

ATLAS : Physique à l'échelle du TeV avec le détecteur ATLAS

L'expérience ATLAS a été conçue pour étudier les collisions entre les faisceaux de protons du Large Hadron Collider (LHC) du CERN. Un des buts principaux de cette étude, la recherche du boson de Higgs, devrait apporter la réponse à la question fondamentale de l'origine de la masse des particules élémentaires. Le LAPP a participé à la construction et à la mise en route du calorimètre électromagnétique qui joue un rôle très important dans la recherche du Higgs et de la Nouvelle Physique. La phase de prise de données est proche et le groupe ATLAS-LAPP se prépare à assurer le fonctionnement du détecteur et à faire l'analyse des données.

Introduction

Le modèle théorique des interactions électrofaibles et fortes, communément appelé Modèle Standard, est vérifié à présent avec une excellente précision, mais comporte encore des aspects mal connus, comme par exemple le mécanisme de brisure spontanée de la symétrie sous-jacente expliquant l'origine des masses des particules.

Le Large Hadron Collider (LHC) a été notamment construit pour comprendre ces aspects mal connus de la théorie. Il produira des collisions frontales entre faisceaux de protons à très haute luminosité et à très haute énergie, l'énergie dans le système du centre de masse étant de 14 TeV. Pour étudier les résultats de ces collisions, la collaboration ATLAS a conçu un détecteur de 44 m de longueur et 30 m de hauteur dans lequel le calorimètre électromagnétique à argon liquide constitue un élément clef pour la découverte du boson de Higgs et de la Nouvelle Physique.

Le LAPP, membre de la collaboration ATLAS, a joué et joue un rôle important dans la conception, la construction, les tests, l'assemblage et la mise en route de ce calorimètre.

La phase de construction de l'accélérateur et du détecteur ATLAS est maintenant terminée. Une fois assemblé et installé dans la zone expérimentale, l'appareillage a été (et est encore) testé de façon préliminaire avec des rayons cosmiques. En septembre 2008, les premiers faisceaux de protons ont circulé dans le tube à vide de l'accélérateur. Peu après, un incident a arrêté le collisionneur. Le premier run de physique devrait durer un an entre la fin de 2009 et la fin de 2010. La luminosité

Points forts

- Calorimétrie électromagnétique.
- Mesure des sections efficaces des bosons Z et W.
- Recherche du boson de Higgs se désintégrant en une paire de photons.

intégrée attendue est 200 pb^{-1} . Le groupe du LAPP, avec la collaboration ATLAS, se prépare à assurer le fonctionnement du détecteur et à faire l'analyse des données.

La collaboration

La collaboration ATLAS comprend 169 laboratoires répartis dans 37 pays, 7 laboratoires français en font partie. Le LAPP collabore notamment avec les laboratoires français et étrangers ayant participé à la construction du calorimètre électromagnétique et en particulier le LPSC (Grenoble), le CPPM (Marseille), le LAL (Orsay), le LPNHE (Paris), l'IRFU (Saclay), l'Université de Genève, le Max Planck Institute de Munich, le Brookhaven National Laboratory (BNL), le CERN et le département de physique de Milan.

Activités de construction du groupe du LAPP

Pour la préparation des expériences LHC, le LAPP a participé au programme de R&D RD3 qui a débuté en 1991. Ce programme avait pour but de démontrer la possibilité de construire un calorimètre électromagnétique à échantillonnage plomb-argon liquide avec une géométrie

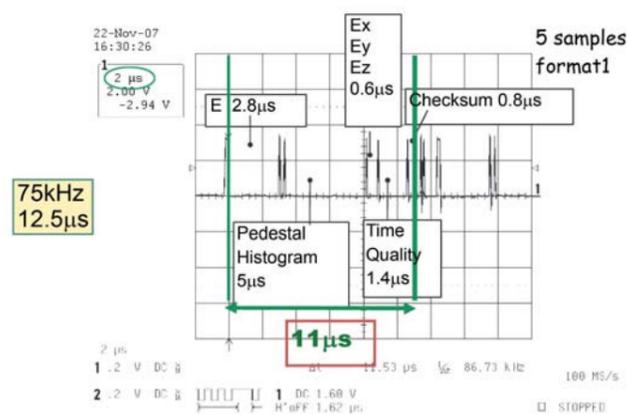


Figure 1 : Temps de calcul dans le DSP pour les étapes successives de reconstruction de l'énergie, du temps et du facteur de qualité ainsi que pour le suivi online (histogrammes de monitoring). Le temps disponible entre deux événements est au maximum de 12 µs.

