules, et dans l'acquisition et le traitement de données.



Le service Électronique et Instrumentation du LPNHE comprend dix-huit ingénieurs et techniciens. Le service est impliqué dans neuf projets de physique auprès des grands accélérateurs (CERN, SLAC, FERMILAB, DESY), d'astroparticule ou de cosmologie au sol. Un pôle CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et Câblage offre toute l'assistance nécessaire pour la réalisation de cartes d'électronique. Les électroniciens du laboratoire assurent la conception, la réalisation, le test et le suivi de systèmes destinés à fonctionner sur les sites d'expériences dans des environnements souvent très sévères (rayonnements ionisants, températures extrêmes, vibrations). Pour ces raisons, les différentes réalisations suivent des critères de qualité stricts imposés par les collaborations afin d'assurer un fonctionnement correct des matériels dans la durée. Ces systèmes font appel à différentes compétences en électronique : analogique rapide faible bruit et grande dynamique, numérique rapide ou très basse puissance. Par ailleurs, ils mettent en œuvre diverses technologies : composants discrets, circuits intégrés bipolaires ou CMOS, analogiques, numériques ou mixtes, programmables ou spécifiques. Les circuits numériques programmables (FPGA) sont couramment utilisés dans les différents développements, ils sont généralement programmés dans des langages adaptés tels que VHDL ou encore VERILOG. Des circuits intégrés spécifiques sont également développés pour optimiser, au mieux, les parties analogiques des projets (amplificateurs bas bruit par exemple) ou des parties mixtes (analogiques/numériques). Les nouvelles technologies telles que la conception d'ASIC 3D sont à l'étude de façon à faciliter la connectivité et permettre de les implanter directement sur le détecteur.

D'autre part, le très bon niveau des ingénieurs et techniciens du laboratoire permet de considérer les instruments dans leur ensemble et de proposer des solutions qui optimisent les interfaces et les différents sous-systèmes. Certains ingénieurs ont des responsabilités de chef de projet dans des composantes nationales ou internationales de grandes expériences.

En instrumentation, le service réalise des bancs de mesure, de contrôle d'instruments selon différentes normes en vigueur.

La compatibilité électromagnétique (CEM) et l'intégrité du signal sont prises en compte à tous les niveaux des conceptions de façon à obtenir un haut niveau de performances.

Les différentes expériences font de plus appel à la qualité et à la gestion de projet. Ces méthodologies sont désormais mises en place dès le début des projets.

Équipe

P. Bailly, J. Coridian, P. Corona,
F. Crescioli, J. David, M. Dhellot,
J.F. Genat, C. Goffin, Y. Guo,
C. Juramy, O. Le Dortz,
H. Lebbolo (chef de service
jusqu'à mi 2010), D. Martin,
P. Nayman (chef de service),
J.M. Parraud, E. Pierre, R. Sefri,
F. Toussnel, A. Vallereau,
L. Vaubien



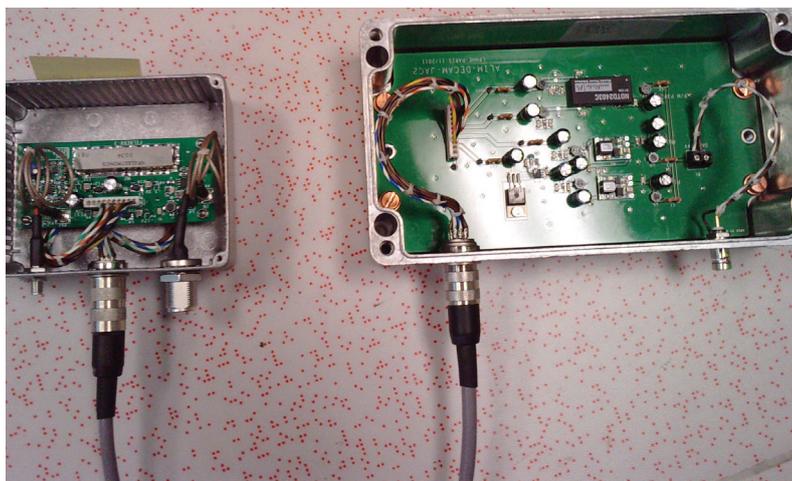
SERVICE ÉLECTRONIQUE ET INSTRUMENTATION

AUGER - EASIER

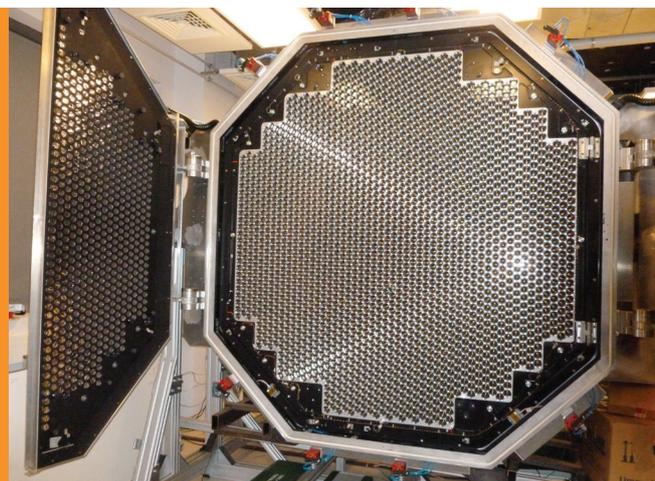
L'observatoire AUGER, installé en Argentine depuis 2004, observe les rayons cosmiques de très haute énergie, mais il reste peu sensible à la composition de ces rayons. Pour améliorer cette sensibilité il a été proposé d'étudier le rayonnement électromagnétique émis par ces rayons lors de leur arrivée dans l'atmosphère et de suivre le développement de la gerbe induite. Ce phénomène de fluorescence, déjà mis en œuvre dans le visible, avec une efficacité limitée dans le temps, doit être vérifié dans le domaine des ondes radio à l'aide d'antennes. Le laboratoire, dans le cadre du projet EASIER, a choisi deux orientations : les ondes décimétriques (bande 30-50 MHz) et les ondes millimétriques

(bande C, 3,4 - 4,2 GHz) les processus de création de l'onde étant différents. Le laboratoire a donc testé, puis installé, un groupe de sept antennes doublets accordées sur 30-50 MHz, ainsi que sept antennes dans la bande C. Chaque antenne et son électronique se substituent à une voie originellement dédiée à un photo-multiplicateur. Elle comprend un préamplificateur d'antenne intégré (LNA, Low Noise Amplifier) adapté pour une large bande, un filtre, un détecteur logarithmique, une adaptation de niveau. L'alimentation 24 V, tirée des batteries internes de la cuve, est transformée pour fournir les différentes tensions nécessaires. Le filtrage a été particulièrement soigné pour réduire les perturbations.

En 2011, les premiers résultats sur les antennes décimétriques ayant montré un bruit et une fiabilité insatisfaisants, une deuxième phase d'installation a été décidée avec de nouvelles antennes munies d'une électronique améliorée. Le test millimétrique (bande C), a permis d'observer assez rapidement un événement incontestable, montrant le bien-fondé de la méthode. La collaboration AUGER a donc favorisé le déploiement d'une plus grande surface de mesure, avec 61 nouvelles antennes, pour augmenter la statistique et affiner les mesures. Là encore, l'électronique dédiée a été repensée. Ces antennes ont été testées et étalonnées au laboratoire et devraient être installées à la fin de l'été austral.



Carte d'alimentation pour les antennes décamétriques du projet AUGER.



Les photomultiplicateurs de la caméra HESS2.

CTA

Suite au succès des expériences d'astronomie gamma au sol et particulièrement de HESS, la communauté a initié un nouveau projet de réseau de grande envergure, CTA (Cherenkov Telescope Array). Il s'agit d'un projet de réseau d'une centaine de télescopes Cherenkov de nouvelle génération. Dans la suite logique de son activité, l'équipe du LPNHE s'est donc impliquée dans ce nouveau projet et a obtenu un financement ANR sur trois ans (2009, 2010, 2011) en association avec l'IRFU et le LPTA pour le programme NECTAr (New Electronic for Cherenkov Telescope Array). L'équipe prend part au design d'un nouveau module électronique qui pourrait servir de base pour la construction des caméras de future génération. Les contraintes fortes pour le projet CTA sont la réduction drastique des coûts et une fiabilité accrue au vu du nombre de voies à réaliser. Dans ce cadre, l'équipe propose avec ses collaborateurs de développer ce nouveau module avec une structure mécanique légère, une électronique plus fortement intégrée, un déclenchement réalisé localement et une interface vers l'extérieur standardisée au moyen d'un lien Ethernet gigabit. Enfin un simple transformateur grand public permettra d'alimenter le module. La partie amplification du signal fait l'objet d'une collaboration entre NECTAr et

l'université de Barcelone (ICCUB). Les premières cartes prototypes réalisées en 2009, ont été testées en 2010. Celles-ci ont permis de valider un certain nombre de concepts comme :

- l'utilisation d'un lien Ethernet Gigabit pour le transfert des données et le contrôle de l'électronique front end. Ce lien a été testé jusqu'à 100 KHz de taux de déclenchements ;
- la caractérisation de l'ASIC NECTAr0 avec ADC intégré développé par l'IRFU.
- la carte haute tension sept voies conçue par la société ISEG basée à Dresde (Allemagne) ;
- le logiciel de contrôle et d'interface sous la plateforme Java.

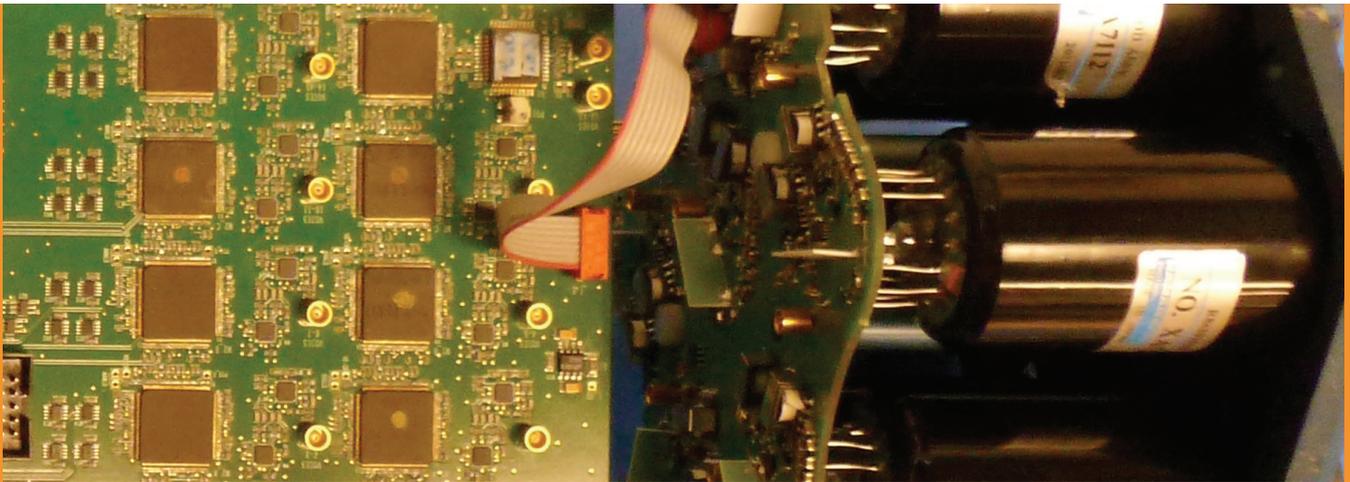
En 2011 un module prototype NECTAr a été construit. Il est constitué de sept tubes photomultiplicateurs, de la carte haute tension, de la carte Front end équipée de huit circuits NECTAr0 et enfin de la carte backplane permettant d'interfacer le module avec le système d'acquisition. Les essais sont en cours. Un test de la chaîne complète d'amplification a été réalisé avec le tube photomultiplicateur candidat de CTA, et a permis de réaliser un spectre de photoélectron unique au gain nominal de 50 K. La validation du système de trigger analogique développé en Espagne par les groupes de l'IFAE, de l'UCM et du CIEMAT est actuellement en cours. Le module NECTAr est sur le point d'être validé comme élément de

base pour les caméras de prochaine génération conformément à ce qui était prévu dans le cadre de l'ANR. Un projet de caméra modulaire basé sur le module NECTAr est maintenant en cours de construction. Au niveau international, le LPNHE est positionné sur la partie électronique frontale et prend également une part active dans le management du projet.

HESS - II

Le télescope HESS - II est prévu d'être implanté au milieu des quatre télescopes existants sur le site Namibien à la mi 2012. Il a une surface de miroir de 600 m² (100 m² pour les télescopes de la phase 1) pour un diamètre de 28 mètres et une focale de 35 m.

L'objectif est d'augmenter la surface de collection tout en gardant une fine granularité pour diminuer le seuil en énergie de l'expérience et augmenter sa sensibilité. Comme pour les quatre télescopes de la phase 1, l'équipe du LPNHE a en charge d'instrumenter la caméra, du photo-détecteur jusqu'au transfert des données vers la ferme de processeurs. Cela comprend les 2 500 photomultiplicateurs (PMT), le traitement du signal issu de ces derniers, l'élaboration du déclenchement de niveau 1, l'acquisition et le formatage des données et leur transfert vers l'acquisition centrale. La caméra, composée de 2 048 pixels (960 pour les caméras de HESS 1) sera



Le module NeCTAr pour le projet CTA.

embarquée au foyer du télescope. Les 2 048 pixels sont répartis en 128 tiroirs de 16 pixels comportant chacun 3 cartes électroniques, assurant le contrôle individuel des pixels, la mesure et le traitement des signaux et l'élaboration de déclenchement de bas niveau. Le cœur de l'électronique repose sur l'utilisation de mémoires analogiques de dernière génération permettant l'échantillonnage du signal à 1 GHz et son stockage pendant l'élaboration d'un déclenchement temporel rapide (100 ns) de grande résolution (2 ns). La mémoire analogique SAM (Swift Analogue Memory) a été développée spécialement pour HESS en collaboration avec L'IRFU. Pour HESS II un déclenchement de niveau 2 sera implémenté, et dans ce cadre, un ASIC pré L2 a été développé au laboratoire pour préparer les données pour la logique de niveau 2. L'ensemble des cartes nécessaires a été dessiné au LPNHE qui en a ensuite assuré la production en partenariat avec l'industrie, et le test final. Ces développements ont été rendus possibles grâce aux outils logiciels disponibles au laboratoire aussi bien pour la réalisation des cartes (logiciels de CAO) que pour celle de circuits logiques complexes (FPGA) programmés en VHDL. Les années 2008 et 2009 ont vu l'achèvement de la construction et de l'assemblage de cette caméra au LPNHE. Les derniers tests de production se sont terminés en 2008 avec notamment :

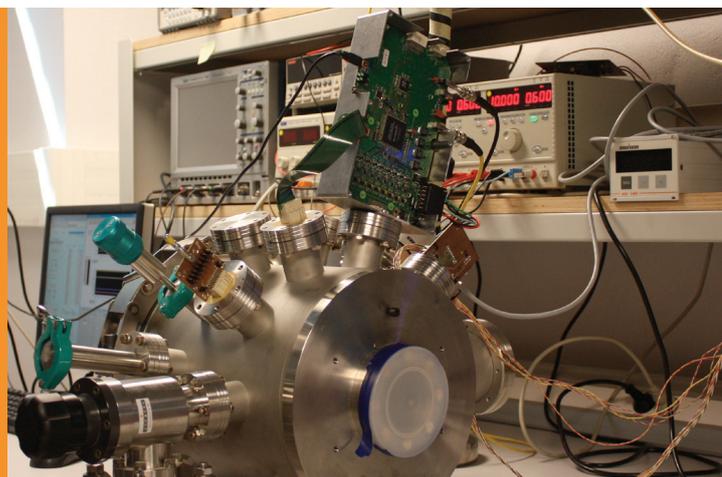
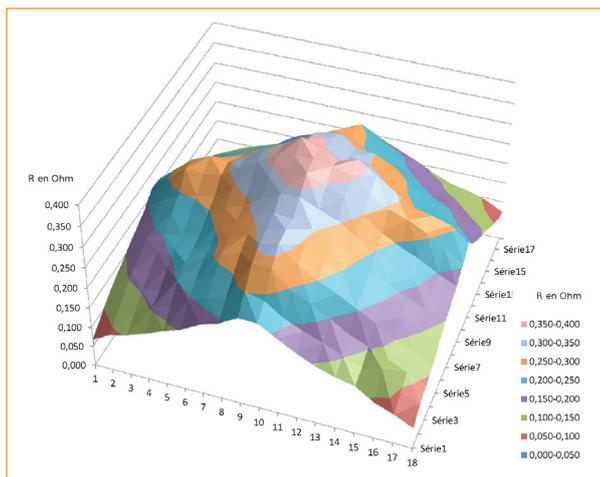
- la validation des 450 cartes électroniques composant les tiroirs,
 - la caractérisation des 2 500 photomultiplicateurs produits par la société PHOTONIS,
 - le test du système de déclenchement,
 - la caractérisation des 150 tiroirs équipés de leurs photomultiplicateurs.
- Les années 2010 et 2011 ont permis l'intégration de tous les sous-systèmes développés par les collaborateurs :
- le système de déclenchement de niveau 2 construit à l'IRFU ;
 - Le système de sécurité conçu au LAPP à Annecy et permettant d'une part le contrôle et la régulation de la température dans la caméra et d'autre part la protection des photomultiplicateurs par un contrôle permanent de la lumière ambiante. D'autres fonctionnalités comme l'ouverture/fermeture des portes à l'avant de la caméra, le contrôle des LEDs de positionnement de la caméra et de leurs clapets pneumatiques, l'autorisation de mise sous tension des tiroirs et des PMTs ont aussi été validés ;
 - le module local permettant l'interface avec le trigger central et fournissant entre autre à la caméra le numéro d'évènement a été installé et validé avec les collègues du MPIK à Heidelberg ;
 - le système de calibration externe développé au LUPM (Montpellier) est en cours de test au LPNHE.
- L'installation sur site est prévue en

mai 2012 et les premières lumières sont attendues pour juin 2012. En parallèle, l'équipe assure la maintenance des quatre caméras de la phase I installées en Namibie depuis 2002. Cela nécessite une mission sur site par an en moyenne. A chaque fois, certains systèmes ont pu être améliorés. Il s'agit de la carte de gestion du déclenchement, de la carte d'interface avec le trigger central et du nouveau système de calibration développé au laboratoire. Celui-ci a été installé sur site en juin 2011, il est entièrement pilotable depuis la salle de contrôle grâce à l'interface Ethernet intégrée, facilitant par là-même le processus de calibration quotidien.

ILC

En 2010, dans le cadre d'un projet européen (EUDET), le groupe ILC a finalisé la R&D dédiée au développement de nouveaux trajectomètres au silicium. Il a œuvré selon deux axes :

- l'étude d'un microcircuit pour le traitement du signal de détecteurs à microbandes de silicium : démarré en 2004, le groupe a poursuivi le design et la construction d'un système de lecture en mode mixte analogique/numérique en technologie CMOS IBM 130 nm. Le prototype, envoyé en fonderie, intègre toutes les composantes analogiques, sous diverses architectures, les composantes numériques existant



Mesure des résistances de contact sur une éprouvette de la taille d'un capteur silicium pour le projet ILD/CALICE.

Projet LSST : cryostat pour le test à froid de l'ASPIC (ASIC de lecture des CCD).

déjà. Ce circuit a été réalisé avec l'aide technique du CERN,

- la réalisation d'un banc de test autonome et transportable, pour tester les futurs détecteurs silicium : il comporte plusieurs cartes intégrant les capteurs silicium et les FPGA qui permettent à la fois de travailler avec les préamplificateurs de mise en forme fournis par les circuits VA1 (IDEAS™), et les prototypes de microcircuits décrits ci-dessus. Les circuits VA1 servent de référence pour comparer les performances des deux circuits. Une acquisition développée en VHDL, C++ et ROOT y est associée.

ILD - CALICE

En 2011, une nouvelle activité a démarré sur la partie calorimètre électromagnétique du détecteur ILD, pour le futur accélérateur ILC (International Linear Collider) dans le cadre de la collaboration CALICE. Le calorimètre est constitué d'un empilement de sandwichs tungstène[absorbeur]-silicium (détecteur). La physique associée demandant une grande précision géométrique et une forte granularité, le nombre de voies de mesure est important, de l'ordre de 10^8 . Il s'agit donc, pour le groupe, de caractériser ces capteurs silicium, segmentés et de grande surface ($90 \times 90 \text{ mm}^2$) afin d'optimiser leurs design et performances. Une machine à pointes située en salle propre (ISO 7)

et l'instrumentation associée permettent de mesurer les courants de fuites, capacités et tensions de déplétion. Le groupe ILD/CALICE est aussi en charge du collage des détecteurs sur les circuits imprimés portant l'électronique associée. La phase d'essai doit permettre de vérifier la validité des contacts électriques et la qualité de la colle conductrice, en utilisant des cartes prototypes spécifiquement développées.

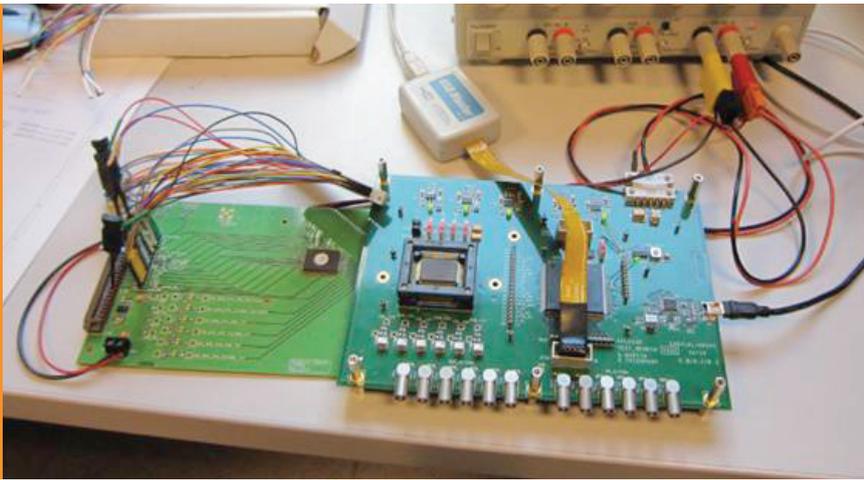
LSST

En collaboration avec une équipe du Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire d'Orsay, le LPNHE s'est engagé à fournir l'ASIC de lecture des CCD (Charge Coupled Device) de la caméra du futur télescope LSST (Large Synoptic Survey Telescope). Le plan focal de la caméra sera composé d'environ 200 CCD comprenant chacun $4 \text{ k} \times 4 \text{ k}$ pixels d'une taille de $10 \times 10 \mu\text{m}^2$. Chaque CCD contient 16 canaux lus à une cadence de 500 k pixels/s, ce qui donne pour les 3,2 G pixels (3 200 canaux) un temps de lecture total de 2 s pour un temps de pose de 15 s. Le cahier des charges du circuit ASPIC (Analog Signal Processing Integrated Circuit) impose une dynamique de 16 bits, une diaphonie meilleure que 0,01 %, une densité de bruit à l'entrée inférieure à $5 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (soit 2 électrons) pour un fonctionnement à $-100^\circ \text{ Celsius}$

ainsi qu'une consommation ne dépassant pas 25 mW par canal. Après un premier prototype testé en 2008, un second circuit en technologie CMOS $0,35 \mu\text{m}-5 \text{ V}$ du fondeur européen AMS a été soumis en 2008 puis testé avec succès. Il intègre huit canaux suivant une architecture DSI (Dual Slope Integrator). Les tests du circuit ont nécessité la mise en œuvre d'un cryostat pour les tests à basses températures ainsi que la conception et fabrication de plusieurs cartes :

- Deux cartes Front End supportant le circuit, l'une pour les tests à température ambiante, l'autre pour les tests à froid à l'intérieur du cryostat.
- Une carte Back End chargée de la numérisation des données à l'aide de 8 ADC (Analog to Digital Converter) 18 bits, du cadencement de l'ASPIC, et du transfert des données sur l'ordinateur hôte par une connexion USB. Le tout est contrôlé par un FPGA paramétré par LabView.

Une revue du circuit a été passée avec succès en décembre 2009 par la collaboration. Une petite pré-production de 40 circuits encapsulés dans le boîtier définitif a été lancée afin d'équiper les cartes frontales produites par un laboratoire américain pour tester le système de lecture complet. La version finale du circuit (ASPIC3) sera soumise courant 2012 et intégrera de nouvelles fonctionnalités



Banc de test de l'ASIC MEMDYN pour le projet SLHC :

A gauche, la carte électronique de l'ASIC, à droite la carte de test pour évaluer les performances de l'ASIC avant et après irradiation.

telles qu'un mode transparent permettant de visualiser directement la forme des signaux vidéos du CCD et une programmation par lien série. En 2010, cette même collaboration a proposé de réaliser un ASIC chargé de fournir les horloges de cadencement du CCD ainsi que ses diverses polarisations et alimentations. Ce circuit- CABAC- (Clock And Bias Asic for CCD), dont la soumission du premier prototype est prévue en avril 2012, nécessite l'emploi d'une technologie haute tension (50 V). Il doit fonctionner à la même température que l'ASPIC. Ces deux contraintes risquant de diminuer la durée de vie du circuit, un premier prototype (TEST_0) a été soumis en novembre 2011. Il sera caractérisé sur une longue période sur un banc de test permettant de réaliser un vieillissement accéléré du circuit. Le banc de test de CABAC sera constitué d'une carte d'évaluation de FPGA et d'une carte fille chargée de la numérisation des sorties de CABAC.

SkyDICE

Une équipe d'électronique du groupe Supernovae travaille sur la calibration photométrique d'un imageur (Sky Mapper) composé de CCD. La calibration s'effectue à partir l'émission de LEDs calibrées, chacune commandée par une source de courant stable d'une résolution de 14 bits. La réponse des

CCD est ensuite comparée à celle d'une photodiode de référence.

Le système est composé de :

- un ensemble « tête de LEDs » comprenant 25 LEDs monitorées chacune par une photodiode et une « planète artificielle » simulée par 9 LEDs ;
- une carte « LED back end » chargée de fournir le courant aux LEDs et de lire les photodiodes de monitoring,
- une partie frontale avec la photodiode de référence CLAP (Cooled Large Area Photodiode) refroidie par effet Peltier,
- un ASIC de lecture dédié ULCA (Ultra Low Current Amplifier) conçu au laboratoire en technologie CMOS 0,35 μm du fondeur européen AMS. Le rôle de l'ASIC est d'amplifier et de filtrer le courant de la photodiode puis d'envoyer le signal résultant à la carte « CLAP Back End ». Celle-ci est chargée de numériser les signaux avec un ADC 16 bits et d'envoyer les données vers un ordinateur hôte par un bus série USB.

L'installation du système complet en Australie a été faite en juin 2012.

SLHC

En collaboration avec le LAL à Orsay, le LPNHE développe une électronique intégrée destinée à lire les futurs détecteurs à pixels de haute granularité envisagés pour l'expérience ATLAS.

Deux options sont à l'étude :

▣ L'option 3D :

Deux circuits intégrés réalisés en technologie CMOS 130 nm sont interconnectés selon la méthode dite « 3D » qui met en jeu des traversées conductrices des substrats (Through Silicon Vias, TSV). Le circuit Omegapix du LAL comprend un amplificateur, un circuit de mise en forme, et un convertisseur numérique-analogique destiné à fournir les seuils programmables pour la partie analogique, la partie numérique comprenant des discriminateurs et une mémoire dynamique. Les circuits analogiques et numériques sont testés individuellement puis interconnectés verticalement. La connexion du détecteur à la couche analogique se fait par bump bonding. L'accès à la couche numérique et à la sortie des signaux se fait par traversées TSV. Ces circuits, envoyés en fonderie [Tezzaron] en mai 2009 ont été réceptionnés tardivement suite à des difficultés de fabrication. En 2011, le LPNHE a apporté une contribution substantielle aux tests de la mémoire dynamique MEMDYN. Les tests d'une seconde version améliorée sont en préparation, et doivent déboucher sur une caractérisation détaillée du circuit final avant et après irradiation.

▣ L'option 2D :

A surface de silicium égale à celle de l'option 3D, cette électronique est théoriquement réalisable avec un circuit unique en technologie CMOS

65 nm évitant l'emploi des traversées conductrices de substrat tout en présentant les avantages d'une meilleure résistance aux radiations et d'une puissance dissipée moindre. Une solution prometteuse consiste à stocker les temps des réponses au niveau du pixel, plutôt qu'à mémoriser toute l'histoire du canal pendant la latence du déclenchement de premier niveau. Dans ce cadre, une mémoire dynamique de taille réduite stocke les temps des seuls croisements de faisceaux ayant donné lieu à un événement au dessus du seuil, pendant une latence. Les événements à conserver sont lus sur une coïncidence du déclenchement avec ces temps retardés. La synthèse logique de ce processus a été réalisée sur FPGA à partir d'un code rédigé en langage VHDL. La prochaine étape consiste à porter cette synthèse sur une technologie CMOS 65 nm en vue d'une intégration de l'ensemble analogique-numérique compatible avec les dimensions physiques du pixel. Comparée à la technique « 3D », cette option présente une grande simplicité de réalisation. De plus, elle permet une réduction de puissance substantielle. Le LPNHE étudie la faisabilité de cet ASIC monolithique en technologie CMOS 65 nm, réunissant sur un même substrat l'amplification du signal de pixel et le traitement numérique de l'Omegapix. Quelle que soit l'option choisie, un niveau supplémentaire d'intégration est requis pour recevoir et piloter le système électro-optique assurant la liaison série rapide de l'ensemble avec l'extérieur (> 1 GHz). Ce système de transmission des données intégrera des codes détecteurs et correcteurs d'erreur. En 2012, l'évaluation des deux techniques est à l'étude en termes d'intégrabilité, de résistance aux radiations, de puissance dissipée, de fiabilité, de durées d'étude et de réalisation, et de coûts.

Activités de micro-électronique

Le service possède une expertise en micro-électronique et conçoit des circuits qui s'intègrent

dans les développements de cartes d'électroniques dédiées à l'instrumentation de détecteurs. Depuis 2010, les micro-électroniciens développent des ASIC pour les projets SkyMapper et LSST en technologie CMOS 0,35 µm. Il s'agit des circuits :

- ULCA : chargé de la lecture d'une photodiode pour le prototype de calibration photométrique de SkyMapper. Ce circuit, qui assure le filtrage, contient 2 gains afin de couvrir une gamme dynamique de plus de 20 bit.
- ASPIC : dédié au traitement des signaux issus des CCD de la caméra du projet LSST. Il répond à un cahier des charges extrêmement sévère en matière de bruit et de diaphonie, les gains et les temps d'intégration sont programmables et un mode veille a été implémenté.
- CABAC : fournit les horloges et les polarisations des CCD pour le même projet. Ce circuit a été développé pour la toute première fois en technologie CMOS 0,35 µm haute tension. Il contient un multiplexeur permettant l'accès à tous les signaux et des entrées externes à des fins de diagnostic.

D'autres technologies sont explorées dans le service et le laboratoire s'est engagé récemment dans le 65 nm pour concevoir un ASIC pour le projet SLHC en liaison avec le pôle de micro-électronique OMEGA de Paris-Sud.

Pôle CAO et câblage

Le groupe « CAO et Câblage » offre à l'ensemble des électroniciens du laboratoire les outils et les services nécessaires à la réalisation de cartes électroniques, de circuits programmables et de circuits intégrés spécifiques submicroniques. Au niveau logiciel, le groupe assure, en collaboration avec le service informatique, l'installation, l'administration et le support de l'ensemble des outils de CAO des sociétés Altera, Cadence, MentorGraphics, Synopsys, Synplicity, Xilinx et des fondeurs AMS, UMC et IBM. Ces logiciels de CAO permettent de concevoir tous les types de systèmes électroniques numériques ou analogiques :

- modélisation et simulation de circuits numériques à l'aide des langages de haut niveau tels que VHDL ou Verilog (INC-VHDL, NC-Verilog, Aldec-ActiveHDL, NC-Sim, Quartus, ISE, EDK) ;
- synthèse logique de circuits programmables (SynplifyPro, Quartus, ISE) ;
- synthèse logique de circuits intégrés VLSI (Ambit, Encounter) ;
- modélisation, simulation, et dessin de circuits intégrés analogiques - de 0,35 µm à 0,13 µm - (Virtuoso, Assura, Calibre) ;
- conception et saisie de schémas de cartes (Allegro Design Entry) ;
- étude du placement/routage et simulation de cartes (Allegro PCB, Allegro SI) ;
- gestion des bibliothèques de composants (Allegro).

A partir des schémas électroniques, les ingénieurs sollicitent le groupe « CAO et Câblage » pour effectuer le placement et le routage des cartes (Printed Circuit Board). L'opérateur CAO réalise en moyenne 20 à 25 études par an, allant du PCB double face au PCB 12 couches, de la classe 4 au hors classe (cas des composants de type BGA). Un dossier de suivi de fabrication, une demande de devis et la génération de fichiers nécessaires au sous-traitant sont remis aux concepteurs. Les circuits imprimés nus (fabriqués en interne ou de retour de sous-traitance) peuvent être câblés soit manuellement soit en mode semi-automatique à l'aide d'une machine de dépose de pâte à braser, d'une machine de placement. Un outil d'usinage (Charly Robot), récemment remplacé, permet également de faire de la petite mécanique telle que faces avant, boîtiers et maquettes prototypes. Les personnes associées à cette activité - 5 au total - ont toutes un savoir-faire spécifique et précieux pour le service électronique et les expériences du LPNHE.



SERVICE MÉCANIQUE



Le service de mécanique étudie, construit et participe à la validation des systèmes destinés à être intégrés dans des détecteurs en physique des particules, implantés auprès des grands accélérateurs, ou pour des expériences en astroparticules. Ces réalisations se font dans le cadre de collaborations internationales.

Pour répondre aux demandes des chercheurs, le service dispose d'un bureau d'études et d'un atelier avec des machines outils classiques ou à commande numérique. Pour réaliser les bancs de tests et les prototypes nécessaires à démontrer la faisabilité des solutions développées qui intègrent souvent des domaines connexes à la mécanique tels que le vide, la thermique, la cryogénie, l'optique, le service dispose de pompes à vide, de détecteurs de fuite, d'étuves et de cryothermostats. Les fabrications en série, ou nécessitant des techniques spéciales, sont effectuées en sous-traitance. Le service en assure alors le suivi et la réception. Une démarche qualité, concrétisée par un manuel qualité répondant à l'approche processus définie dans la norme ISO 9001, a été mise en place depuis plusieurs années.

Équipe

W. Bertoli, S. Bouaziz, B. Canton,
F. de Matos, G. Daubard,
C. Evrard, P. Ghislain, D. Imbault,
D. Laporte, Y. Orain, P. Repain,
D. Vincent (chef de service)

SERVICE MÉCANIQUE

Le service comprend quatre ingénieurs de recherche, deux ingénieurs d'étude, quatre assistants ingénieur ainsi qu'un stagiaire en apprentissage suivant une formation en licence professionnelle.

Le bureau d'études est équipé de logiciels de CAO (CATIA, Smarteam) et de calcul aux éléments finis performants (SAMCEF, ABAQUS et plus récemment ANSYS). Les machines outils classiques ou à commande numérique sont implantées dans l'atelier qui compte notamment un centre d'usinage, un tour numérique, une machine de mesure tridimensionnelle. Pour réaliser les fabrications, les prototypistes disposent d'un logiciel de fabrication assistée par ordinateur (ALPHACAM).

Le fonctionnement du service a été fortement impacté par le déménagement du laboratoire en 2010. L'aménagement et la mise en place des machines outils dans le nouvel atelier a fait l'objet d'une opération spécifique mais cette installation dans des locaux plus lumineux et mieux configurés apporte une amélioration notable aux conditions de travail.

Le service de mécanique a eu un rôle significatif de 2010 à 2012 dans les projets portés par le laboratoire. Il s'agit des expériences :

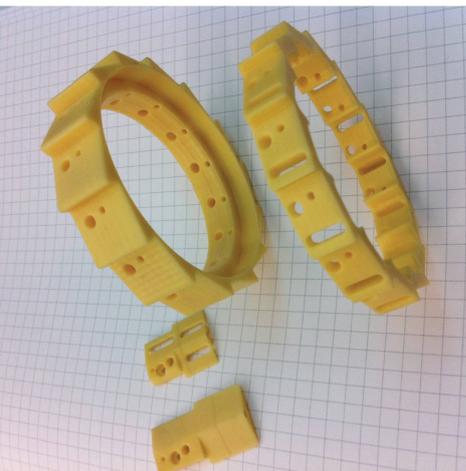
SLHC

Le service est impliqué dans l'ajout en 2013 d'une couche supplémentaire de détecteurs et donc des échelles les supportant, dans le trajectomètre en silicium actuellement en place, au plus près du tube faisceau de l'expérience ATLAS auprès du LHC. Le laboratoire a la responsabilité de la réalisation de pièces permettant de maintenir les 14 nouvelles échelles. Ces pièces

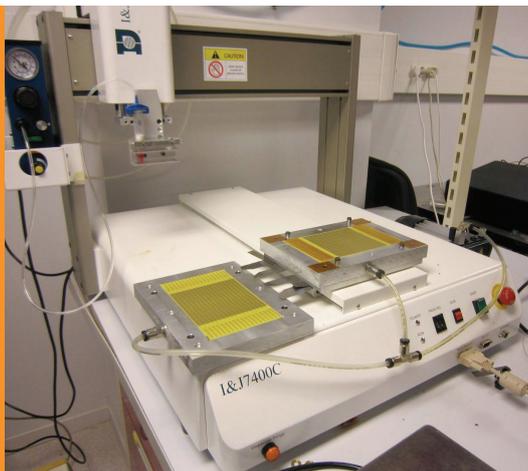
répondent à une contrainte de transparence (pas d'interaction avec les particules), mais surtout à une exigence de stabilité mécanique et de précision de positionnement. Le service réalise en parallèle l'étude et la fabrication d'une maquette à l'échelle 1 de cette nouvelle couche, pour permettre de se familiariser avec ces systèmes en cours d'assemblage. Le service a mis au point avec le responsable du groupe ATLAS un module de calcul intégré au logiciel de CAO pour évaluer de manière très précise la quantité de matière présente dans un détecteur. Cette expertise est reconnue au sein de la collaboration ATLAS. Le groupe a alors été sollicité pour étudier de manière précise les quantités de matière des calorimètres « Barrel » et « Endcap » déjà en fonctionnement. Dans un futur plus lointain (2020) le service travaille sur de nouveaux concepts de détecteurs visant à maximiser la surface de détection, en étudiant l'herméticité aux particules, mais aussi la qualité du refroidissement et la tenue mécanique des détecteurs.

ILD-Calice

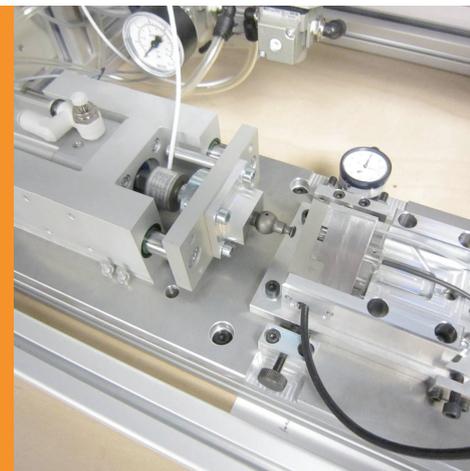
Le service participe aux phases de R&D pour le futur accélérateur linéaire ILC au sein de la collaboration CALICE. Fin 2010, le LPNHE s'est positionné sur le projet de calorimètre électromagnétique silicium-tungstène destiné au détecteur ILD, avec une implication du service dans la définition et la mise au point du processus de collage des détecteurs silicium sur des circuits imprimés multicouches. Ces différents prototypes, en fonction du type de colle, de son épaisseur et de différents paramètres environnementaux, sont soumis aux tests de résistance mécanique



Anneau support pour la couche supplémentaire autour du beam pipe d'ATLAS.



Robot de collage pour les détecteurs du projet ILD/CALICE.



Banc de test du système de verrouillage pour le projet LSST.

comme la traction, le pelage et le cisaillement. Les contraintes liées à la production en série sont intégrées dans cette phase de développement initial. Les premiers tests ont été effectués à l'aide d'un robot de collage et l'automatisation poussée des systèmes est dès à présent prise en compte. Il est prévu que ce calorimètre soit constitué d'environ 2 500 m² de détecteurs silicium, ce qui représente de l'ordre de 78 millions de points de colle conductrice à réaliser en trois ans.

LSST

▣ Carrousel

Le LSST (Large Synoptic Survey Telescope) est un projet de télescope en cours de développement. Il aidera à la compréhension de la nature de « l'énergie noire », source supposée de l'accélération de l'expansion de l'univers.

La caméra (Ø : 1,6 m, L : 3 m et poids : 2,8 T), située sur le chemin optique du télescope, impose une conception très compacte. Elle comprend un carrousel de 5 filtres (Ø 800 mm – épaisseur variant de 13 à 26 mm suivant les plages de longueur d'onde) qui sont nécessaires pour couvrir l'ensemble du spectre d'observation. Les contraintes d'encombrement imposent de stocker les filtres à

l'intérieur du corps de la caméra. Le LPNHE a la responsabilité du stockage des filtres sur le carrousel, du guidage et de son entraînement en rotation à l'intérieur de la caméra.

La conception préliminaire a été validée lors d'une revue de conception. Des prototypes des différents composants ont été réalisés. Les systèmes de verrouillage et d'entraînement ont été fabriqués puis validés séparément sur des bancs de tests développés par le service. Ils seront éprouvés sur une maquette à l'échelle 1. Enfin, le « single filter test » permettra de tester, courant 2012, le transfert d'un filtre seul. La maquette échelle 1, prévue en 2013-2014, devrait valider l'ensemble du carrousel et de ses mouvements.

▣ Banc de test

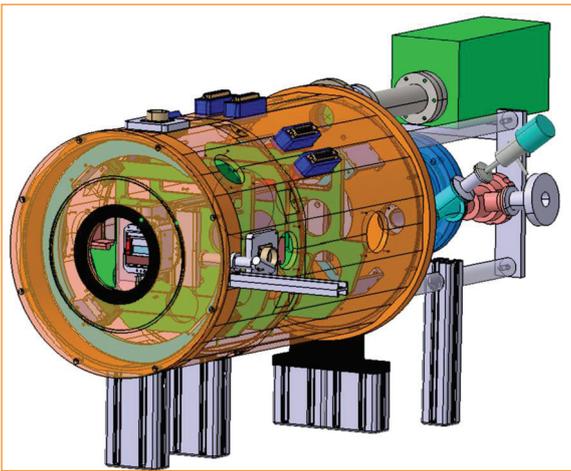
Pour la caractérisation des CCD et la mise au moins d'un ASIC de lecture, le service a conçu et réalisé plusieurs bancs de tests et assure leur fonctionnement. Il a étudié et fabriqué tout ou partie de plusieurs cryostats, qu'il a équipés au niveau vide, cryogénie et optique. Ces cryostats sont refroidis soit par une circulation d'azote liquide, soit grâce à la tête froide d'un cryogénérateur, soit par le couplage de ces deux techniques. Ces enceintes sont modifiées et

complétées pour s'adapter au mieux à l'évolution des tests (dimension des cartes à tester, puissance nécessaire, besoins de mesures complémentaires). Le service assure leur maintenance, que ce soit dans les salles d'expérience classiques ou dans les salles propres à empoussièremement contrôlé (ISO7).

SkyDICE

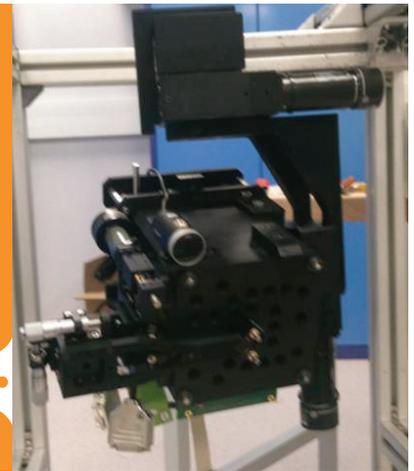
Pour un étalonnage absolu de télescopes, le laboratoire développe une calibration basée sur un sous-ensemble de plusieurs LEDs (24 actuellement) couvrant plusieurs longueurs d'ondes. Ces LEDs sont elles-mêmes calibrées à l'aide d'une photodiode de référence.