« accordéon » pour les absorbeurs et les électrodes, en satisfaisant les contraintes du LHC (granularité, rapidité, tenue aux radiations,...). Cette période de R&D a duré jusqu'en 1998 et a montré la faisabilité du projet. La période de construction a duré de 1999 à 2003.

En ce qui concerne la mécanique, le groupe a participé à la construction et à l'assemblage du calorimètre électromagnétique central à argon liquide de l'expérience ATLAS avec une géométrie accordéon. Le LAPP a notamment construit les arceaux extérieurs en inox et les arceaux intérieurs en fibre composite supportant le calorimètre. Environ 40 % des électrodes ont été pliées au LAPP avec une machine développée au laboratoire. Enfin, un tiers des modules ont été assemblés, câblés et testés à l'argon liquide au laboratoire.

Le groupe a participé ensuite à l'assemblage des deux roues du calorimètre et au test au froid du calorimètre central complet dans le hall 180 au CERN. Le calorimètre a été transporté vers la zone expérimentale d'ATLAS et descendu au fond du puits ATLAS en octobre 2004.

En ce qui concerne l'électronique de lecture du calorimètre, le laboratoire a participé à la construction d'une partie de cette électronique : les cartes calibration situées près du détecteur et devant donc supporter un haut taux de radiations, et les cartes à base de DSPs montées sur les cartes ROD de pré-traitement du signal.

Pendant cette période de construction, une intense activité de calibration des modules avec des faisceaux d'électrons a eu lieu. Plusieurs

modules prototypes et 7 modules de série sur les 48 du calorimètre ont été testés en faisceau. En 2004 a eu lieu un test combiné d'une tranche centrale complète du détecteur ATLAS comprenant des modules de réserve de tous les sous-détecteurs d'ATLAS : détecteur de traces, calorimètres électromagnétique et hadronique, chambre à dérive du spectromètre de muons.

Le LAPP est responsable du software ONLINE pour le calorimètre à argon liquide : ceci concerne la configuration de toute l'électronique, le calcul online de l'énergie (Figure 1). Le LAPP a mis en place la procédure automatique de calcul des constantes de calibration. Le LAPP a aussi développé les programmes de reconstruction des amas d'énergie dans le calorimètre.

En 2005 et 2006, le calorimètre a été intégré dans le détecteur ATLAS et a été ensuite mis en route. Actuellement, en attendant les premières données de collision, la prise de données de rayons cosmiques traversant le détecteur permet d'affiner les premiers réglages du calorimètre : mise en temps, égalisation des gains, alignement.

Programme actuel de travail

Commissioning

Début 2006, ont débuté les tests in situ du calorimètre. Le calorimètre à argon liquide dans son ensemble (tonneau et bouchons électromagnétiques, bouchons hadroniques et calorimètres avant) a été entièrement testé avec des signaux de calibration, puis, pour les modules suffisamment exposés, avec le signal de muons cosmiques.

L'équipe du LAPP est impliquée dans ce processus, depuis l'installation de l'électronique de lecture et son intégration dans le système d'acquisition de données, la calibration, jusqu'à l'analyse des données cosmiques incluse.

Les résultats obtenus sur l'analyse des données cosmiques ont permis de mesurer l'uniformité de la réponse de la partie tonneau à une précision de 2 % (2006-2007) et ensuite (depuis 2008) d'étudier les imperfections d'alignement (translations, rotations et déformations) du calorimètre électromagnétique (Figure 2).

Grille pour ATLAS

L'équipe *offline* LAPP-ATLAS s'est impliquée dans les activités ATLAS-Grille à partir de 2005. Un ingénieur a produit et utilisé des outils à base de commandes Grille pour transférer les données du run combiné de 2004 au CC-IN2P3.