Un premier ensemble et une photodiode refroidie ont été montés sur le CFHT à Hawaï en 2008. Suite à ce succès, un deuxième système a été conçu et réalisé pour équiper le télescope SkyMapper à Siding Springs (Australie). Cet élément est équipé d'une double motorisation angulaire. Il a été amélioré par l'adjonction de deux mécanismes de translation, l'un pour déplacer une barrette de 9 LEDs (jouant le rôle de planète artificielle), l'autre pour positionner une lentille de focalisation. L'installation sur site est prévue en Juin 2012.



Projet LSST : modélisation CAO du cryostat de test pour la salle propre.

Projet SKYDICE : système de calibration photométrique basé sur des LEDs.



Par ailleurs, pour améliorer la maîtrise de ces dispositifs de calibration, le service a développé un banc de test intégré à une enceinte étanche à la lumière ou boîte noire, qui peut être refroidie. Cette installation permet d'effectuer aussi bien des tests mécaniques que des mesures spectrales et photométriques à des températures de 4°C.

HESS – Nectar

Suite aux prestations assurées par le service dans le cadre de la phase 2 du projet HESS (le banc de test qui a permis le contrôle des

2 500 photomultiplicateurs), le service a étudié et réalisé dans le cadre du projet NeCTAr un sous-ensemble de sept tiroirs composés chacun de sept photomultiplicateurs. Cette réalisation intègre les contraintes de modularité, d'interchangeabilité, de simplicité et de fiabilité car ces tiroirs doivent être manipulés de nombreuses fois sans altérer leurs fonctionnalités.

Divers

Le service a également assuré des travaux complémentaires dans :

- la réalisation des antennes du projet AUGER,

- la fabrication et la mise au point de chambres de culture cellulaire régulées en température pour le Généthon.

Activités complémentaires

Des membres du service sont impliqués dans des actions de présentation des activités vers le grand public ou les lycées, dans des formations ou dans des jurys de concours du CNRS, mais également dans des groupes de prospective (EDMS, Smarteam, qualité, calcul, FAO). Un ingénieur du service est membre du comité de pilotage du réseau national des mécaniciens.



SERVICE INFORMATIQUE



L'informatique est aujourd'hui un outil essentiel et indispensable pour l'ensemble des personnels du LPNHE. Le service informatique du LPNHE, composé de 12 personnes, doit assurer le bon fonctionnement de l'ensemble des systèmes d'information du laboratoire, à savoir le réseau, les serveurs (généralistes ou affectés aux groupes et services), le stockage des données, les postes de travail, les services d'impression, les différents services web et les moyens de communication à distance (vidéoconférences). Il assiste également les utilisateurs au quotidien en répondant à près d'un millier de demandes par an.

En 2012, ce sont plus de trente serveurs physiques et près de 15 serveurs virtuels qui sont administrés par le service. La capacité de stockage (hors grille de calcul) avoisine les 300 To répartis entre stockage centralisé (GPFS, NETAPP) et disques directement attachés à des serveurs de calcul. Ce sont également plus de 200 postes de travail et une centaine d'ordinateurs portables qui sont gérés par le groupe informatique. Enfin, une partie du service développe, dans les équipes projets, des systèmes d'acquisition, d'interfaces et de bases de données.

Équipe

T. Audo, I. Azaiez, M. Belkacem,
P. Gauron, T. Ho, E. Hornero,
J.F. Huppert,
F. Legrand (chef de service),
L. Martin, V. Mendoza,
R. Randriatoamanana (chef de
service jusqu'à mi-2011),
N. Roche, E. Sepulveda,
D. Terront, P. Warin-Charpentier

SERVICE INFORMATIQUE

Le service informatique du LPNHE est composé de douze personnes (six ingénieurs de recherche, trois ingénieurs d'étude, deux techniciens, un CDD IR) et une étudiante de BTS en apprentissage. Toutes ces personnes travaillent pour l'informatique locale du laboratoire, pour les services techniques et les groupes de recherche, ou pour la grille de calcul. La plupart des informaticiens sont impliqués dans plusieurs activités selon leurs compétences et leurs domaines d'expertise.

Le service informatique comprend trois pôles d'activités :

Le pôle Infrastructure serveurs et réseau

Aujourd'hui, quasiment toutes les activités de recherche scientifique nécessitent la mise en œuvre de moyens informatiques. Du simple poste de travail permettant au chercheur d'échanger des mails avec ses collaborateurs aux serveurs de calcul les plus performants, en passant par le stockage de données expérimentales ou l'utilisation de logiciels de conception spécifiques, le service informatique se doit d'apporter aux utilisateurs du laboratoire un environnement stable leur permettant de travailler dans les meilleures conditions. Pour ce faire, le service informatique a concentré ces dernières années et plus particulièrement en 2010 et 2011 ses efforts sur trois axes principaux :

▣ La sécurisation des systèmes

La mise en service des deux nouvelles salles informatique dans les nouveaux locaux du LPNHE a été l'occasion de renforcer la sécurité des serveurs. Le laboratoire bénéficie maintenant de deux nouvelles salles adjacentes de 65 m² chacune, en sous-sol, avec les caractéristiques suivantes :

- Puissance électrique non

ondulée : 2*5 prises de 32 A

- Puissance électrique ondulée : 2 x 100 KVA sur 2*12 prises de 32 A
- Climatisation : quatre armoires par salle, dont la moitié semi-autonome pour un total de 200 KW. En cas d'arrêt de l'alimentation en eau glacée, ces climatiseurs permettent de continuer à limiter l'augmentation de température.
- Protection incendie : une centrale de détection d'incendie gérant les alarmes et le système d'extinction par bouteille d'argon (2*5 bouteilles de 24 m³ à 300 bars).

L'ensemble des matériels informatiques sont installés dans des baies professionnelles conformes aux normes en vigueur. Des systèmes automatiques de surveillance des températures et de l'état de l'onduleur ont été implémentés sur les serveurs de façon à éteindre automatiquement les machines en cas d'anomalie (élévation anormale de température ou perte d'alimentation électrique) et préserver ainsi le matériel. Un système de surveillance vidéo de la salle est également en cours d'installation. Un effort important concernant la sécurité des personnes travaillant dans cette salle a également été fait (détection du taux d'oxygène, DATI : dispositif d'alarme pour travailleur isolé).

Le travail de sécurisation des données utilisateurs entamé en 2009 a également été poursuivi en renforçant le serveur de fichier netapp par l'ajout d'un contrôleur redondant et d'une baie de disques. Ce serveur héberge maintenant l'intégralité des espaces personnels des utilisateurs. Des instantanés de ces espaces « home » sont ainsi sauvegardés localement (snapshots) quatre fois par jour et conservés pendant 48 heures. Une copie journalière de ces données est réalisée et conservée pendant 15 jours. Une copie hebdomadaire



Deux des cinq baies hébergeant les serveurs du LPNHE. On distingue en particulier des serveurs de calcul (première baie) et le système de stockage NETAPP hébergeant l'ensemble des données des utilisateurs (en bas de la seconde baie).

est conservée pendant six mois. Parallèlement, ces espaces sont également sauvegardés au centre de calcul de Lyon deux fois par jour.

Afin de répondre à un besoin croissant d'espace de stockage de la part des expériences scientifiques, un système de stockage basé sur GPFS a été mis en place, offrant un bon compromis entre capacité de stockage et sécurité des données.

Enfin, l'architecture des services web a été revue en mettant en place un « reverse proxy » par lequel transitent toutes les requêtes vers les sites du laboratoire. Il agit comme un filtre de sécurité centralisé.

▀ La rationalisation des installations

L'effort de rationalisation des services tels que l'homogénéisation des OS a été poursuivi. Afin de réduire les coûts d'exploitation et d'utiliser au mieux les ressources matérielles, le service informatique s'emploie à virtualiser petit à petit la majorité des services et des serveurs d'expériences en utilisant KVM. Cela permet, en cas de défaillance matérielle, de migrer les serveurs sur une autre machine physique sans interrompre le service. Cet effort se poursuit en 2012, en particulier avec l'acquisition d'une infrastructure de type « lames » qui permet d'augmenter la densité de matériel tout en diminuant la

consommation énergétique et calorifique. Plus de la moitié des serveurs du laboratoire devraient être virtualisés à la fin 2012.

Enfin, pour assurer une plus grande souplesse de travail aux utilisateurs, une opération de brassage (i.e raccordement au réseau) systématique de toutes les prises réseau du laboratoire a été entreprise.

▀ La stabilité de l'infrastructure

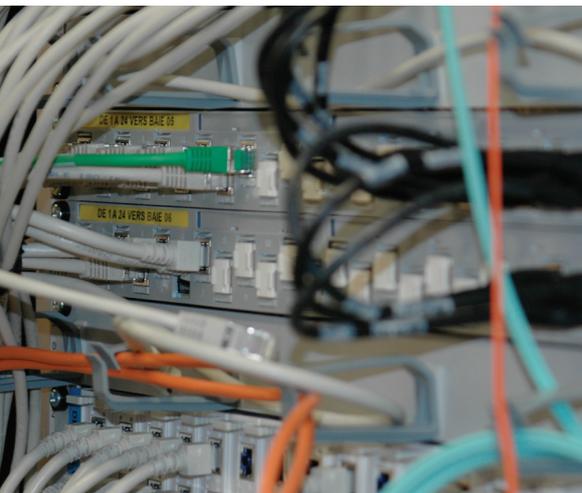
Parallèlement à la virtualisation, et afin de renforcer la disponibilité et la stabilité des installations, une troisième salle serveur a été mise en service en 2012 au deuxième étage du laboratoire. Du matériel assurant la redondance des services vitaux pour le laboratoire (annuaires d'authentification LDAP et AD, DNS, DHCP, etc...) ainsi que le système de sauvegarde y est progressivement installé. L'objectif est de pouvoir continuer à offrir un service acceptable même en cas de défaillance grave des salles principales (perte d'alimentation électrique ou défaillance générale de la climatisation).

Afin d'assurer la plus haute disponibilité possible du réseau, un investissement conséquent dans des switchs CISCO de haute qualité a été réalisé avec l'aide financière de l'IN2P3. Le cœur de réseau

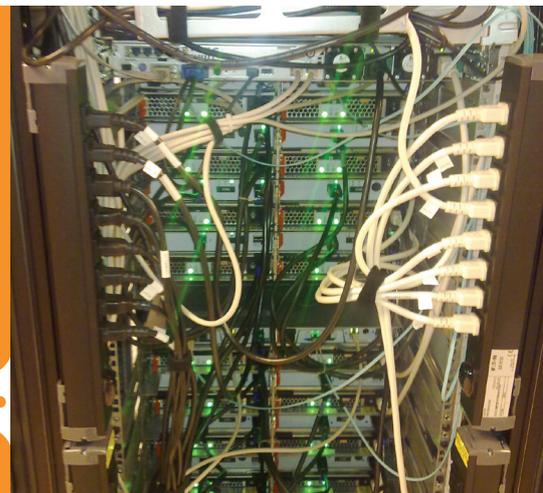
fonctionne maintenant avec des débits d'un Gbit et il est envisagé de le doubler par un lien 10 Gbit entre les salles serveur du sous-sol et la salle en étage. Cela permettra également de disposer de deux chemins de communication et donc d'assurer la redondance du réseau et pallier toute défaillance matérielle.

Par ailleurs le service informatique assure l'installation et l'opération des serveurs des expériences et des services techniques du LPNHE. Cela représente une quinzaine de serveurs physiques et six serveurs virtuels pour les expériences scientifiques, et autant pour les différents services aux utilisateurs et les autres services techniques, à savoir :

- L'administration en assurant le bon fonctionnement du logiciel XLAB ainsi que l'intégrité et la sécurité des données générées.
- Le service d'électronique dont l'ancien serveur Sun Solaris a été définitivement éteint et remplacé par une machine sous linux RHEL 5 qui assure les fonctions de serveur des programmes et licences de la suite logicielle de CAO Cadence.
- Le service de mécanique dont le parc informatique dédié à la CAO est essentiellement composé de stations de travail sous Windows (Windows 7, 64 bits remplace



Détail d'une baie de brassage en salle serveur.



progressivement Windows XP). Le bureau d'études utilise principalement le logiciel CATIA avec une centralisation au centre de Calcul de Lyon de tous les projets IN2P3 dans une base de données Oracle sur un serveur Smarteam. Le logiciel de calcul, SAMCEF est progressivement abandonné et remplacé par ANSYS dont l'installation a commencé début 2012. Le logiciel ALPHACAM permettant de commander la fraiseuse à commande numérique était installé sur les postes client avec une clé matérielle spécifique sur chaque poste. Il est passé à une version client-serveur avec un serveur situé à l'atelier et des postes clients dans les bureaux.

Le pôle relations utilisateurs

Du fait de l'omniprésence de l'informatique dans l'activité quotidienne du laboratoire, une grande partie de l'activité du service implique une relation directe avec les utilisateurs, qu'il s'agisse de la fourniture des postes utilisateurs, de l'achat ou de l'installation de logiciels spécifiques ou de l'assistance quotidienne aux usagers. Dans ce domaine, le service informatique gère pour les utilisateurs :

- La fourniture, l'installation et le support des postes clients. Les utilisateurs peuvent choisir entre deux systèmes d'exploitation linux (Scientific Linux et Ubuntu)

les systèmes Windows ainsi que MacOS. L'installation des postes linux, essentiel de la demande, est désormais automatisée (kickstart) et un volant de postes préinstallés est maintenu par le service pour répondre à tout besoin urgent. Les autres OS sont installés à la demande (windows...).

- L'achat de matériels et de fournitures informatiques diverses.
- L'achat et l'installation de logiciels (généralistes ou spécifiques), ainsi que la gestion des licences d'utilisation.
- Le conseil dans le choix et l'achat des ordinateurs portables.
- Le système d'impression accessible depuis toutes les machines : deux serveurs indépendants pour Windows et les machines linux/mac ainsi qu'une douzaine d'imprimantes et six photocopieurs multifonctions.
- Un service d'aide et d'assistance aux utilisateurs. Ce service qui fonctionnait jusqu'ici par mail, bascule en 2012 vers un système de tickets avec un portail web (GLPI) qui devrait permettre aux utilisateurs de mieux suivre la prise en compte de leurs demandes et la résolution de leurs problèmes.

Le pôle développement et intégration

ILC

En 2010 un système d'acquisition flexible et rapide basé sur le

système d'acquisition MIDAS a été développé pour le groupe ILC du laboratoire. Il assure le contrôle et le monitoring d'un banc de test électronique à intégrer sur le faisceau EUDET au CERN.

Les tests prévus avec ce système au CERN ont été réalisés en novembre 2010 avec une très bonne acceptation de la part des utilisateurs.

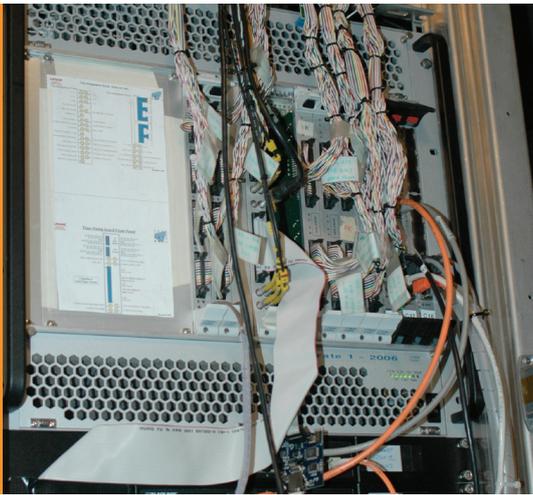
L'échange avec les électroniciens et physiciens a été fondamental pour le bon déroulement du test en particulier pour la conception d'un protocole de communication, ainsi que pour la compréhension des aspects électroniques et d'interprétation des données.

LSST

• Banc de test CCD

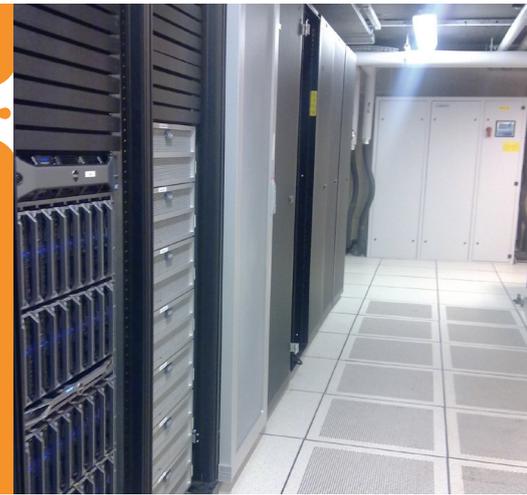
La caméra du télescope LSST comporte environ 200 CCD de dernière génération, de très bas bruit, large bande et rapides. Une des contributions du LPNHE à ce projet est le développement du banc de test de production des CCD, qui permettra de les caractériser et de valider leur installation dans le plan focal du télescope. Dans ce cadre, la commande et le contrôle de ce banc de test sont de première importance puisque il faut non seulement assurer les mesures physiques mais aussi garder une traçabilité des tests ainsi qu'assurer la sécurité du matériel et des CCD.

Depuis mai 2011, le développement de codes de contrôle/commande



Une des salles serveurs du LPNHE

Dispositif informatique embarqué dans la caméra HESS servant au contrôle de l'instrument et à l'acquisition des données.



spécifiques aux éléments du banc de test est en cours. Ils concernent les sources laser, les motorisations pour le générateur de franges pour la caractérisation de la PSF (Point Source Function), le contrôle de pression et température du cryostat, la caméra CCD de surveillance ainsi que le code d'intégration de ces éléments.

Les technologies utilisées sont le « framework » Qt le langage C++ et les outils de développement GNU. Une base de données locale PostgreSQL a aussi été déployée pour assurer la traçabilité des opérations et des relevés du banc de test.

• Carrousel

Un développement a été réalisé sur le système Codesys pour le banc de test du carrousel des filtres de la caméra. Il permet de lire et stocker les données en provenance des capteurs liés à des actionneurs intégrés sur un bus CANopen, et d'assurer le monitoring de l'automate embarqué.

Un système de contrôle pour la carte électronique « Raft Test Board » a été développé. Il est basé sur un kit Xilinx ML503 pour la programmation des signaux d'horloge nécessaires à la réalisation des tests sur d'autres cartes. Un système linux embarqué a été intégré à la carte d'évaluation afin de faciliter le développement en C++ d'un système de contrôle basé sur le framework MIDAS. Il permet de piloter la carte à distance

via un serveur de commandes en fonction d'un protocole fourni par une couche VHDL.

Des tests récents ont permis de valider le système et de confirmer sa flexibilité et sa facilité d'utilisation.

▣ HESS/HESS-2/CTA

L'implication du laboratoire dans le projet HESS et dans sa deuxième phase HESS2 s'est renforcé depuis 2010 et a mobilisé le groupe jusqu'au départ de la caméra en mars 2012. Les activités et les travaux menés dans cette expérience ont concerné :

- Pour HESS phase 1 : le développement d'une interface utilisateur pour le banc d'essai HESS1 connectée au réseau, la modification et le test de serveur de commandes HESS1 pour le piloter au moyen d'une interface utilisateur via le réseau;
- Pour HESS phase 2 : l'installation de serveur BOOTP pour démarrer le châssis trigger VME, le développement et le test des serveurs embarqués pour les trois sous-systèmes du détecteur, l'acquisition de données, le slow-control, le déclenchement, l'intégration de sous-systèmes développés par d'autres laboratoires de la collaboration Hess2 (sécurité, déclenchement de niveau 2) avec le développement d'interfaces utilisateur. Les différentes équipes se sont coordonnées pour la mise au point de ces sous-systèmes durant

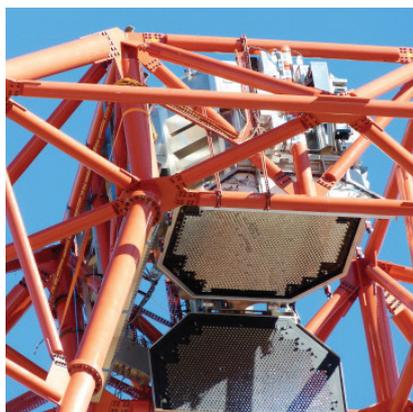
l'année 2011, bénéficiant de la présence de la caméra au LPNHE.

- Pour le projet de R&D Nectar : le développement d'interface utilisateur connectée à un FPGA via le réseau.

Enfin, l'équipe informatique a assuré pour ces expériences la maintenance des serveurs dédiés.

▣ SkyMapper

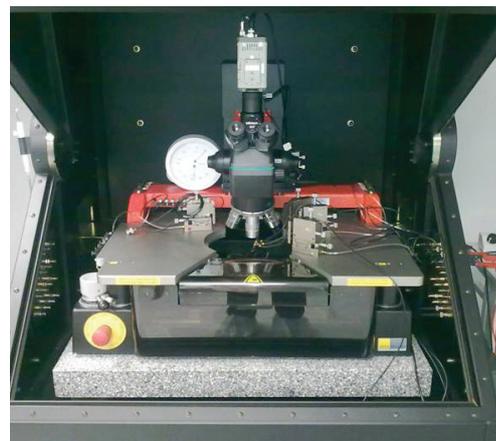
Dans le cadre du projet international SkyMapper, une base de données PostgreSQL a été développée. Elle est destinée à gérer à la fois les données recueillies au télescope et toutes données produites lors des différentes étapes de leur traitement (de la réduction jusqu'à la production de catalogues de candidats supernovae). Avec près de 6 000 images par nuit et 100 nuits par an, ce sont plus de 600 000 images annuelles qui seront traitées. Une interface en python basée sur le framework django a également été réalisée pour permettre aux différents codes d'analyse d'interagir avec la base de données.



L'expérience acquise par les groupes de recherche et les services techniques au cours des différents projets en développement au laboratoire permet de dégager des pôles de compétences reconnus au sein de l'IN2P3 qu'il s'agisse de détecteurs, de plateforme de calcul ou d'installations spécifiques. Ainsi les développements pour les caméras de HESS ont conduit à mettre en place des bancs de tests pour les photomultiplicateurs et à approfondir la connaissance sur ces capteurs. Les activités sur les détecteurs silicium segmentés de l'expérience ATLAS ont nécessité non seulement de caractériser ces capteurs avant et après irradiation, mais aussi d'investir dans les outils de simulation afin d'améliorer les procédés de fabrication en collaboration avec des industriels du domaine, sans oublier la mise en œuvre de bancs de tests. Enfin, l'expérience des équipes de cosmologie sur les détecteurs CCD fait du laboratoire un pôle central pour la caractérisation et l'instrumentation de ces capteurs pour les caméras des télescopes au sol. Les installations de la grille de calcul et des salles blanches font apparaître d'une part les expertises en calcul et d'autre part les activités de R&D dans un environnement à empoussièrisme contrôlé.

PÔLES D'EXPERTISE

Machine à pointes pour les tests sur silicium dans la salle propre LHC (IS07).

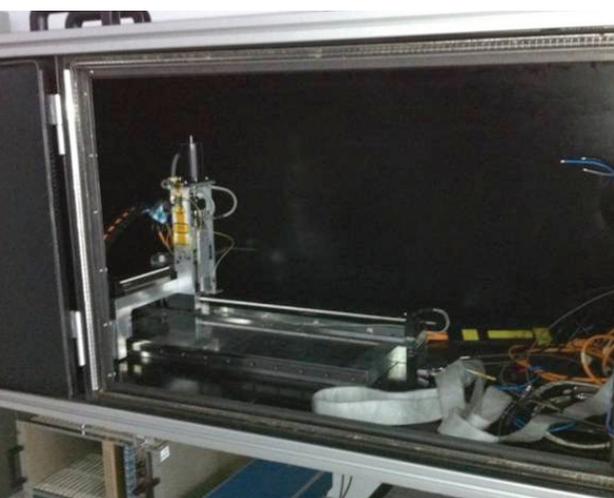


Le LPNHE est impliqué dans de nombreux projets faisant appel à des compétences récurrentes au laboratoire dans toutes les composantes des services techniques. L'expérience acquise au cours des programmes de R&D a permis de dégager trois pôles d'expertise dans les domaines des photo-détecteurs, des détecteurs silicium et des CCD (Charge Coupled Device). Par ailleurs, le LPNHE possède des installations considérées du type plateforme (la grille de calcul) ou plateau technique (salles propres).

Photodétecteurs

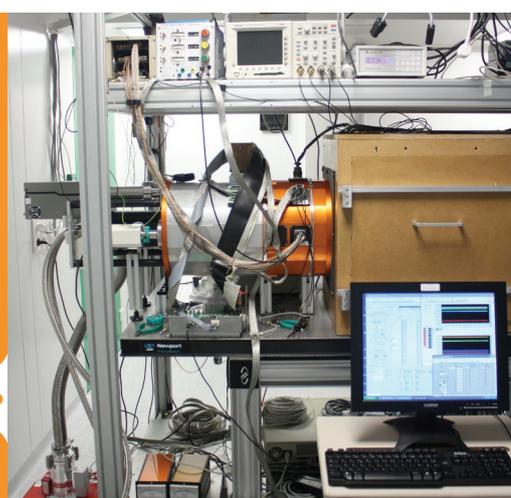
L'implication forte du LPNHE dans la construction de l'expérience HESS (High Energy Stereoscopic System) avec la responsabilité de l'instrumentation des caméras (HESS1 et HESS2) et de la fourniture

des 2 500 photo-détecteurs placés au plan focal du télescope HESS 2, a conduit l'équipe du LPNHE à développer une plateforme de test complet pour la caractérisation des photomultiplicateurs (PM). Avec l'arrivée du projet CTA, cette infrastructure a récemment subi plusieurs modifications pour accepter différents types de photo-détecteurs, de différentes tailles. Il est possible de tester 64 photomultiplicateurs d'un diamètre de 1"1/8 (PM équipant les caméras HESS1 et HESS2), ou 32 PM de 1"1/8 et 6 PM d'un diamètre pouvant aller jusqu'à 2"1/2. Tous les photo-détecteurs sont évalués dans l'environnement software et hardware conçu au LPNHE pour la phase 1 de HESS. Différents tests ont été implémentés pour obtenir une caractérisation détaillée et complète des tubes. La plateforme est entièrement



Cage de Faraday dans la salle de test ATLAS.

Le cryostat du banc de test CCD dans la salle propre. L'illumination du CCD se fait par une fenêtre donnant sur la boîte « noire » (à droite du cryostat orange).



automatisée et les résultats sont sauvegardés en ligne dans une base de données qui autorise une analyse a posteriori des données et une étude de l'évolution des résultats dans le temps. L'atout majeur de ce système réside dans le fait qu'il n'est pas exclusivement dédié aux photomultiplicateurs testés pour HESS mais qu'il peut être adapté pour la caractérisation d'autres photo-détecteurs (SiPM, APD,...). Les possibilités de mesure sont les suivantes :

- Gain du photomultiplicateur, obtenu en mesurant le spectre du photoélectron unique à différentes valeurs de haute tension.
- Linéarité de la réponse de chaque tube en lumière bleue impulsionnelle au moyen d'une roue à filtre à transmission variable.
- Taux de post-impulsions en fonction du seuil de lumière exprimé en nombre de photoélectrons. Ce paramètre est fondamental dans le choix final du photo-détecteur dans la mesure où il influe directement sur le bruit de fond du PM et sur la qualité du déclenchement. Elle est réalisée en utilisant une source de lumière blanche continue qui permet de simuler le bruit de fond de ciel vu sur le site de HESS par chaque PM.
- Uniformité de la réponse de la photocathode au moyen d'une

source lumineuse placée sur un bras XY qui permet un balayage précis de la photocathode de chaque tube (pas = 1 mm x 1 mm).

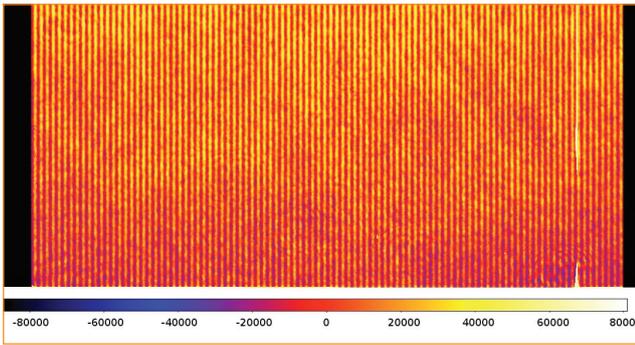
- Mesure du vieillissement qui permet de déterminer la perte de gain en fonction de la charge intégrée sur le tube et de prévoir la durée de vie du tube dans les conditions réelles de fonctionnement sur le site.
- Avec des capacités de test reconnues au sein des collaborations HESS et CTA, le LPNHE se positionne comme site expert pour le choix et la caractérisation des photo-détecteurs pressentis pour la construction de l'observatoire CTA, ainsi que pour la mise à niveau des caméras HESS 1, dont le but est de prolonger l'exploitation de l'expérience jusqu'à l'arrivée des premières données de CTA.

Détecteurs silicium

Durant les dernières années, le LPNHE a développé des moyens de conception, caractérisation et de tests de détecteurs silicium qui font partie de grands projets. L'expérience significative acquise par l'équipe ATLAS, avec un savoir-faire en termes de design, de test et de caractérisation de ce type de capteurs et spécialement sur les aspects liés aux dommages

induits par les radiations, s'appuie sur la R&D et la construction de détecteurs de traces et de vertex pour le LHC au CERN. L'équipe maîtrise le logiciel de dessin assisté par ordinateur SILVACO™, qui permet de réaliser et d'optimiser le dessin des détecteurs avant la production en série (un détecteur de vertex peut compter plusieurs centaines de cristaux comportant des centaines de milliers de voies de lecture), et de comprendre par simulation les effets observés lors des expériences en faisceau. Les tests sous pointes permettent de mesurer les caractéristiques électriques des détecteurs livrés après fonderie, de les comparer aux modèles simulés et de comprendre les effets souvent considérables des irradiations par des protons ou des neutrons). Le LPNHE possède quatre nouvelles salles propres livrées en mai 2010 dont deux sont dédiées aux activités sur silicium, avec une classe de propreté ISO7 et ISO8. Des efforts financiers ont été consentis ces dernières années pour équiper ces salles d'instruments de grande précision. Il s'agit :

- D'une station de tests sous pointes, semi-automatique (Karl Süss PA200 probe station). Elle est installée dans une cage de Faraday pour tester à l'abri de la lumière les détecteurs qui sont le plus souvent segmentés (pistes, pads, ou pixels).



Acquisition d'une image produite par le projecteur de franges avec le pré-prototype LSST EEV217 et le circuit intégré ASPIC2. Les colonnes noires sont des pixels virtuels qui ne reçoivent pas de lumière. Les défauts cosmétiques de pixels chauds produisent une saturation et apparaissent en blanc.

- D'un plateau porte échantillon contrôlé thermiquement qui a été récemment acquis. Installé sur la station sous pointes, il permet de maintenir les capteurs à une température précise pour toute la durée de la caractérisation sur un intervalle de température pouvant aller de -55°C à $+200^{\circ}\text{C}$. Cette option est essentielle pour faire des mesures à basse température et sous tension des détecteurs irradiés.

- D'un ensemble d'instruments de précision permettant de polariser les détecteurs, de mesurer les courants de fuite, les potentiels des différents éléments de détecteurs (pistes ou les pixels, anneaux de garde) et les capacités appropriées (KEITHLEY 6517, AGILENT E4980A LCR-meter).

Le laboratoire est également en mesure de mettre en place des bancs de tests permettant d'intégrer les détecteurs silicium sur des cartes électroniques couplées à une acquisition de données dédiée afin d'étudier la collection des charges créées par un laser ou une source radioactive. Le LPNHE dispose d'un laser 1060 nm équipé d'un système optique pouvant se déplacer dans un plan. Dans ce cas, les détecteurs sont connectés à leur électronique de lecture par wire bonding ou bump bonding. Par ailleurs les équipes ILC puis ILDC/CALICE ont développé un savoir-faire dans le collage semi-automatique de wafers de silicium,

notamment sur PCB. Le laboratoire possède un robot de collage, avec une distribution automatisée de colle, et une platine-support munie d'un système à dépression pour maintenir les plaques de silicium ou les PCB durant l'opération de collage. Le contrôle et l'alignement se fait au moyen d'une caméra.

Détecteurs CCD

Les développements sur les détecteurs CCD ont commencé avec le projet SNAP dès 2002 au LPNHE, déjà sur deux axes parallèles : la caractérisation des détecteurs eux-mêmes et le développement de circuits intégrés dédiés avec des objectifs de lecture à très bas bruit. Ces développements continuent actuellement dans le cadre du projet LSST. Depuis 2010, deux nouvelles salles propres sont dédiées aux activités sur CCD. La première, ISO6, est consacrée à la manipulation des CCD à nu, notamment dans les cryostats d'essai. La deuxième, ISO7, abrite le banc de test de l'électronique développée au LPNHE et le banc optique pour la caractérisation des CCD, actuellement en œuvre pour un pré-prototype de LSST. Une partie importante du travail sur le banc de test, encore en cours, est de permettre le contrôle et l'enregistrement automatiques des paramètres de fonctionnement : température, pression, tensions sur le CCD et conditions d'acquisition des poses. Il est aussi prévu de passer à une

analyse des images ainsi produites de manière semi-automatique, afin de traiter les volumes de données correspondant à une caractérisation systématique, qui peuvent atteindre des milliers de poses.

La caractérisation des détecteurs CCD doit permettre de les qualifier par rapport à un cahier des charges, qui découle des objectifs scientifiques. Ce cahier des charges est défini en particulier par les exigences suivantes :

▣ La couverture spatiale, temporelle, et en magnitude sur le ciel

La vitesse de lecture du CCD est le produit d'un compromis entre le besoin de minimiser le bruit de lecture, qui limite la magnitude des objets observables, et le besoin de minimiser le temps mort entre images, ce qui augmente le nombre d'objets observés en un temps donné (couverture spatiale et temporelle). La magnitude des objets observables est limitée d'un autre côté par la profondeur de puits du CCD, c'est-à-dire le nombre maximum d'électrons stockés dans un pixel. Dans le cas de LSST, le cahier des charges demande une lecture de l'ensemble du plan focal CCD en 2s, ce qui donne une vitesse de lecture de 550 kHz, tout en gardant un bruit total de lecture inférieur à sept électrons. En pratique, cela nécessite de pouvoir optimiser le contrôle du CCD (génération de séquences d'horloges) de manière souple, en développant un système à base de

carte d'évaluation FPGA. Le bruit du CCD en lui-même est mesuré par des poses de durées variables dans l'obscurité. Pour accélérer la lecture, chaque CCD de LSST est divisé en 16 segments, avec chacun leur propre amplificateur de sortie. La mesure de la diaphonie entre ces segments se fait en focalisant un faisceau lumineux sur une partie du CCD.

La qualité de la couverture dépend aussi de la qualité « cosmétique » des détecteurs. Pixels et colonnes « chaudes » ou « froides », pièges, sont quantifiés par des poses dans l'obscurité, et des poses à illumination uniforme. Pour ces dernières, une sphère intégrante est disponible, pouvant être alimentée par des sources laser ou par des lampes à arc (large couverture spectrale).

▀ La précision de la mesure photométrique

Les détecteurs CCD ont en général une bonne linéarité ; celle-ci est vérifiée habituellement par des poses à illumination uniforme d'intensités variables, obtenues en ajustant l'intensité de la source ou la durée de la pose. La profondeur du puits est en pratique définie également par une limite sur la non-linéarité. L'efficacité quantique de conversion des photons en électrons doit aussi être mesurée avec précision en fonction de la longueur d'onde, avec des poses uniformes dont la longueur d'onde est contrôlée par un monochromateur. Les éventuelles variations spatiales et temporelles de cette efficacité quantique doivent être contrôlées. Les variations aux plus petites échelles spatiales peuvent être interprétées en termes de taille de pixel, ce qui peut impacter la photométrie de précision. De même, la fonction d'étalement d'un point source dans le CCD impacte la mesure des flux. Elle est classiquement mesurée avec une « étoile artificielle », un faisceau focalisé qui nécessite une lentille de très courte focale. Une

autre méthode a été testée, en utilisant un projecteur de franges, qui fonctionne sur un principe d'interféromètre de Michelson. Pour l'instant, la précision de cette mesure en dessous de 10 µm est limitée par les vibrations du banc, qui restent un point à améliorer. L'efficacité du transfert de charges est un paramètre qui peut faire varier la fonction d'étalement en fonction de la position dans l'image, si elle est insuffisante. Elle se mesure avec une source de fer 55, qui émet des rayons X d'énergie connue. Ceux-ci déposent donc une quantité de charges connue dans le CCD. L'étude statistique de ces dépôts permet de détecter un éventuel étalement, ainsi qu'une mesure indépendante du gain de la chaîne d'acquisition.

La grille de calcul

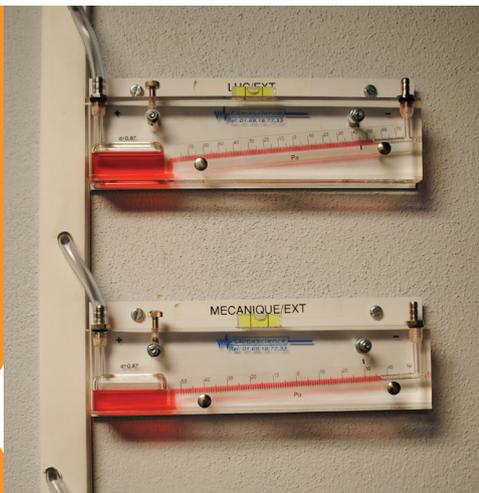
Le projet de « Grille au service de la Recherche en Ile-de-France » (GRIF) est un effort des laboratoires de physique des hautes énergies d'Ile de France pour mettre en place une ressource de calcul et stockage, appelée mésocentre, basée sur la technologie des grilles de calcul. Le LPNHE en est l'un des fondateurs. GRIF est un centre de calcul et de stockage majeur (Tier 2/3) pour le LHC dans le cadre de WLCG (« World LHC Computing Grid ») et répond aux besoins des autres expériences, tout en préservant une partie de ses ressources pour un cadre pluridisciplinaire dans le cadre de la grille EGI (« European Grid Infrastructure »). La configuration atteinte à la fin 2011 au LPNHE est de 93 nœuds de calcul permettant de traiter 800 tâches en même temps et équivalant à une puissance de calcul de 7300 SPEC06 (1000 SPEC06 correspondent à la puissance de 250 processeur Pentium IV 2.8 GHz). L'espace de stockage (SAN et DAS) est de 640 To utiles sur disques accessibles à travers un système basé sur DPM (Disk Pool Manager). Le réseau se fait à

travers des liens pour l'essentiel à 10 Gbit/s entre les membres de GRIF, vers le Centre de Calcul et d'autres sites à travers RENATER. Environ 45 % du calcul et 68 % du stockage sont dédiés au Tier 2 de l'expérience ATLAS soit un tiers des ressources de GRIF pour cette collaboration. Avec la partie Tier 3 c'est plus de 60 % des ressources de calcul du LPNHE et 95 % du stockage qui sont utilisés par ATLAS. D'autres collaborations utilisent la puissance de calcul comme les expériences CMS, LHCb, DØ, AUGER et CTA, ainsi que les autres membres de GRIF et d'autres disciplines comme les sciences de la terre et la bioinformatique. Au total c'est près de 10% des ressources de calcul qui ont été utilisées en dehors de la physique des hautes énergies. Les ressources de GRIF sont installées dans les deux salles machines du LPNHE. Ces nouvelles salles ont été adaptées aux besoins, notamment de sécurité, pour satisfaire le bon fonctionnement des opérations du projet. Ce travail a été fait en relation avec les services généraux, le service informatique et la direction technique. Deux ingénieurs assurent l'administration et l'exploitation du site. Cette équipe a contribué au déploiement de l'intergiciel, au développement de Quattor dans GRIF qui permet de définir et maintenir une configuration générique des services de la grille et au développement d'outils de monitoring. L'opération des ressources des sites français est gérée par la direction de France Grilles. Le groupe du LPNHE participe aux activités du Workpackage de production (SA1). Dans le cadre du projet LCG France des réunions entre les différents sites ont lieu deux fois par an et des réunions de coordination des Tier 2 et des Tier 3 ont lieu par vidéo-conférence toutes les deux semaines. Les ressources sont accessibles depuis un serveur configuré comme UI (point d'accès utilisateur) de la



La salle machine 1222-SS-13
et des baies de serveurs de GRIF.

Manomètres à colonnes
en entrée de salle propre
(suivi des cascades de pression).



grille. Une organisation virtuelle locale permet d'envoyer des tâches sur l'ensemble des sites de GRIF. Le serveur du groupe ATLAS a lui aussi été ainsi configuré, l'accès à la grille s'effectuant dans le cadre des environnements de production et d'analyse mises en place par la collaboration. La stratégie pour les années à venir est la poursuite des investissements afin de respecter les engagements vis-à-vis de LCG France. Le site du LPNHE est largement soutenu par l'UPMC en étant reconnu comme « plateforme ». Son budget d'investissement pour le matériel, intégré depuis 2005, a dépassé le million d'euros en 2011. Le projet continuera en particulier sa politique d'ouverture vers d'autres disciplines au sein de l'UPMC.

Les salles propres

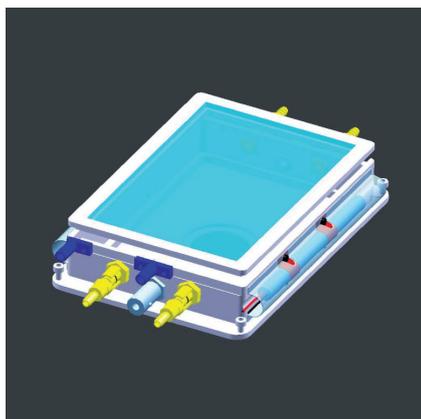
En 2010, 4 salles propres ont été livrées au LPNHE, construites par la société CLIMASCIENCE qui en a assuré la maintenance sur les deux années suivantes. Elles répondent aux critères énoncés dans le cahier des charges du laboratoire, à savoir : deux salles dédiées au détecteurs silicium et deux salles dédiées aux détecteurs CCD, deux sas personnels et un sas matériel. Les classes de propreté vont de l'ISO8 à l'ISO6. Elles occupent une surface totale de

95 m² et la centrale de traitement d'air (CTA) est située dans un local attenant. Les activités se déroulant dans chaque salle correspondent aux travaux de R&D menés par les groupes de recherche :

- Caractérisation et test des wafers de silicium dans le cadre des projets SLHC et ILDCALICE (1222-SS-10, ISO7)
- Collage de wafers pour le projet ILDCALICE (1222-SS-08, ISO8)
- Caractérisation optique et électronique des CCD sur bancs de tests dédiés pour LSST (1222-SS-06a, ISO7)
- Manipulation des CCD de LSST (1222-SS-06b, ISO6) dans une salle dont la classe de propreté est plus poussée (ISO5 sous une hotte à flux laminaire).

Les salles bénéficient depuis le local technique d'un approvisionnement centralisé en air comprimé filtré, en azote gazeux et, quand cela s'avère nécessaire, d'azote liquide. Dans ce cas une ligne de transfert, possédant une double isolation sous vide permet d'alimenter deux points de soutirage dans les salles à partir d'un réservoir sous pression installé pour les besoins des expériences dans le local technique. Par ailleurs une pompe à vide commandée de l'intérieur des salles est située dans la coursive pour alimenter tous les dispositifs nécessitant un vide primaire. Les

salles se trouvant en sous-sol, le personnel se retrouve souvent isolé dans les salles. Des dispositifs de sécurité ont été mis en place. Il s'agit d'une centrale de détection du taux d'oxygène, d'un dispositif d'alarme pour travailleur isolé (DATI). Une surveillance quotidienne des paramètres de la CTA (température, hygrométrie, cascade de pressions) permet de réagir rapidement en cas de dysfonctionnement. Cette surveillance sera ultérieurement automatisée. Les salles propres doivent respecter des critères stricts de propreté compatibles avec les classes demandées par les activités qui s'y déroulent. Pour cela le nettoyage a été sous-traité en 2011 à la société ISS propreté puis en 2012 à du personnel UPMC pour lequel le LPNHE a subventionné une formation spécifique (ASPEC). L'organisation des salles propres s'appuie sur la direction technique du laboratoire et sur le support quotidien d'un technicien des services généraux. Tout nouvel utilisateur des salles doit obtenir l'autorisation du responsable et suivre une initiation aux précautions d'usage et de sécurité. Cela permet de garantir la qualité des salles pour les activités qui y sont effectuées.



Les nombreux savoir-faire et compétences des équipes scientifiques et techniques du laboratoire permettent d'effectuer des actions de valorisation, dont font partie les contrats signés avec des instances publiques et privées. S'appuyant sur les projets de R&D, le laboratoire peut envisager de valoriser des prototypes issus de réalisations techniques quand ils possèdent un intérêt économique potentiel. Le correspondant valorisation du laboratoire par ses contacts avec le CNRS et l'IN2P3 sensibilise les personnels à la propriété industrielle, travaille avec le service partenariat et valorisation de la Délégation Régionale à la rédaction de projets de collaboration, d'accords de confidentialité, de déclaration d'invention, de dépôt de brevet ou de prestations de service. Les actions de valorisation sont consignées dans des documents et transmis à la DIRE (direction de l'innovation et des relations avec les entreprises) du CNRS et à l'IN2P3.

**Correspondants
valorisation**

L. Lavergne
A. Savoy-Navarro (2010)

VALORISATION

Les actions menées par le laboratoire en termes de valorisation durant les années 2010-2012, concernent :

La signature de contrats de confidentialité :

ou NDA (Non Disclosure Agreement) avec des entreprises proposant des outils de conception en microélectronique par l'intermédiaire de centres multi-projets généralement affiliés à des organismes universitaires ou de recherche : XFAB (USA), TEZZARON (CMP, Grenoble), STMicroelectronics (CMP), TSMC (IMEC, Belgique/EUROPRACTICE). Dans ce cas, le LPNHE travaille avec le service partenariat et valorisation (SPV) de la délégation régionale (DR02) qui apporte son concours dans la rédaction des contrats et veille notamment à la légalité des textes proposés par les entreprises.

Des dépôts de brevet :

de la déclaration d'invention au dépôt de brevet en passant par la recherche d'antériorité et la rédaction par les différents auteurs. (trois brevets datant du 26/01/2010 : FR1050498, FR1050499 et FR1050501 concernant un circuit intégré et un système de calibration en technologie submicronique pour des détecteurs silicium à micropistes)

Des contrats de collaboration :

ANR (Higgsnet, 2010), contrats européens (EGInspire et EPLANET, 2011, AIDA, 2012), contrats avec la région Ile-de-France (projet GATE en 2011, dans le cadre de l'appel à projet SESAME) et avec l'université Pierre et Marie Curie comme le programme EMERGENCE (EASIER, ATLAS et SKYDICE, 2010, et LHCb, 2011).

L'embauche de personnel :

au titre de la valorisation, un ingénieur de recherche en électronique a été recruté pour l'année 2010 pour participer au développement d'un microcircuit de traitement du signal en mode mixte analogique/numérique, pour des détecteurs silicium dans le cadre du projet ILC.

Des partenariats :

avec des industriels dans le cadre de projets comme avec E2V et SAGEM pour le projet LSST en 2010.

Des prestations basées :

sur l'expertise et le savoir-faire des équipes techniques, acquis à la suite de réalisations effectuées pour des projets portés par les groupes de recherche du laboratoire.

- Des réalisations du service de mécanique pour les travaux

pratiques d'enseignants des universités Pierre et Marie Curie (UPMC) et Paris-Diderot.

- une chambre de culture cellulaire régulée en température et sous flux gazeux de CO² pour les microscopes d'une plateforme du Généthon. Cette réalisation est le produit de l'activité SIMBIOPHYS et a été conçue et construite avec les services de mécanique et d'électronique.
- un dispositif miniaturisé pour la mesure précise des très bas flux lumineux enregistrés par les senseurs des télescopes modernes. Du fait de son extrême compacité, un tel dispositif peut-être installé au plus près du plan focal d'un télescope, dans un environnement où les contraintes d'encombrement sont très strictes. Un prototype a été réalisé et testé par l'équipe SKYDICE en collaboration avec les services d'électronique et de mécanique.

Pour toutes ces actions, le correspondant valorisation assure le relais entre les équipes de recherche, les services techniques et le SPV du CNRS. Il fait également partie du réseau des correspondants valorisation de l'IN2P3 qui se réunit une fois par an.

Communication à des conférences scientifiques, enseignements

Jean-François Genat

- A 15 GS/s Sampling ASIC in 130 nm CMOS technology, Topical Workshop on Electronics for Particle Physics (TWEPP), Aachen, Allemagne, septembre 2010
- Low Cost, Large Area Photo-detectors, Workshop on Timing Detectors, Cracovie (Pologne), décembre 2010
- Design of a Data Acquisition System for Large area, Picosecond Photo-Detectors, Workshop on Technology and Instrumentation in Particle Physics (TIPP) Chicago (USA), avril 2011
- Multipurpose Test Structures and Process Characterization using 0.13 micrometer CMOS: the CHAMP ASIC, Workshop on Technology and Instrumentation in Particle Physics (TIPP) Chicago (USA), avril 2011
- Development of Large Area, Picosecond resolution Photodetectors and Associated Readout Electronics, Conference on Advancements in Nuclear Instrumentation, Measurements Methods and their Applications (ANIMMA), Ghent (Belgique), juin 2011
- Development of Large-Area, Pico-second Resolution Photo-Detectors and Associated readout Electronics, IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS-MIC), Valence (Espagne), octobre 2011
- A 4-channel Fast waveform Sampling ASIC using 130 nm CMOS technology, New Developments in Photo-detection (NDIP), Lyon, juin 2011
- Bandwidth of Transmission-lines Anodes, Workshop on The Factors that Limit Timing Resolution in Photo-detectors, Enrico Fermi Institute, University of Chicago, Chicago (USA), avril 2011
- Constraints for Fast Timing Applications to Medical Imaging, Workshop on Microelectronics beyond the Giga-Hertz, LPC Clermont-Ferrand, janvier 2011
- Time to Digital Conversion Performance Metrics and Tests, short Course, IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS-MIC), Valence (Espagne), octobre 2011
- Time Pick-off Techniques, short Course, IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS-MIC), Valence (Espagne), octobre 2011
- Electronics for Photo-detectors, tutorial, New Developments in Photo-detection (NDIP), Lyon, juillet 2011

Laurence Lavergne

Silicon and Germanium detectors in nuclear physics, Master en Tecnologia Nuclear, Université de Huelva (Espagne), mars 2010 et février 2011

François Legrand

Installation et configuration des logiciels libres de base, utiles à tout ASR d'un laboratoire, action nationale de formation ANGD, Fréjus, 5-9 décembre 2011

David Martin

LSST camera readout chip ASPIC: test tools, TWEPP 2011, Vienne (Autriche), septembre 2011

Patrick Nayman

Responsable de l'UE « Traitement du signal avancé et probabilité » Master 2 CMI (UPMC-ESPCI)
Chargé du cours « traitement du signal avancé » Master 2 CMI (UPMC-ESPCI), 2010, 2011

Séminaires

Jean-François Genat

Timing performance of Micro-Channel Plates and other detectors with different Front-end Architectures, séminaire au CERN PH-ESE, Genève (Suisse), novembre 2011

Contribution à des ouvrages

Bernard Canton

Coordinateur du livre « La mécanique et la pression dans tous leurs états », novembre 2011, MRCT-CNRS, ISBN : 978-2-918701-08-8

Organisation de conférences scientifiques et écoles thématiques

Bernard Canton

Membre du comité d'organisation de la rencontre nationale trans-réseaux CNRS « Réseau des Mécaniciens - Réseau de Technologie des Hautes Pressions », Mittelwihr, 14-18 novembre 2011
Coorganisateur de l'école IN2P3 : « les risques fournisseurs », Beaulieu-sur-Mer, 11-15 octobre 2010

Guillaume Daubard

Membre du comité d'organisation de l'école IN2P3 : « conception et contrôle des systèmes d'asservissement et d'automatisme », Sévrier, 15-19 octobre 2012

Jean-François Genat

Membre du comité technique de la conférence IEEE Real-Time (RTC), 11-15 juin 2012

Membre du comité organisateur du Workshop on Timing Detectors, Cracovie, Pologne, 1 décembre 2010

Didier Laporte

Membre du comité d'organisation de l'école IN2P3 « calculs et mesures en thermique et thermomécanique », Ile d'Oléron, 11-16 septembre 2011

Patrick Nayman

Responsable de l'école IN2P3 : « Techniques de base des détecteurs », Cargèse

Responsabilités dans les comités d'évaluation et instances techniques

Walter Bertoli

Membre du réseau de calcul de l'IN2P3
Membre de jury de concours externes CNRS

Bernard Canton

Coresponsable du réseau des mécaniciens du CNRS,
Membre nommé du comité d'hygiène et sécurité du CNRS de Paris B,
Membre de jury de concours externes CNRS
Membre du réseau des correspondants techniques du bâtiment du CNRS

Guillaume Daubard

Membre du réseau calcul de l'IN2P3
Membre du réseau qualité de l'IN2P3

Jacques David

Membre du Groupe national de personnes qualifiées pour l'avancement dans le corps des assistants ingénieurs

Patrick Ghislain

Membre du comité de pilotage du réseau des mécaniciens d'Ile-de-France

Didier Imbault

Membre de jury de sélection professionnelle CNRS
Membre de la Cellule de Suivi de Projet de l'APC

Didier Laporte

Membre du comité des utilisateurs d'EDMS à l'IN2P3
Membre du groupe de travail Smarteam à l'IN2P3

Laurence Lavergne

Membre du comité de pilotage du pôle Omega micro
Membre du groupe de travail ISIS « contrats et valorisation » pour l'IN2P3
Membre de jury de concours externe CNRS
Expert pour des projets ANR

Liliana Martin

Membre de jury de concours externes MEN

Victor Mendoza

Membre du groupe de travail QUATTOR
Membre du comité technique de GRIF

Patrick Nayman

Membre de jury de concours externe CNRS
Rapporteur pour la revue IEEE
Membre du comité de pilotage de la collaboration HESS-France
Expert pour des projets ANR

Jean-Marc Parraud

Membre de jury de concours externe CNRS

Richard Randriatoamanana

Expert technique en sécurité dans le groupe de travail pour la coordination régionale dans la sécurité des systèmes d'information initié par l'UPMC/SSI et la DR2.

Daniel Vincent

Membre du groupe de travail ISIS « reporting » pour l'IN2P3
Membre de jury de concours externe CNRS

Patricia Warin-Charpentier

Membre de jury de concours externe MEN et CNRS
Membre de jury d'examen professionnel PFI du CNRS



FONCTIONNEMENT DU LABORATOIRE

Organisation

Partenariats scientifiques

Ressources financières

Ressources humaines

Formation permanente

Communication et documentation

Radioprotection

Hygiène et sécurité

Services généraux

Personnel du LPNHE

Directeur • Reynald Pain
Directrice adjointe • Sophie Trincaz-Duvoid

CONSEIL SCIENTIFIQUE

- E. Ben-Haim
- R. Cahn (Extérieur)
- G. Calderini
- P. L. Ghia
- D. Hardin
- A. Hoecker (Extérieur)
- L. Lavergne
- R. Pain
- L. Roos
- J-P. Tavernet
- F. Toussnel
- S. Trincaz-Duvoid

CONSEIL DE LABORATOIRE

- J. Dumarchez
- D. Hardin
- V. Joisin
- S. Laplace
- D. Laporte
- L. Le Guillou
- D. Martin
- E. Méphane
- L. Lavergne
- J. Ocariz
- A. Robert
- M. Roynet
- S. Trincaz
- F. Villa
- P. Warin

COMMISSION PARITAIRE LOCALE

- D. Martin
- D. Laporte
- R. Pain
- S. Rey
- M. Roynet
- P. Warin-Charpetntier

CELLULE DE SUIVI DE PROJET

- R. Pain
- L. Lavergne
- F. Legrand
- P. Nayman
- D. Vincent

Directrice technique

L. Lavergne

Administrateur

E. Méphane

Assistante de direction

M. Carlosse

Correspondant formation

J.P. Tavernet

Correspondant valorisation

L. Lavergne

Hygiène et sécurité

ACMO

- J.M. Parraud

ACMO adjoint

- B. Canton

PCR

- J. Dumarchez

ÉQUIPES ET PROJETS SCIENTIFIQUES

ATLAS

- P. Schwemling

ATLAS/SVT

- G. Calderini

ATLAS/HIGGS

- B. Laforge

ATLAS/Top

- D. Lacour

BABAR-LHCb-SuperB

- E. Ben-Haim

CDF

- S. de Cecco

DO

- G. Bernardi

ILD-Calice

- D. Lacour

T2K-NA61

- J. Dumarchez

HESS

- P. Vincent

CTA

- J-P. Tavernet

AUGER

- A. Letessier-Selvon

SCP

- R. Pain

SNF-SNLS

- J. Guy

LSST

- P. Antilogus

EUCLID

- P. Astier

DSA

- M. Joyce

ADMINISTRATION

E. Méphane

Ressources humaines

M. Carlosse

Gestion financière

V. Joisin

Communication Documentation

I. Cossin

DIRECTION TECHNIQUE

L. Lavergne

Service électronique et instrumentation

P. Nayman

Service mécanique

D. Vincent

Service informatique

F. Legrand

Services généraux

B. Canton

CHEFS DE PROJETS TECHNIQUES

ATLAS

- D. Laporte

AUGER

- H. Lebbolo

CTA

- F. Toussnel

GRIF

- L. Martin

HESS

- F. Toussnel

ILD-Calice

- J. David

LSST

- H. Lebbolo

SN : DICE

- A. Vallereau
- D. Vincent

LE FONCTIONNEMENT DU LABORATOIRE



Le laboratoire est organisé autour de projets de recherche principalement nationaux ou internationaux. La direction du laboratoire, assistée de divers conseils, et les services administratifs et de support apportent un soutien indispensable aux équipes scientifiques et techniques qui ont en charge la réalisation de ces projets.

Organisation

La nature, principalement expérimentale, de nos activités de recherche impose de constituer des équipes, souvent nombreuses, comportant à la fois chercheurs et/ou enseignants-chercheurs et personnels techniques. Elle implique la présence de structures locales d'évaluation et de soutien des activités scientifiques et techniques que sont le conseil scientifique (CS) et la cellule (CSP).

Le conseil de laboratoire (CL) traite les sujets relevant du fonctionnement général du laboratoire. Il est complété par le comité local hygiène

et sécurité (CLHS) qui conseille la direction en la matière. Le règlement intérieur, approuvé par le CL, décrit l'ensemble des règles régissant le laboratoire (fonctionnement, horaires, sécurité, etc.).

Le directeur est assisté d'un directeur adjoint (DA), d'un directeur technique (DT) et d'une assistante de direction (AD). Le responsable administratif (RA) veille au respect des règles administratives et de gestion. Une réunion de direction a lieu chaque semaine regroupant la direction (D, DA et AD) et le responsable administratif (RA).

Une réunion mensuelle rassemble les responsables scientifiques (RS) en charge d'une équipe scientifique ou chef d'un projet du laboratoire. Lors de cette réunion, sont échangées diverses informations administratives et scientifiques et les faits marquants des projets du laboratoire sont présentés.

La coordination des services techniques et administratifs est également formalisée par le biais d'une réunion mensuelle impliquant la direction et les responsables administratif et des services techniques.

L'avancement des projets scientifiques et techniques est discuté dans les sessions du conseil scientifique et lors des comités de suivi des projets. En 2010, ont été examinées les activités autour du projet de collisionneur linéaire, ILC, en 2011, celles autour des collisionneurs hadroniques : CDF, DØ au Tevatron et ATLAS au LHC. En 2012, c'est au tour des activités de l'équipe « Matière et Energie Noires », et du projet T2K, d'être évaluées en profondeur. Ainsi en quatre années,

toutes les activités du laboratoire auront fait l'objet d'un examen approfondi par le CS. L'affectation des personnels techniques (IT) dans les projets est faite annuellement par la direction sur recommandation de la CSP. Le tableau d'affectation des ressources humaines IT est actualisé semestriellement.

Sur le plan administratif, la mise en place, fin 2009, d'un pôle de gestion financière et d'un pôle en charge de la gestion des ressources humaines

a permis d'optimiser l'affectation des ressources humaines administratives. En 2010, le laboratoire est passé sans difficulté importante en délégation globale de gestion financière (DGGF) CNRS.

Enfin, un pôle de communication et documentation regroupe les fonctions de gestion de la bibliothèque, organisation de manifestations scientifiques (colloques, écoles, séminaires) et communication.

Partenariats scientifiques

Les équipes de recherche du LPNHE entretiennent de nombreuses collaborations scientifiques avec des équipes de recherche françaises, européennes et américaines, et plus récemment avec des équipes au Japon, en Australie et en Chine. Le laboratoire est, par ailleurs, formellement partenaire de plusieurs accords de collaboration nationaux et internationaux.

Au niveau du campus Jussieu, le laboratoire est membre de la Fédération de Recherche des Interactions Fondamentales (FRIF), qui regroupe, sous la houlette de l'UPMC, les chercheurs du LPNHE avec ceux (principalement théoriciens) du LPTHE, du LPTENS et à laquelle est associé le Collège de France via la Chaire de Gabriele Veneziano. L'affiliation à la FRIF a permis de développer les interactions avec des théoriciens et des phénoménologues sur des thèmes prioritaires au laboratoire, principalement liés à la physique au LHC et à l'étude de la matière noire et de l'énergie noire.

Sur la place parisienne, le laboratoire est partenaire du Paris Center for Cosmological Physics (PCCP) dirigé par G. Smoot et membre du Laboratoire d'excellence (Labex), l'Institut Lagrange de Paris (ILP). Retenu parmi les projets soumis dans le cadre des investissements d'avenir du ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur, l'ILP a démarré ses activités fin 2011. Il

comprend, outre le LPNHE, l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP), le Laboratoire de Physique Théorique et de Hautes Energies (LPTHE), la Fédération de Recherche des Interactions Fondamentales (FRIF), l'Institut Henri Poincaré (IHP) ainsi que les équipes de recherche de Françoise Combes du laboratoire d'étude du Rayonnement de la Matière (LERMA) et de Gabriele Veneziano (Chaire de Particules Élémentaires, Gravitation et Cosmologie) du Collège de France. L'ILP s'inscrit à l'interface entre la physique théorique, la physique des particules, l'astrophysique et la cosmologie. Les projets, observationnels, expérimentaux et théoriques mis en œuvre dans ce LABEX permettront de mieux contraindre les lois physiques fondamentales décrivant l'origine et l'évolution de l'Univers et de ses constituants. Le soutien de l'ILP a déjà permis de financer deux contrats doctoraux, un programme de visiteurs et plusieurs actions importantes de communication scientifique.

Au niveau de l'Ile-de-France, le LPNHE est partenaire du groupement de recherche GRIF, « Grille au service de la Recherche en Ile-de-France ». Ce groupement vise à doter les laboratoires franciliens impliqués dans le LHC (IRFU, LAL, IPN, LLR) de moyens de calculs et de stockage de type « grille de calcul ». Au laboratoire, GRIF se

décline en un Tier 2, contribuant à la simulation et à l'analyse des données des expériences du LHC et un Tier 3 dédié aux analyses de l'équipe locale ATLAS. L'UPMC participant fortement au financement de l'infrastructure de GRIF, un accès à ces ressources a été ouvert à des équipes du campus Jussieu intéressées par le calcul sur grille. Une équipe du laboratoire Génomique des microorganismes, par exemple, l'utilise pour faire des calculs de génomique des maladies génétiques.

Depuis fin 2011, le laboratoire est également partenaire du groupe de recherche ACAV « Astrophysique et Condition d'Apparition de la Vie », labellisé « domaine d'intérêt majeur » par le conseil régional d'Ile-de-France (DIM). Il regroupe les équipes de recherche et laboratoires franciliens internationalement reconnus dans ces domaines. En 2012, le laboratoire a reçu de ce groupement un soutien pour l'achat de matériel d'instrumentation, des crédits d'animation scientifique et le financement d'un contrat doctoral pour le projet HESS.

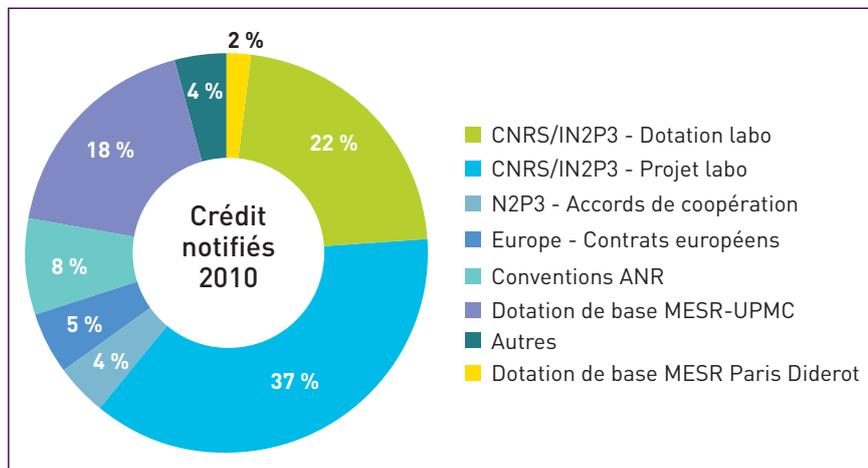
Le laboratoire est membre de plusieurs « Laboratoires Internationaux Associées » (LIA) comme le Laboratoire Européen pour l'astronomie gamma (ELGA), le Laboratoire Franco-chinois de physique des particules (FCPPL) et son équivalent Japonais (FJPPL), et le Laboratoire International pour la Physique

des Particules et la Cosmologie (ILPPC), une collaboration entre le LPNHE et le département de Physique du Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) aux Etats-Unis. Ces accords de collaboration permettent de financer principalement les séjours de scientifiques étrangers et réciproquement de chercheurs du LPNHE dans les laboratoires partenaires pour des durées de quelques jours à quelques semaines sur des projets bien identifiés et prioritaires. Ils contribuent à renforcer les équipes de recherche et constituent un facteur important de l'accroissement récent de la production scientifique. Plusieurs chercheurs du laboratoire ont des responsabilités importantes dans ces structures de recherche. Les chercheurs du LPNHE entretiennent, par ailleurs, de

nombreuses collaborations avec des chercheurs français ou étrangers via les projets auxquels ils participent ou par le biais d'accords de coopération spécifiques passés par l'IN2P3 ou le CNRS avec les pays concernés (Espagne, Pologne, Russie, ...). Ils ont aussi collaboré entre 2010 et 2012 avec des chercheurs français ou étrangers au sein des projets Higgs, Nectar et Vitesse, financés par l'ANR, et des projets européens, EUDET, ACCESS, EGEE, AIDA et INSPIRE. Une équipe du laboratoire est membre du réseau d'excellence australien Center of Excellence for All-sky Astrophysics, CAASTRO. Sur le plan technique, le LPNHE entretient des collaborations avec des partenaires du secteur privé tel que Hamamatsu Photonics et E2V et est membre de consortia public-privé comme le GIS Sources et Accélérateurs avec le groupe Thalès.

Enfin, par l'intermédiaire d'un de ses chercheurs, coordinateur national du projet, le laboratoire a été moteur dans le programme européen HELEN d'échanges scientifique avec l'Amérique latine (High Energy physics Latin-american European Network), maintenant prolongé par le programme EPLANET. Ces programmes visent à favoriser les échanges entre le CERN, les pays d'Amérique latine et les pays dits « latino-européens » sur une thématique scientifique, principalement LHC. Cet accord a permis, en particulier, d'accueillir des étudiants latino-américains pour préparer une thèse au sein de l'équipe ATLAS.

Ressources financières



Le LPNHE dispose de ressources financières apportées par ses trois tutelles, CNRS et Universités (UPMC et Université Paris-Diderot), et de ressources propres représentant un budget global hors salaires d'environ 2 millions d'euros par an. La répartition de ces ressources pour l'année 2010 est représentée sur la figure ci-dessus.

En 2010, la dotation annuelle CNRS (soutien de base non affecté, SBNA) a représenté 22 % du budget et celle

de ses tutelles universitaires 18 % (crédits d'équipement compris). Ces budgets sont alloués au fonctionnement du laboratoire pour les dépenses d'infrastructure, de vacations et pour financer colloques, écoles et conférences.

Le reste du budget est destiné aux projets du laboratoire et provient essentiellement du CNRS/IN2P3 (37 % du total en 2010), des universités (9 %), de contrats ANR (8 %) ou Européens (5 %).

Affectations des ressources dans les projets

Thématiquement, le budget « Projets » s'est réparti en 2010 selon :

- Astroparticules et Cosmologie (50 %)
- Quarks et Leptons (40 %)
- Théorie (10 %)

Gestions des ressources financières

La gestion financière du LPNHE est assurée à l'aide de deux applications :

- XLAB : la base gestion des unités de recherche du CNRS

- SIFAC : le Système d'Information, Financier Analytique et Comptable des deux universités.

Évolutions

- Le budget projet IN2P3 est apparu en légère hausse en 2011 par rapport à 2010 en raison des opérations du déménagement.
- Ces dernières années, les financements universitaires

pour les projets ont augmenté notamment grâce au financement UPMC de la grille de calcul. Le budget de l'unité a connu un accroissement important des ressources propres provenant de contrats ANR ou Européens.

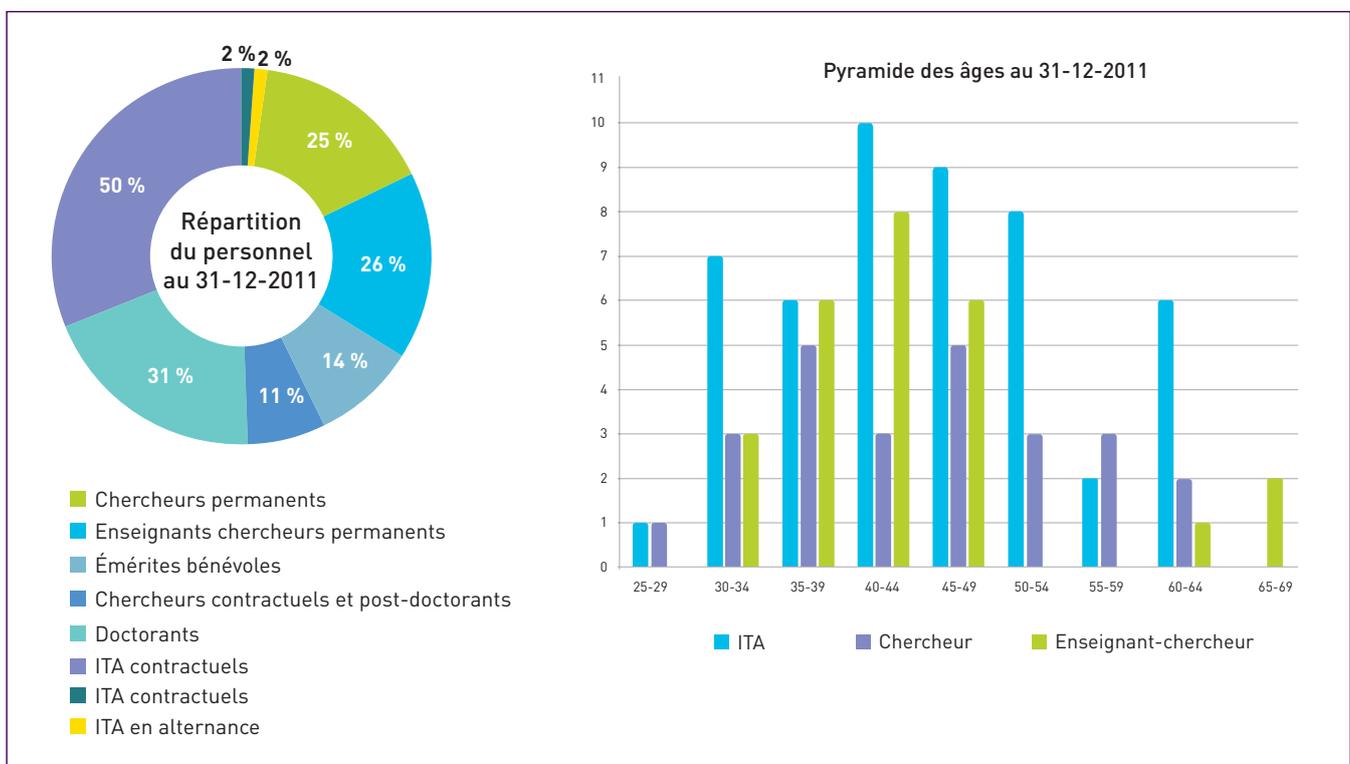
- En 2010, le laboratoire est passé en délégation de gestion financière (DGGF) CNRS.

- Les progiciels de gestion devraient changer dans le courant de l'année 2012, pour le CNRS ; les gestionnaires devront se former et s'accoutumer à ce nouvel outil.

Pôle gestion

Bernard Caraco, Véronique Joisin, Souad Rey, Sylvie Soullard

Ressources humaines



En juin 2012, le laboratoire compte 51 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, 11 chercheurs contractuels ou post-doctorants, 14 émérites et bénévoles, 31 doctorants, 50 ingénieurs techniciens et administratifs (ITA) permanents, 2 ITA contractuels et 2 ITA en alternance, soit un total de 161 personnes. Le laboratoire reçoit, de plus, chaque année environ 30 à 40 stagiaires pour des périodes allant d'une semaine à 6 mois. Les activités de recherche sont centrées sur des projets scientifiques principalement expérimentaux et

les personnels techniques répartis entre services et groupes de recherche.

Le service administratif du laboratoire compte une dizaine de personnes. Les services techniques - mécanique, électronique, informatique et services généraux regroupés au sein d'une direction technique - sont assurés par une quarantaine d'ingénieurs et de techniciens. La spécificité des activités de recherche, leur caractère international et leur complexité technique justifient ce soutien important de personnel technique

de haut niveau. La majorité des personnels administratifs et techniques sont des personnels CNRS.

Ces dernières années, le nombre de chercheurs, enseignants-chercheurs et ITA permanents est en légère diminution, principalement à cause des départs en retraite non remplacés, pendant que l'effectif du personnel temporaire augmentait sensiblement. Le nombre d'étudiants en thèse, en particulier, excellent indicateur de l'attractivité du laboratoire et de ses thématiques scientifiques, est en hausse sensible

(+ 50 % par rapport à la moyenne 2004-2008).

Le graphique ci-dessus montre la pyramide des âges des personnels permanents. On note principalement le « trou » d'une quinzaine années

chez les enseignants-chercheurs qui se traduira mécaniquement - sauf changement radical de la politique d'embauche des universités - par une baisse très importante des recrutements universitaires à partir de 2014.

Pôle Ressources Humaines

**Magali Carlosse,
Jocelyne Meurgey (2011)**

Formation permanente

Indépendamment des bénéficiaires individuels que chacun peut en retirer, la formation permanente des agents est nécessaire au maintien du haut niveau technologique indispensable à l'avenir de la communauté scientifique. Chaque année, un plan de formation est élaboré. Il permet de recenser les besoins de formations des différents services du laboratoire mais aussi d'accompagner les agents dans l'évolution de leur carrière.

Les formations suivies par les personnels pendant les années 2010 et 2011 concernent des stages, écoles ou cours organisés par l'IN2P3, les délégations du CNRS ou les universités, mais aussi des formations plus ou moins individuelles, dispensées par des organismes extérieurs et rendues nécessaires par des situations ponctuelles auxquelles il faut faire face. Le bilan qui suit, sans être totalement exhaustif, récapitule les différentes formations suivies par des membres du LPNHE.

En moyenne sur ces deux années :

- 25 actions de formation ont été financées ou en partie financées par une délégation du CNRS, ce qui représente de l'ordre de 360 jours de formation.
- 10 actions de formations ont été financées par l'IN2P3, soit 50 jours de formation.
- 5 actions ont été payées par le laboratoire auprès d'organismes extérieurs pour des besoins urgents, soit de l'ordre de 15 jours de formation.

Au total, une trentaine d'agents ont suivi une formation, soit près de 50 % des agents ITA ou IATOS (permanents et CDD).

Sur ces deux années, sept personnes suivent des cours d'anglais au cours de l'année universitaire et un à deux agents assistent à des stages intensifs.

Le LPNHE veille à ce que les visiteurs étrangers, post-doc ou boursiers, puissent avoir un minimum de cours de français. Il s'agit soit de formations intensives (ex : Alliance Française) soit de cours dispensés

tout au long de l'année universitaire.

L'école de « techniques de base des détecteurs » destinée aux techniciens de toutes les branches d'activités a lieu chaque année avec le même succès depuis 1996 sous la direction d'un membre du laboratoire - Patrick Nayman - qui en a été l'initiateur. On y développe, sur une semaine, une approche instrumentale des concepts de base nécessaires à la mise en œuvre des détecteurs en physique nucléaire et physique des particules. Patrick Nayman et Pascal Vincent interviennent dans les cours de cette école.

Au regard de ces deux années, il est à noter que les formations dédiées à l'évolution des métiers dans chaque thématique du laboratoire (métiers administratifs, électronique, informatique et mécanique) sont prépondérantes. L'étude de la langue anglaise connaît une progression importante et nécessaire devant l'internationalisation des activités.

Correspondant formation

Jean-Paul Tavernet



Communication et documentation

La mission du pôle « communication & documentation » s'articule autour d'actions dont l'objectif est, d'une part, de faire connaître les activités et les résultats scientifiques et techniques du LPNHE en les diffusant lors de manifestations scientifiques, et d'autre part, de promouvoir auprès des divers publics la recherche scientifique en physique des particules, des astroparticules et en cosmologie, tout en assurant la visibilité du laboratoire. Le pôle est en charge de la communication externe, au sein de la communauté scientifique et la communication interne entre les différentes catégories de personnels du laboratoire.

L'existence et le fonctionnement de cette structure permet au directeur de mettre en œuvre une politique de communication en cohérence

avec celle des organismes de tutelle (CNRS/IN2P3, universités : UPMC, UDD).

Le pôle « communication et documentation » est composé de quatre personnes relevant de la BAP F (communication, culture, médiation, information scientifique et technique, technologies de l'information et de la communication pour l'éducation) et dont les spécialités sont clairement définies : une responsable de communication, une personne chargée de la communication interne, une spécialiste de l'organisation d'événements internationaux et une bibliothécaire.

Un plan de communication pluriannuel élaboré en relation avec le directeur du laboratoire précise ses orientations :

Accompagner l'animation scientifique

La spécificité de l'IN2P3 est de travailler sur des très grands équipements comme le LHC ou les très grands télescopes. La communauté scientifique est organisée en collaborations internationales, qui réunissent un grand nombre de physiciens (expérience ATLAS : 2 500 physiciens). La participation régulière aux réunions de collaboration fait partie du mode de travail des physiciens, ingénieurs et techniciens du laboratoire au même titre que les vidéoconférences ou l'utilisation du web. La contribution qu'apporte le pôle « communication & documentation » à leur organisation profite non seulement au LPNHE mais également à l'ensemble de la



communauté de la recherche. Le laboratoire s'investit dans une dizaine de manifestations scientifiques internationales par an. La spécificité du pôle est d'assurer chaque année l'organisation des « Rencontres de Moriond », qui rassemblent chaque année en Italie (La Thuile) 400 physiciens du monde entier (budget de 1 340 K€) autour des thèmes suivants : Electroweak Interactions & Unified Theories (2010, 2011, 2012), Cosmology (2010, 2012), Quantum Mesoscopic Physics (2011), Gravitational Waves & Experimental Gravity (2011) et QCD and High Energy Interactions (2010, 2011, 2012).

Le pôle a également développé cette activité au-delà du laboratoire, notamment avec la Société Française de Physique (société savante dans laquelle les physiciens de l'IN2P3 sont actifs), en organisant chaque année en décembre les Journées jeunes chercheurs : en 2010 à Angers et en 2011 à Annecy. À cette occasion, des actions de communication vers le milieu socio-économique, subventionnées par la région d'accueil, sont mises en œuvre. En 2010 un débat grand public a eu lieu sur la biodiversité, avec les directeurs de recherche Jacques Baudry (INRA SAD-Paysage de Rennes) et Françoise Burel (laboratoire ECOBIO du CNRS). En 2011 une conférence

grand public a été présentée par Lucile Beck, Maître de conférence de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN), sur le thème : « X, UV et particules au service du Patrimoine Culturel ».

Mettre en valeur les métiers de la recherche

Le LPNHE a choisi de contribuer à l'effort du CNRS dans sa volonté d'accroître l'attractivité des sciences auprès des « chercheurs en herbe » en ciblant particulièrement les scolaires.

Pour atteindre cet objectif, le pôle « communication & documentation » a organisé jusqu'en 2010 les portes ouvertes du LPNHE qui se déroulaient sur trois jours. Le format adopté incluait des visites guidées, des conférences, des expositions et un programme audio-visuel. Pour ce rendez-vous récurrent, une équipe de plus de 40 personnes se mobilisait (physiciens et ITA). Grâce à une campagne publicitaire menée par le laboratoire auprès de la Ville de Paris et sa notoriété dans le milieu éducatif (rectorats & enseignants), le LPNHE accueillait ainsi un millier de visiteurs. En complément, des ateliers techniques et scientifiques étaient assurés par des personnels du laboratoire (mesure de la masse d'un électron, les rayons cosmiques, CFAO d'une hélice avec une fraiseuse à commande numérique). Pour

s'adapter à un public d'enfants à partir de sept ans, des ateliers didactiques avaient été mis en place en partenariat avec P. Colinard (laboratoire « Matière et Systèmes Complexes » de l'Université Paris 7) pour mener des expériences contre-intuitives et éveiller ainsi la curiosité scientifique chez les plus jeunes.

Parmi les exemples de temps fort entre les milieux scientifique et scolaire, le LPNHE est engagé dans :

- les MasterClasses (TP européens annuels coordonnés par le CERN en vidéoconférence),
- les conférences NEPAL (Noyaux et particules au lycée) présentées par une dizaine de physiciens,
- la mise en place de « passions recherche » ; il s'agit d'un contrat entre une classe et un intervenant scientifique ou technique, permettant au CNRS de financer un projet pédagogique qui aborde les méthodes et les outils de la recherche.

Cet effort du LPNHE sur le milieu éducatif permet à plus de 1 000 élèves chaque année de bénéficier de ces actions de communication.

Diffuser l'information scientifique et technique

Parmi les nombreux outils de communication mis en œuvre pour cette diffusion externe et interne, on peut citer :

- la conception et la réalisation du rapport d'activité (biennuel), document institutionnel destiné à l'évaluation du laboratoire par le Comité National et l'AERES et diffusé à l'ensemble de la communauté scientifique et administrative ;
- la conception et la réalisation d'une brochure de présentation en Anglais, des activités scientifiques et techniques du laboratoire
- l'organisation de journées de réflexion « biennales » : elles ont eu lieu du 19 au 22 septembre 2011 à Beg Meil (Finistère) et ont réuni l'ensemble du personnel du laboratoire en séminaire bilan / prospective ;
- la contribution aux réunions hebdomadaires (dites du vendredi) ouvertes à l'ensemble du personnel et permettant d'aborder la vie du laboratoire et l'actualité scientifique ;
- l'organisation logistique des séminaires hebdomadaires planifiés tout au long de l'année
- la conception d'une plaquette de présentation des activités du LPNHE destinée à un large public ;
- la mise à jour des actualités du laboratoire sur le site web et les supports multimédia.

Par ailleurs, le personnel du LPNHE dispose d'une bibliothèque de recherche associée à l'UPMC. La gestion de la documentation est assurée par une bibliothécaire, sous la responsabilité d'un physicien. Elle consiste à veiller à la continuité des abonnements aux périodiques scientifiques et magazines spécialisés, à préparer l'achat de nouveaux livres, et à suivre le prêt et le retour des ouvrages.

Les derniers travaux d'aménagement du laboratoire en 2011 ont été l'occasion d'un réaménagement complet de la bibliothèque, et notamment d'un complet remplacement de son mobilier. La re-cotation du fonds documentaire selon le système Dewey, entamée en 2010, a été achevée, permettant

ainsi l'intégration au catalogue du réseau de la BUPMC (bibliothèques de l'UPMC), puis au catalogue national du SUDOC et aux catalogues mondiaux d'ouvrages (WorldCat, GoogleBooks). La re-cotation des ouvrages s'est accompagnée fin 2010 de la mise en place d'un système automatisé avec codes-barres afin de simplifier la gestion du prêt.

Répondre à l'intérêt du grand public Pour atteindre cet objectif et répondre à l'intérêt des citoyens pour la physique, le laboratoire coordonne, depuis 2010, les actions de l'ensemble des laboratoires de physique du campus Jussieu pour la « Fête de la science » en privilégiant un thème chaque année. En 2010 le thème était « Quel défis pour l'avenir avec le LHC ? ». En 2011, plus de cinq mille visiteurs ont participé au village des sciences dont le thème portait sur « La physique dans tous ses états ». Une vingtaine de stands ont été aménagés sur les 1 000 m² du parvis du campus et portaient non seulement sur les recherches menées au LPNHE (particules élémentaires, forces, évolution de l'univers), mais également sur les sujets de recherche des autres laboratoires de Physique de l'Université Pierre et Marie Curie. Cela a permis au public de mieux comprendre la matière, de l'infiniment grand à l'infiniment petit, les hautes énergies, la supraconductivité dont on fêtait le centenaire de la découverte, la course de la lumière, la constitution des couleurs. Cela a ouvert une fenêtre sur les avancées scientifiques et technologiques en chimie, nanosciences, astrophysique, Cosmologie, Physique des particules & des milieux condensés et la Minéralogie.

A ces actions de communication grand public, s'ajoutent de très nombreuses initiatives personnelles (débat grand public, participation à la « Nuit des étoiles » ...). Pour sensibiliser un public plus littéraire, la pièce de théâtre « Einstein et

Pécuchet au pays des neutrinos » écrite et jouée par François Vannucci, a été présentée plus de vingt fois grâce à un financement de la Région Île-de-France ; chaque fois, un débat animé a prolongé le spectacle.

Participer au dialogue entre science et société

Grâce à un partenariat mis en place avec la Bibliothèque Nationale de France, le pôle « communication & documentation » organise les rencontres « Physique et interrogations fondamentales ». Ces débats entre science et société sont organisés tous les deux ans et sont l'occasion pour un public d'environ 350 personnes de dialoguer avec des spécialistes de champs disciplinaires différents, intervenant sur un sujet commun. En 2010, le sujet de la douzième rencontre était « Aux frontières de la connaissance, les instruments de l'extrême » et en 2012 « Les nouvelles lumières : comment la physique continue d'éclairer le monde ». De fructueux échanges interdisciplinaires entre physiciens, épistémologues, biologistes, mathématiciens, astrophysiciens, sociologues et philosophes ont fait progresser la réflexion sur ce thème.

Le LPNHE participe aussi aux rencontres du Café des Techniques, tous les troisièmes jeudis du mois au musée du Centre National des Arts et Métiers et au forum « Sciences et Citoyens », tous les ans au Futuroscope de Poitiers.

Pôle communication

Isabelle Cossin, Laurence Marquet
Swarna Bassava, Vera De Sa Varanda,

Correspondant communication
Jacques Dumarchez

Chargé de mission Bibliothèque
Laurent Le Guillou.

Radioprotection

Une personne compétente en radioprotection (PCR) supervise toutes les actions nécessitant un suivi en radioprotection de certains personnels et matériels. Ainsi, elle a mis en place avec l'UPMC d'une part un suivi dosimétrique des personnels se rendant sur les sites d'expériences auprès d'accélérateurs

(Japon, CERN, USA...) et d'autre part un contrôle annuel des sources radioactives détenues au LPNHE. Il s'agit de sources scellées qui ont toutes plus de 10 ans (les plus anciennes datent de 1977) et que la législation impose d'éliminer. six sources dont les fournisseurs ont été identifiés ont ainsi été reprises en



2011. Les sept autres doivent faire l'objet d'une procédure particulière auprès de l'ANDRA.

PCR
Jacques Dumarchez

Hygiène et sécurité

Pour mener à bien sa mission concernant l'Hygiène et la Sécurité au laboratoire, le directeur est assisté par un ACOMO (Agent chargé de la mise en œuvre des règles d'hygiène et de sécurité), qui est placé sous sa responsabilité directe. Cette fonction d'ACOMO est assurée au LPNHE par un assistant ingénieur depuis 2005, et un ingénieur d'études en tant qu'ACOMO-adjoint. Une étroite collaboration est indispensable avec les services Hygiène & Sécurité de la délégation CNRS-ParisB, des universités UPMC et UPD, ainsi qu'avec le service sécurité incendie de l'UPMC.

Les problèmes de sécurité liés spécifiquement à la radioprotection (détention de sources radioactives scellées au laboratoire) sont gérés par un chercheur qui a la fonction de PCR (Personne compétente en radioprotection).

Le comité local d'hygiène et sécurité (CLHS) du LPNHE se réunit une fois par an depuis sa création en 2001, afin de débattre et de proposer des solutions en matière d'hygiène et sécurité. Les deux dernières réunions se sont tenues le 29 novembre 2010, et le 05 décembre 2011.

L'ACOMO apporte son conseil aux groupes de recherche et aux services techniques pour que les appareillages conçus par le laboratoire soient conformes aux textes réglementaires. Il travaille à la prévention pour la bonne utilisation des appareils et des produits présentant un risque (diodes laser, bouteilles de gaz comprimés, cryogénie à azote liquide, ...).

Pour les expériences se déroulant sur des sites extérieurs, il incite les personnels à s'informer des consignes de sécurité particulières auprès des responsables de sites.

La période 2010-2011 a été marquée au LPNHE par l'emménagement dans de nouveaux locaux entièrement rénovés du campus Jussieu. Cet événement a nécessité un suivi permanent des opérations au niveau sécurité qui se poursuit pour apporter les modifications ou les ajustements nécessaires dans certains locaux qui ne respectent pas les normes. Un exemple significatif a été la mise en conformité dans les mois qui ont suivi l'emménagement, des deux salles des serveurs informatiques, équipées chacune d'un système spécifique de détection

et d'extinction d'incendie (extinction par gaz inerte).

Les nouveaux locaux du LPNHE sont équipés d'une installation de détection et d'alarme incendie, dont l'UPMC a la charge de l'entretien. En cas de déclenchement, le PC de surveillance incendie de l'UPMC est automatiquement alerté pour intervenir. Afin d'anticiper d'éventuels sinistres, des exercices d'évacuation sont organisés par le personnel de ce service.

Depuis l'emménagement, le laboratoire est désormais équipé de deux défibrillateurs cardiaques. Ceux-ci sont accessibles rapidement en cas de nécessité dans deux zones distinctes, le LPNHE étant maintenant réparti sur plusieurs niveaux.

Depuis 2011, une nouveauté est apparue dans l'organisation de certains travaux : la prise en compte de la nécessité de « travail isolé » dans des locaux particuliers. Ainsi huit salles, principalement des salles à risques et isolées comme les salles propres et les salles serveurs, ont été équipées d'émetteurs DATI (dispositif d'alarme pour travailleur isolé). Ces appareils permettent la surveillance du personnel concerné (détection

d'absence de mouvements et/ou de verticalité) et donnent l'alerte via une centrale connectée au réseau téléphonique.

En matière de formation, le personnel est régulièrement informé des formations « Hygiène et Sécurité » mises à sa disposition par le CNRS et l'UPMC.

Plus spécifiquement, un accueil des nouveaux entrants au laboratoire a été instauré annuellement depuis

2005. Il inclut un volet d'information et de sensibilisation à l'hygiène et sécurité. Des séances d'informations ponctuelles sont également organisées en fonction des arrivées saisonnières de stagiaires.

Parmi les formations hygiène et sécurité suivies par le personnel en 2010-2011, on peut citer plus particulièrement celles de « Sauveteur secouriste du travail » (SST - cinq personnes), et « Habilitation

Électrique » (neuf personnes).

Les bons chiffres de l'année 2011 - « zéro accident » et « zéro maladie professionnelle » - motivent à poursuivre ces actions, en s'appuyant sur l'implication de tout le personnel.

Jean-Marc Parraud ACMO
Bernard Canton ACMO-adjoint

Services généraux



Les services généraux sont composés de deux techniciens, d'un adjoint technique en poste temporaire et d'un ingénieur qui en assure la responsabilité. Le transfert du laboratoire en 2010 dans de nouveaux locaux entièrement rénovés a entraîné une modification de la charge de travail. Les activités se répartissent en tâches courantes et en tâches spécifiques à la période de transfert et d'aménagement.

Les tâches courantes :

- Répondre aux demandes d'intervention faite par le personnel. En 2012 un logiciel de suivi d'intervention par soumission de ticket a été mis en place.
- Assurer le suivi du bon fonctionnement des installations techniques : climatisation, sécurité (alarme incendie, alarme de détection de travailleur isolé...), salles blanches, téléphonie, électricité, sanitaires. Les services généraux sont les interlocuteurs privilégiés des services techniques de l'UPMC et des entreprises de maintenance.

- Gérer le parc automobile du LPNHE de Paris et sur le site du CERN à Genève, assurer son entretien, effectuer le suivi des réservations au moyen d'un programme de réservation, organiser des transports occasionnels dans l'Ile-de-France en entreprise ou dans des laboratoires.
- Maintenir en état les installations des salles de réunions (projection, sonorisation, vidéoconférence).
- Gérer et entretenir le mobilier et les équipements généraux. Etablir et maintenir à jour leur inventaire avec l'aide d'un programme d'inventaire mis en place en 2012.
- Etablir le planning d'occupation des bureaux avec l'aide d'un logiciel de gestion du personnel et permettre l'installation des nouveaux arrivants. Gérer les accès avec le système de clef programmable mis en place par l'UMPC.
- Réceptionner les nouveaux locaux du LPNHE sur le campus Jussieu en interagissant avec le maître d'ouvrage, l'UPMC, l'Etablissement public d'aménagement universitaire de la Région Ile-de-France (EPAURIF) et les maîtres d'œuvre. L'étude des locaux de la 2^e tranche a été réalisée. L'amphithéâtre et le hall de montage devraient être livrés en 2014.
- Gérer le transfert de l'ensemble du laboratoire de mai à juillet 2010 en liaison avec l'EPAURIF, l'UPMC et l'entreprise de déménagement.
- Assurer le suivi des travaux de modifications de locaux, organiser les déménagements internes de 2011, et aménager les bureaux, les salles de réunion, les salles de stockage
- Recenser et assurer le suivi des dysfonctionnements des locaux afin d'en informer l'UPMC pour obtenir des interventions correctives.

Les tâches spécifiques à la période de transfert et d'aménagement (2010 à 2011) :

De nouvelles installations et matériels occupent les locaux actuels, notamment des salles blanches performantes et des

salles de serveurs informatiques avec des équipements complexes de climatisation et de sécurité. Leur entretien a demandé au service un investissement rapide dans le fonctionnement, nouveau, de ces installations. Les dysfonctionnements, nombreux en 2010, se raréfient en 2012 après les mesures correctives apportées par les fournisseurs, les mainteneurs ou le service.

L'embauche sur poste temporaire d'un adjoint technique pour deux périodes de vacation a permis de répondre à la surcharge de travail de 2010-2011 et de faciliter le démarrage de l'inventaire et du système de suivi des interventions. Le service a organisé en 2010 le déchargement et l'installation de la Camera Hess II dans une salle de montage, celui-ci nécessitant l'usage d'une grue routière et de patins

roulants. L'opération a été faite de nuit en raison des contraintes de transport exceptionnel. Son chargement pour la Namibie a été réalisé en mars 2012 suivant les mêmes conditions.

Équipe

B. Canton, F. Leclercq,
M. Roynel, K. Santrot

Aménagement



Avant



Après

Le laboratoire s'est implanté en 2010 dans le secteur « ouest » rénové du campus Jussieu. L'étude de la 2^e tranche des locaux a été terminée en 2010. Des modifications de locaux ont été réalisées en 2011 afin de les adapter au fonctionnement du laboratoire.

Le transfert du LPNHE dans le secteur « ouest » rénové du campus Jussieu, décidé en 2004 par l'Université Pierre et Marie Curie a eu lieu début mai 2010. Le LPNHE est désormais implanté dans les barres 12/22 (sous-sol, RDC, 1^{er} et 2^e étages), 12/13 (sous-sol, RDC et 1^{er} étage), 13/23 (deux salles de tests au RDC)

et 22/23 (deux pièces d'archives au sous-sol).

Un ingénieur d'études du laboratoire a suivi les travaux des nouveaux locaux en contact direct avec la direction du LPNHE, l'EPAURIF (Etablissement public d'aménagement universitaire de la région Ile-de-France), le maître d'ouvrage et l'UPMC. Par ailleurs les études de la 2^e tranche de rénovation, concernant un amphithéâtre et un hall de montage situés dans le patio 22/33 au RDC, ont été finalisées en 2010. La livraison est maintenant prévue en 2014.

A partir de septembre 2010, des travaux d'amélioration ont eu lieu pour réorganiser certaines pièces, créer des espaces supplémentaires et optimiser l'occupation des bureaux. La bibliothèque a été transférée au 1^{er} étage et trois bureaux l'ont remplacée. La cuisine interne a été déplacée. Des modifications ont été apportées dans les salles de réunion. Tous ces travaux ont été supervisés par la Direction du Patrimoine Immobilier de l'UPMC.

Personnel du LPNHE

Chercheurs CNRS

Directeurs de recherche émérite

BARRELET Etienne
BENAYOUN Maurice
LOISEAU Benoit

Directeurs de recherche

ANTILOGUS Pierre
ASTIER Pierre
BASSLER Ursula (Détachement CEA)
BERNARDI Gregorio
BONNEAUD Gérard
CALDERINI Giovanni
DUMARCHEZ Jacques
GHIA Piera Luisa
JACHOLKOWSKA Agnieszka
KRASNY Mieczyslaw
LACOUR Didier
LETESSIER-SELVON Antoine
PAIN Reynald

Chargés de recherche

ANDRIEU Bernard
BONGARD Sébastien
DEL BUONO Luigi
DERUE Frédéric
GUY Julien
GIGANTI Claudio
KAPUSTA Frédéric
MARCHIORI Giovanni
MAURIN David
REGNAULT Nicolas
ROOS Lydia

Chercheurs bénévoles

AUGUSTIN Jean-Eudes
DE LA VAISSIERE Christian
LERUSTE Philippe
LEVY Jean-Michel

Enseignants-chercheurs UPMC

Professeur émérite

BILLOIR Pierre

Professeurs

CHAUVEAU Jacques
JOYCE Michael
TAVERNET Jean-Paul
VINCENT Pascal

Maîtres de conférences

AUBLIN Julien
BAUMONT Sylvain
BEN-HAIM Eli
CARIMALO Christian
DA SILVA Wilfrid
HARDIN Delphine
LAFORGE Bertrand
LE GUILLOU Laurent
MARTINEAU-HUYNH Olivier (dét. CNRS)
ROBERT Arnaud
TRINCAZ-DUVOID Sophie

Enseignants-chercheurs bénévoles

ARTEAGA Napoléon
BRIAND Hélène
HAMON Odile
KRIVINE Hubert

Enseignants-chercheurs UPD

Professeur émérite

DEDONDER Jean-Pierre

Professeurs

OCARIZ José
SCHWEMLING Philippe
VANNUCCI François

Maîtres de conférences

BEAU Tristan
DAVID Pascal
DE CECCO Sandro
NIKOLIC-AUDIT Irena
RIDEL Mélissa
SCHAHMANECHE Kyan

Enseignant-chercheur bénévole

PONS Yvette

Enseignant-chercheur Paris-Sud

Maître de conférences

BALLAND Christophe

Doctorants

AKAR Simon (2010-)
BENHAIEM David (2010-)
BLANCO OTANO Miguel (2012-)
BORDONI Stefania (2008-2011)
BROWN Jonathan (2008-2011)
BRUN François (2008-2011)
CANTO Arnaud (2009-)
CELLIER-HOLZEM Flora (2010-)
CHARBONNIER Aldée (2007-2010)
CHAREYRE Eve (2007-2010)
CORBO Matteo (2008-)
COUTURIER Camille (2011-)
DAVIGNON Olivier (2010-)
DEMILLY Aurélien (2011-)
EL HAGE Patrick (2011-)
FOURMANOIT Nicolas (2007-2010)
GAIOR Romain (2010-)
GAMBETTA Silvia (2010-)
GARRIGOUX Tania (2011-)
GUYONNET Augustin (2009-)
HUSKE Nijs (2007-2010)
LEFEBVRE Guillaume (2011-)
LI Dikai (2010-)
LIU Kun (2011-)
MERIC Nicolas (2010-)
MUNCHMEYER Moritz (2009-)
POTOPAPADAKI Eftychia-Sofia (2011-)
RANGEL Camilla (2010-)
RIVERA Bretel Hugo Marcelo (2011-)
ROCCI Francesco (2010-)
SICARD François (2007-2010)

SITT Simon (2007-2010)
THEVENEUX-PELZER Timothée (2009-)
TORRES Heberth (2009-)
VILLA Francesca (2009-)
WORRAKITPOONPON Tirawut (2007-2011)
YAO Liwen (2010-)
YUAN Li (2008-2011)
ZAMBELLI Laura (2010-)

Chercheurs CDD et post-doctorants

BETOULE Marc (2010-)
BAILEY Stephen (2007-2011)
BOMBEN Marco (2010-)
BROWN Ducan (2010-)
CHARPY Alexandre (2008-2011)
COGNERAS Eric (2009-2011)
GREDER Sébastien (2010-2011)
ENARI Yuji (2008-)
KRONBORG Taia (2009-2010)
KUNA Marine (2011-)
MACOLINO Carla (2009-)
MARIS Ioana (2009-)
MARTENS Aurélien (2011-)
NAUMANN Christopher (2009-)
POPOV Boris (2007-)
RUSSO Stefano (2011-)

Visiteur étranger

ERSHIDAT Nidal (2008-2010)

Ingénieurs, techniciens, administratifs

Ingénieurs de recherche

DAUBARD Guillaume
DE MATOS Filipe
GENAT Jean-François
IMBAULT Didier
LAVERGNE Laurence
LE DORTZ Olivier
LEBBOLO Hervé
LEGRAND François
MARTIN Liliana
MEPHANE Evelyne
MENDOZA Victor
NAYMAN Patrick
RANDRIATOAMANANA Richard
SEPULVEDA Eduardo
TOUSSENEL François
VINCENT Daniel
WARIN-CHARPENTIER Patricia

Ingénieurs d'étude

BELKACEM Madjid
CANTON Bernard
DAVID Jacques
HUPPERT Jean-François
LAPORTE Didier
MARTIN David
TERRONT Diego
VALLEREAU Alain

Personnel du LPNHE

Assistants ingénieurs

BAILLY Philippe
CORONA Pascal
COSSIN Isabelle
DHELLOT Marc
EVRARD Christophe
GHISLAIN Patrick
GOFFIN Colette
JOISIN Véronique
ORAIN Yann
PARRAUD Jean-Marc
REPAIN Philippe

Techniciens de recherche

AUDO Thomas
BASSAVA Swarna
CORIDIAN Julien
CARACO Bernard
CARLOSSE Magali
LECLERCQ Franck
PIERRE Eric
ROYNEL Michael
SOULLARD Sylvie

Adjoints techniques de la recherche

HÔ Tan Trung
REY Souad

Agent service technique (UPMC)

MARQUET Laurence

ITA Autres

DE SA-VARANDA Véra

ITA CDD

GAURON Philippe (2010-2012)
GUO Yixian (2009-2012)
JURAMY Claire (2007-)
MENDOZA Victor (2008-2010)
ROCHE Nicolas (2008-2010)
VAUBIEN Lionel (2009-2010)

Chargés de mission

Sécurité

PARRAUD Jean-Marc

Radioprotection

DUMARCHEZ Jacques

Formation permanente

TAVERNET Jean-Paul
HAMON Odile (2010)

Réunions du vendredi

LE GUILLOU Laurent
ROBERT Arnaud

Séminaires

BOLMONT Julien
MARCHIORI Giovanni
BEN HAIM Eli
REGNAULT Nicolas (2010)

Conférences NEPAL

BONGARD Sébastien
REGAULT Nicolas (2011)

Bibliothèque

LE GUILLOU Laurent

Communication

COSSIN Isabelle
DUMARCHEZ Jacques

Stages

TRINCAZ-DUVOID Sophie

Comité des suivis des thèses

TRINCAZ-DUVOID Sophie
RIDEL Mélissa
GUY Julien
NIKOLIC-AUDIT Iréna

Valorisation

Laurence LAVERGNE
Aurore SAVOY-NAVARRO (2010)

Rapport d'activité 2010-2012

GHIA Piera
COSSIN Isabelle
LACOUR Didier
LAVERGNE Laurence
DE SA-VARANDA Vera

EDMS

LAPORTE Didier

Webmaster

LEGRAND François

Biennale 2011

BONGARD Sébastien
COSSIN Isabelle
LAPORTE Didier

Conseil du laboratoire

Président ex-officio

PAIN Reynald

Membres nommés

DUMARCHEZ Jacques
OCARIZ José
ROYNEL Michael
VILLA Francesca, représentante des étudiants

Membres élus

HARDIN Delphine
JOISIN Véronique
LAPLACE Sandrine
LAPORTE Didier
LE GUILLOU Laurent
MARTIN David
ROBERT Arnaud
WARIN-CHARPENTIER Patricia

Membres invités ex-officio

LAVERGNE Laurence
MEPHANE Evelyne
TRINCAZ-DUVOID Sophie

Conseil scientifique

Président ex-officio

PAIN Reynald

Secrétaire ex-officio

TRINCAZ-DUVOID Sophie

Membres extérieurs nommés

CAHN Robert
HOECKER Andreas

Membres nommés

GHIA Piera
TAVERNET Jean-Paul
TOUSSENEL François

Membres élus

BEN HAÏM Eli
CALDERINI Giovanni
HARDIN Delphine
ROOS Lydia

Membre invité ex-officio

LAVERGNE Laurence

Comité local hygiène et sécurité

Président

PAIN Reynald

Directrice adjoint

TRINCAZ-DUVOID Sophie

Directrice technique

LAVERGNE Laurence

Administrateur

MEPHANE Evelyne

Personne compétente en radioprotection

DUMARCHEZ Jacques

ACMO

PARRAUD Jean-Marc

ACMO adjoint

CANTON Bernard

Représentants des personnels LPNHE

JOISIN Véronique
LAPORTE Didier
LE GUILLOU Laurent
ROBERT Arnaud

Responsable du service hygiène et sécurité de l'UPMC

NEBBACHE Soraya

Responsable du service de sécurité du travail de l'université Paris Diderot

HALARY Monique

Ingénieure régionale de prévention et de sécurité du CNRS – Paris B

MAZE-CORADIN Frédérique

Responsable de la cellule sûreté nucléaire et radioprotection de l'IN2P3

THIEFFRY Cyril

Médecin de prévention de l'UPMC

PARINGAUX Christine

Commission paritaire locale

LAPORTE Didier
MARTIN David
PAIN Reynald
REY Souad
ROYNEL Michaël
WARIN-CHARPENTIER Patricia



ANIMATION SCIENTIFIQUE ET COMMUNICATION

Les séminaires

La réunion du vendredi

La biennale

La fête de la science

Laradioactivite.com

Les masterclasses



LES SÉMINAIRES



Chaque jeudi à 14 heures, une personnalité extérieure au laboratoire vient présenter ses travaux sur un sujet brûlant de l'actualité scientifique ou sur un développement technique récent. Les séminaires du LPNHE sont ouverts à tous les chercheurs du campus et couvrent les trois principales thématiques scientifiques du laboratoire : physique des particules, astrophysique des hautes énergies et cosmologie.

Animation
J. Bolmont
G. Marchiori

Année 2012

1. **09/07/2012** – A. Ali (Saha Institute of Nuclear Physics, Kolkata), "The Dark Side of the Universe"
2. **05/07/2012** – S. Gabici (APC, Paris), "Gamma ray astronomy and the origin of cosmic rays"
3. **07/06/2012** – J. Stark (LPSC, Grenoble), "Measurement of the W mass at the Tevatron"
4. **24/05/2012** – T. Bringmann (Hamburg University, Hamburg), "Dark matter searches with gamma rays: the glimpse of a smoking-gun signal?"
5. **10/05/2012** – M. John (Oxford University, Oxford), "CP violation results with heavy mesons"
6. **26/04/2012** – T. Hennino (IPN, Orsay), "Panda (TBC)"
7. **12/04/2012** – A. Cerri (CERN), "Probing the boundaries of the Standard Model with flavor"
8. **05/04/2012** – P. Jean (IRAP, Toulouse), « Observation des raies gamma nucléaires et des émissions gamma diffuses avec SPI/INTEGRAL »
9. **29/03/2012** – S. Diglio (Melbourne University), "Search for the Standard Model Higgs to WW in the fully leptonic decay channel at the ATLAS experiment"
10. **22/03/2012** – M. Wang (Shandong University), "Observation of electron-antineutrino disappearance at Daya Bay"
11. **15/03/2012** – F. Pastore (Royal Holloway University, London), "Understanding ATLAS plans for future luminosities"
12. **08/03/2012** – A. Szostek (Stanford University), "Binaries observed in gamma-rays"
13. **01/03/2012** – D. Berge (CERN), "Going after the Dark at the LHC"
14. **22/02/2012** – T. Mibe (LAPP), "Development of Silicon-tracker for muon g-2 and EDM measurements at J-PARC"
15. **16/02/2012** – F. Spanó (Royal Holloway University, London), "Top physics at ATLAS"
16. **09/02/2012** – A. Bevan (Queen Mary University, London), "The SuperB Project"
17. **26/01/2012** – H. Pessard (LAPP, Annecy), "Measurement of the neutrino velocity between CERN and Gran Sasso with OPERA"
18. **19/01/2012** – I. Christidi (UCL, London), "Towards a boosted $VH \rightarrow b\bar{b}$ measurement with ATLAS"

19. **12/01/2012** – M. Naumann-Godo (APC, Paris), "Supernova remnants in the Fermi era"

Année 2011

1. **14/12/2011** – A. Melfo (Andes University, Merida), "Parity restoration at the LHC"
2. **08/12/2011** – H. Nishiguchi (KEK, Tsukuba), "Search for Charged Lepton Flavor Violation with Muons at J-PARC"
3. **01/12/2011** – E. Armengaud (IRFU/SPP, Saclay), "Search for WIMPs with EDELWEISS"
4. **24/11/2011** – J. Castillo (IRFU, Saclay), "ALICE latest results from Pb-Pb collisions at the LHC"
5. **17/11/2011** – D. Franco (APC, Paris), "Solar neutrino spectroscopy and oscillation with Borexino"
6. **10/11/2011** – D. Santos (LPSC, Grenoble), "Cosmologie Observationnelle : CMB et Détection Directionnelle de Matière Sombre"
7. **03/11/2011** – R. Bühler (Stanford), "Gamma-ray flares from the Crab nebula: A new astrophysical puzzle"
8. **26/10/2011** – M.-H. Schune (LAL, Orsay), "Recent results from LHCb"
9. **06/10/2011** – M. Lesniak (Institute of Nuclear Physics, Cracow), "Dalitz plot analysis of $B^+ \rightarrow K^+ K^+ K^-$ decays and $K^+ K^-$ interaction amplitudes"
10. **29/09/2011** – F. Crescioli (INFN, Pisa), "AMchip04: a new generation associative memory chip for HEP applications"
11. **08/09/2011** – Loic Rolland (LAPP, Annecy), "A la recherche des ondes gravitationnelles avec Virgo et LIGO"
12. **12/07/2011** – I. Kotov (BNL), "CCD Characterization and Measurement Automation"
13. **23/06/2011** – R. Britto (Tata Institute of Fundamental Research, Mumbai), "Status of Himalayan Gamma-Ray Observatory (HIGRO) and observations with HAGAR at Very High Energies"
14. **16/06/2011** – J. Lamblin (SUBATECH, Nantes), "XENON100, à la recherche de la matière noire"
15. **14/06/2011** – R. Ong (LLR, Palaiseau-UCLA, Los Angeles), "VHE Galactic Source Highlights from VERITAS"
16. **26/05/2011** – A. Kaczmarska (Institute of Nuclear Physics, Krakow), "Standard Model physics with taus in ATLAS"
17. **12/05/2011** – A. Kouchner (APC, Paris), "Récentes avancées en astronomie des neutrinos de haute énergie"

18. **28/04/2011** – A. Annovi (INFN, Frascati), "Dijet invariant mass excess in Wjj events at CDF"

19. **05/04/2011** – A. Giammanco (Université Catholique de Louvain), "First single-top cross section measurement at LHC"
20. **31/03/2011** – I. Vivarelli (Albert Ludwиг Universität, Freiburg), "Early SUSY searches with Etmis and b-jets with the ATLAS detector at LHC"
21. **24/03/2011** – F. Spanò (Columbia University), "Top physics with the ATLAS detector at the LHC"
22. **22/03/2011** – G. Maurin (CEA, Saclay), "Accélération de rayons cosmiques dans les restes de supernova: apport d'XMM-Newton via l'étude de SN1006"
23. **17/03/2011** – G. Manca (INFN, Cagliari), "Quarkonium production at LHCb"
24. **10/03/2011** – G. Signorelli (INFN, Pisa), "Latest results from MEG"
25. **03/03/2011** – R. Poeschl (LAL, Orsay), "Un calorimètre électromagnétique silicium-tungstène à haute granularité pour un futur collisionneur linéaire électrons-positrons"
26. **01/03/2011** – F. Volpe (MPI, Heidelberg), "Exploring the Nature's extreme accelerators with HESS"
27. **24/02/2011** – M. Delmastro (CERN), "Photons physics at LHC with the ATLAS detector"
28. **17/02/2011** – S. Tosi (IPNL, Lyon), "La physique du top a CMS"
29. **10/02/2011** – S. Arrenberg (University of Zurich), "Search for inelastic dark matter with the CDMS II experiment"
30. **03-02/2011** – P. Fortin (LLR, Palaiseau), "Deux années de découverte avec le télescope spatial Fermi"
31. **21/01/2011** – C. Marinoni (CTP, Marseille), "PCCP fellows meeting: A measure of dark energy with galaxy pairs."
32. **20/01/2011** – C. Mironov (LLR, Palaiseau), "First PbPb collisions at the LHC with the CMS detector"
33. **06/01/2011** – P. Robbe (LAL, Orsay), "First LHCb Results"

Année 2010

1. **15/12/2010** – Y. Becherini (APC), "Une nouvelle stratégie d'analyse pour les réseaux Tcherenkov atmosphériques : performances, résultats sur HESS et application sur CTA"
2. **02/12/2010** – N. Sanchez (Observatoire de Paris), "Dernières nouvelles du modèle standard de l'Univers: la Matière Noire à l'échelle du keV, théorie et observations"



Retransmission du séminaire exceptionnel donné au CERN le 4 juillet 2012 sur le boson de Higgs.

3. 18/11/2010 - J. Wenniger (CERN),
"LHC performance in the first proton run"

4. 04/11/2010 - N. Abgrall (CERN), "NA61
for T2K: predicting neutrino fluxes from
auxiliary hadron production experiments"

5. 14/10/2010 - G. Hou (National Taiwan
University), "Indirect Hints and Direct
Search for 4th Generation in LHC Era"

6. 29/06/2010 - D. Hofstadter (Indiana
University Bloomington), "Les analogies
extraordinaires d'Albert Einstein"

7. 08/04/2010 - J-P. Lansberg (CPHT,
Ecole Polytechnique), "Perspectives de
production de J/psi et Upsilon au LHC"

8. 01/04/2010 - M. Kowalski (Bonn
University), "Neutrinos, Supernovae &
IceCube"

9. 25/03/2010 - S. Eidelman (Budker
Institute of Nuclear Physics, Novosibirsk),
"Tau lepton physics at B factories"

10. 18/03/2010 - F. Pierre (IRFU, CEA
Saclay), "Du charme caché au charme
nu"

11. 11/03/2010 - F. Margaroli (Purdue
University), "Top quark physics at the
Tevatron"

12. 04/03/2010 - A. Nicolet (Institut
Fresnel Marseille), "Capes d'invisibilité et
optique de transformation"

13. 02/03/2010 - P. Jackson (SLAC),
"Stable Massive Particles in ATLAS"

14. 25/02/2010 - Rita de Masi (IPHC,
Strasbourg), "CMOS pixel sensors for
high precision vertex detectors"

15. 18/02/2010 - J. Ballet (SAP, CEA
Saclay), "Un an d'observations du ciel
gamma avec le satellite Fermi"

16. 11/02/2010 - S. Reynaud (LKB),
"Les tests de la loi de gravité à grande
échelle"

17. 04/02/2010 - P. del Amo Sanchez
(LAPP, Annecy), "New Physics searches
at the B-factories"

18. 28/01/2010 - A. Riazuelo (IAP, Paris),
"Voyage autour (et à l'intérieur) d'un trou
noir"

19. 21/01/2010 - C. Volpe (IPNO),
"Challenges in neutrino (astro)physics"

20. 14/01/2010 - F. Gélis (IPTh, CEA
Saclay), "Les premiers instants d'une
collision d'ions lourds a haute energie"



LA RÉUNION DU VENDREDI

La réunion du vendredi est un forum hebdomadaire auquel l'ensemble du personnel du laboratoire est convié, et qui se tient chaque vendredi matin, de 11 h à midi, dans la grande salle de réunion du laboratoire.

Cette réunion régulière permet une communication directe entre les chercheurs des différentes équipes, les ITA et la direction. Le début de chaque réunion est consacré à des questions diverses et à des informations à caractère général. C'est notamment l'occasion pour la direction de faire part à l'ensemble du personnel des décisions prises au CNRS, à l'IN2P3 ou dans les Universités de tutelle.

Cette première partie est suivie par un ou plusieurs exposés sur un thème de physique ou sur une réalisation technique, un compte-rendu de conférence ou le bilan d'activité d'un service. En outre, cette réunion constitue un terrain d'entraînement pour les plus jeunes, puisque les doctorants et les postdoctorants y ont l'occasion de présenter leurs travaux devant un public extérieur à leur équipe.

Enfin, quelques séances sont consacrées chaque printemps à des présentations par les candidats à un poste de chercheur ou d'enseignant-chercheur. Elles constituent pour eux l'occasion d'un premier contact avec le laboratoire pour lequel ils postulent.

Organisation et animation
L. Le Guillou
A. Robert



LA BIENNALE



La Biennale 2011 du LPNHE s'est tenue au Village Renouveau Vacances à Ty Nod - Beg Meil, du 19 au 22 Septembre 2011.

Cette session, qui se tient généralement sur quelques jours hors les murs du laboratoire permet d'aborder autant les aspects scientifiques et techniques que des questions portant sur la vie du laboratoire, et plus particulièrement cette année après le changement de locaux. Cette biennale a encore une fois vu une très grande participation, avec une représentation à peu près équivalente des services techniques et des chercheurs/enseignants-chercheurs ainsi qu'une participation massive des doctorants.

Le planning de ces journées a comporté des présentations scientifiques et techniques permettant à chacun de se faire une idée d'ensemble du panel d'activités très variées du laboratoire. Le souci de les rendre accessibles à tous a donné lieu à des efforts qui

méritent d'être salués, encouragés, et surtout continués. En 2011, les développements techniques ont été présentés en même temps que les projets de recherche dont ils font partie, montrant ainsi la cohésion des efforts déployés au sein des projets du laboratoire. Une session de poster a aussi permis aux doctorants de présenter leurs travaux tout au long de la biennale. Un souci particulier a été de ménager aussi de nombreux moments de discussions informelles. Cette partie importante de la biennale permet en effet à tous de se rencontrer et d'échanger dans un contexte différent, ce que la presque totalité des participants trouve bénéfique. Enfin, sur la lancée de la biennale précédente, une partie de la session a été dédiée à des ateliers sur la vie du laboratoire dans le but de proposer des actions

à mener. Ce format, qui en est à sa deuxième esquisse, a trouvé une très large approbation et se poursuivra dans le futur. Enfin, un intervenant extérieur a présenté un modèle d'évaluation du travail de recherche et lancé le débat. Par ailleurs, pour rompre avec les présentations et les ateliers, les visites de Concarneau et du port de pêche ont été organisées. Le bilan global de cette biennale est très positif. Autant le suivi, la qualité des présentations et des débats, que les retours des participants montrent qu'il s'agit d'un moment important de la vie du laboratoire, où peuvent s'exprimer dynamisme et communication interne.

Comité d'organisation
Isabelle Cossin, Didier Laporte,
Sébastien Bongard



LA FÊTE DE LA SCIENCE



Les champs disciplinaires du laboratoire - la physique de l'infiniment grand et de l'infiniment petit - captivent le grand public. Pour répondre à sa mission de diffusion scientifique, le laboratoire participe chaque année depuis 1997 à la « fête de la science ». La programmation adaptée aux scolaires permet d'accueillir en semaine (jeudi et vendredi) des classes entières du CP à la Prépa. Pour les familles, des activités grand public sont rajoutées le samedi. Les thèmes choisis étaient pour 2010 « Quel défis pour l'avenir avec le LHC ? » et pour 2011 « La physique dans tous ses états ».

Les groupes scolaires sont sollicités à travers les Académies et par le biais des établissements déjà venus les années précédentes et le grand public est contacté par une campagne d'information auprès de la Ville de Paris. Grâce à ces contacts, le LPNHE a accueilli jusqu'à

1 600 visiteurs lors de l'année mondiale de la Physique.

En 2011, suite à notre déménagement dans des locaux moins adaptés à l'accueil du public, nous avons installé sur le parvis de Jussieu un village des sciences de 1 000 m².

L'idée consistait à regrouper l'ensemble des actions proposées par les laboratoires de physique de l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC) à l'occasion de la Fête de la science. Cette initiative, coordonnée par le LPNHE, a été un succès.



Plus de 5 000 visiteurs ont parcouru la vingtaine de stands portant non seulement sur les recherches menées au LPNHE (particules élémentaires, forces, évolution de l'univers), mais également sur les sujets de recherche des autres laboratoires de Physique de l'UPMC. Cela a permis au plus grand nombre, de mieux comprendre la matière, de l'infiniment grand à l'infiniment petit, la supraconductivité à l'occasion des 100 ans de sa découverte, la course de la lumière, la constitution des couleurs ...

Pour ce rendez-vous récurrent, une équipe de plus de 30 personnes (physiciens et ITA) est mobilisée autour de cette action de communication.

Le format qui a été adopté s'articule autour d'un large programme :

- Visites de laboratoires,
- Ateliers pédagogiques,
- Expositions,
- Cycle de 6 conférences,
- Visite de l'accélérateur de Jussieu,
- Slam café,
- Expériences géantes,
- Expériences contre intuitives,
- Rallye de la chimie
- Visite du musée de la minéralogie

Les visites sont guidées par un physicien du laboratoire, chercheur, enseignant ou thésard, qui explique,

à travers une exposition mise en place à cette occasion, l'objet des recherches mais aussi les outils et méthodes de ces recherches (éléments de détecteurs, techniques expérimentales).

Dans les ateliers pédagogiques on aborde la physique ou l'instrumentation sous un aspect plus concret. Le public principalement ciblé est le milieu scolaire. Les élèves explorent un thème particulier abordé au laboratoire : « mesure de la masse d'un électron à l'aide d'un double-décimètre », « les rayons cosmiques », « la radioactivité », « La mesure de la vitesse de la lumière ».

Les expositions :

- « Nom de code LHC : la machine à remonter le temps » présentation du Large Hadron Collider du CERN.
- « Marie Curie 1867-1934 » à l'occasion de l'année internationale de la chimie et de la célébration du centième anniversaire du prix Nobel de chimie de Marie Curie.
- « SUPRA » pour fêter les 100 ans de la découverte de la supraconductivité.

Les conférences grand public abordent les recherches menées au laboratoire en permettant d'approfondir certains sujets :

- La relativité restreinte, par Jean-Michel Lévy,
- L'impact du tremblement de terre sur les réacteurs de la centrale

de Fukushima, par Christian de la Vaissière,

- Qu'est-ce qu'une supernova ? par Pier-Francesco Rocci,
- Histoire des rayons cosmiques, par Antoine Letessier-Selvon,
- Le côté sombre de l'Univers : exploration à travers l'astronomie gamma, par Agnieszka Jacholkowska,
- Le grand collisionneur de protons du CERN : deux années de succès, par Frédéric Derue.

Enfin grâce à un partenariat avec l'Association Française D'Astronomie (AFA) le public a pu observer les détails du soleil au télescope.

Pour l'édition 2012, un village des sciences sur le modèle du village coordonné par le LPNHE en 2011 est actuellement à l'étude par la présidence de l'Université. Fort de son succès, il sera étendu à l'ensemble des disciplines de l'Université.

Ces « Portes Ouvertes » à l'occasion de la Fête de la Science sont à chaque fois l'occasion de dialoguer avec des publics variés, souvent avides de connaissances nouvelles et toujours intéressés par les questionnements et les avancées des sciences.



LARADIOACTIVITE.COM

Le site « laradioactivite.com » est un site de vulgarisation scientifique créé en 2001 au LPNHE par M^{me} J. Laberrigue-Frolow, MM. Ch. de la Vaissière et Y. Sacquin (physicien au CEA). Il bénéficie du soutien de l'IN2P3. Depuis sa création, il est hébergé et maintenu par l'éditeur scientifique EDP-Sciences. Son propos est d'expliquer la radioactivité à « Mr et M^{me} Tout le Monde ». Il est devenu une référence sur internet en matière de radioactivité.

Il s'agit d'offrir une information rigoureuse mais abordable sur le phénomène de la radioactivité et sur des questions de société associées comme l'énergie nucléaire et les déchets radioactifs. Si les effets des fortes expositions aux rayonnements sont bien connus, ils ne sont pas avérés aux faibles doses. Ces incertitudes engendrent des peurs dont certaines sont irrationnelles. Sans minimiser les risques et les précautions à prendre, l'objectif des auteurs est de répondre à ces peurs à travers une information objective.

Fin 2001, le site comportait dans sa version française 515 pages illustrées. Une grande variété de thèmes y sont abordés : description du phénomène, des lois de la radioactivité, histoire

des découvertes, nature des rayonnements, radioactivité dans l'environnement, effets sur le vivant (doses et radioprotection), applications médicales (diagnostics et thérapies), industrielles, scientifiques et culturelles. Du côté de l'énergie nucléaire et de la gestion des déchets radioactifs, de nombreux aspects sont également couverts : principes de la fission nucléaire, réacteurs présents et futurs, combustibles, questions de prolifération, analyse des accidents (Tchernobyl, Fukushima), gestion des déchets, recherches sur leur gestion future, etc ...

L'année 2011 a été marquée par l'accident de Fukushima. Pour réagir à l'évènement, des pages ont été mises en ligne dès les premiers jours, qu'il fallait mettre à jour au fur et à mesure des développements. Le nombre de pages consacrées à l'accident et son déroulement est actuellement de 11. Cette réactivité a permis d'être présent sur internet et les médias, avec 3 interventions sur la chaîne France-24 et un pic de 12 000 visites le 17 mars.

Le pic de fréquentation dû à Fukushima est maintenant retombé, mais la fréquentation du site a doublé par rapport à la période

d'avant l'accident, avec une moyenne de 1 000 visites par jour depuis août 2011. Cette moyenne cache d'importantes variations avec un minimum de 421 visites et 977 pages vues par jour au mois d'août et un maximum de 1 430 visites et 3 308 pages en janvier 2012. L'évolution de la fréquentation suit le calendrier scolaire et suggère une contribution importante des classes de première et de terminale. 75 % des visiteurs accèdent au site par les moteurs de recherche, et en particulier celui de Google. La fréquentation pourrait être améliorée avec une bonne compréhension des mécanismes de ces moteurs de recherche.

Les pages plus fondamentales ont été traduites en anglais grâce au soutien de l'IN2P3. L'ANDRA fera de même pour la traduction des pages sur les déchets radioactifs. Le site a reçu le renfort de trois jeunes physiciens du CNBG (F. Perrot et S. Roudeau) et de SUBATECH (F. Lefèvre), deux laboratoires de l'IN2P3 impliqués dans les applications de la radioactivité et des techniques du nucléaire. Il est prévu qu'ils prennent en charge le site à l'avenir.



LES MASTERCLASSES



Une action est menée chaque année auprès des lycées sur la découverte de la recherche en physique des particules : il s'agit des Masterclasses qui se tiennent au LPNHE en simultanément avec d'autres laboratoires de France et de l'étranger.

En mars 2010, 2011 et 2012, le LPNHE a participé au programme européen des Masterclasses, organisés depuis 2005 en Europe par EPPOG (Groupe européen de sensibilisation à la physique des particules). Une trentaine de pays participent à ce programme, à travers 120 instituts ou laboratoires qui accueillent alors plus de 8 000 élèves sur trois semaines, généralement en février ou mars. Le but des Masterclasses est de sensibiliser les élèves des lycées à la recherche, et en particulier

la recherche en physique des particules, en les faisant travailler en conditions réelles dans un laboratoire pendant une journée. Chaque année, le LPNHE accueille deux classes, une classe de première S du lycée Suger à Saint Denis (93) en semaine et une classe de seconde du lycée Chaptal à Paris un samedi.

Le programme d'une journée type se déroule en deux parties. La matinée est consacrée à une présentation des activités du laboratoire, puis à une introduction à la physique des particules, avec des notions sur les

accélérateurs et les détecteurs de particules. Ces cours présentent aux lycéens un domaine totalement nouveau pour eux, non enseigné au lycée, et les préparent pour la session de travaux pratiques de l'après-midi consacrée à une analyse de physique. Après une pause au cours de laquelle les élèves peuvent rencontrer d'autres personnels du laboratoire, les élèves s'installent par binôme à des postes de travail mis à leur disposition par le service informatique, et travaillent sur des vraies données issues de



collisionneurs de physique des particules. À la fin de la journée, comme dans une collaboration internationale, les élèves reçus dans les différents laboratoires européens participants (typiquement 4 ou 5) vont comparer puis combiner leurs résultats lors d'une vidéoconférence, qui se déroule en anglais. Ils peuvent aussi poser des questions aux modérateurs qui sont en liaison vidéo depuis le CERN à Genève. La journée se termine par un quizz sur la physique des particules, avec des questions sur le LHC, et par une distribution des prix. Chaque élève repart avec un Cd-rom (en plusieurs langues, dont le français) comportant l'ensemble des données analysées et du matériel pédagogique interactif sur la physique des particules, les accélérateurs et les détecteurs. En 2010, les lycéens ont réalisé des mesures à partir des données

prises par l'expérience DELPHI au collisionneur LEP. Il s'agissait de classifier les désintégrations du boson Z^0 et de mesurer ses rapports d'embranchement en paires de quarks, électrons, muons ou taus, à partir d'une représentation graphique des événements de l'expérience. En 2011, pour la première fois, les événements analysés provenaient des vraies collisions enregistrées par le détecteur ATLAS l'année précédente. Il s'agissait de mettre en évidence les propriétés du proton à travers la mesure du rapport du nombre de bosons W^+ et W^- produits lors des collisions au LHC. Les événements W étaient sélectionnés à partir de voies de désintégrations en un électron ou muon chargé, que les élèves identifiaient à partir de leurs signatures expérimentales dans ATLAS. Quelques événements de simulation avec un boson de Higgs se désintégrant en paire de W étaient

également présents dans les lots de vraies données.

Lors de la séance de TP, les lycéens sont encadrés par des membres du laboratoire, en général des étudiants en thèse ou des jeunes chercheurs qui les aident à interpréter les informations, très nouvelles pour eux, qui sont disponibles dans les représentations graphiques des événements. Cet encadrement est indispensable à la bonne réussite des journées. Celles-ci sont très appréciées par les élèves et leurs enseignants, et le laboratoire continuera à participer aux Masterclasses.

I. Nikolic



Directeur de la publication :

Reynald Pain

Comité de rédaction :

Piera L. Ghia

Didier Lacour

Laurence Lavergne

Pierre Billoir

Coordination éditoriale :

Isabelle Cossin

Conception graphique :

Violaine Cardot

Couverture :

Un possible boson de Higgs se désintégrant en deux photons dans le détecteur ATLAS.

Crédit: ATLAS Experiment® 2012 CERN

Publié par :

Laboratoire de Physique Nucléaire et de Hautes Énergies

Ce document est consultable sur le site du laboratoire :

<http://lpnhe.in2p3.fr>

Impression :

Astrale communication

21 rue Championnet - 75018 Paris

3^e trimestre 2012



Laboratoire de physique nucléaire et de hautes énergies

4, place Jussieu

75252 Paris Cedex 05

Tél. : 33 (1) 44 27 63 13

Fax : 33 (1) 44 27 46 38

<http://lpnhe.in2p3.fr>