Cette activité a permis aux membres du groupe impliqués dans le projet Grille de se familiariser avec l'utilisation d'un outil plus générique pour les transferts des données ATLAS au CERN et de développer les premiers outils de monitoring de la répartition des données. Ces développements ont permis que les sites français soient les premiers à faire une utilisation efficace de cet outil.

Depuis 2007, un membre du groupe est responsable du "Distributed Data Management" d'ATLAS. Plusieurs sites étrangers (japonais, chinois et roumains) étant liés aux sites français, une collaboration de tous les jours s'est nouée avec ces sites avec notamment le séjour au LAPP d'un physicien japonais en 2008/2009.

Naturellement, le groupe a été moteur pour la mise en place d'un site Grille au LAPP (MUST). ATLAS est le premier utilisateur de cette infrastructure pour faire de la simulation d'événements de collision proton-proton et commence à l'utiliser pour l'analyse des données actuelles : rayons cosmiques et données simulées dans ATLAS.

Faire que l'analyse massive des données ATLAS puisse fonctionner au LAPP et en France est le défi de 2009 : deux ingénieurs étudient les performances d'accès aux données réduites

par des programmes d'analyse d'utilisateurs finals et un autre ingénieur coordonne, au niveau français, l'étude des performances des sites français pour des outils de traitement de données non réduites. Tout cela s'appuie sur les compétences des administrateurs locaux du site Grille et a pour but que les physiciens du LAPP aient un accès rapide et transparent aux données.

Interlock LHC-ATLAS

La quantité d'énergie stockée dans le LHC atteindra un niveau sans précédent : 350 MJ dans chaque faisceau de 7 TeV. En plus des systèmes de protection des expériences comme les absorbeurs et les collimateurs, les faisceaux doivent pouvoir être extraits de l'anneau pour être envoyés sur un dispositif spécifique d'arrêt capable d'absorber leur énergie ("beam dump"= bloc graphite-béton). Pour un fonctionnement sécurisé du LHC, il est donc nécessaire de mettre en œuvre un système d'interlock de faisceau.

Le groupe ATLAS-LAPP a pris en charge la mise en œuvre de ce système en développant un système compactRIO qui permet de concilier souplesse et robustesse grâce à l'utilisation de circuits logiques programmables (FPGA). Ce système prend en compte les données provenant des sous-détecteurs d'ATLAS les plus proches du faisceau.

Programme de simulation rapide ATLFAST

Des membres du groupe participent au développement du programme de simulation rapide ATLFAST. Ce programme est nécessaire pour générer les événements de bruit de fond à grande section efficace (bruit de fond QCD par exemple).

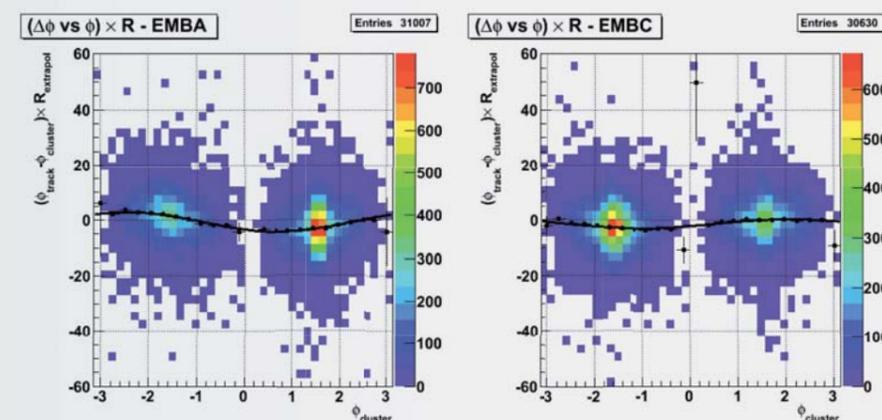


Figure 2 : L'imperfection d'alignement du détecteur électromagnétique tonneau crée une dépendance sinusoidale sur la différence de position en phi entre les traces du trajectomètre et les amas calorimétriques. L'amplitude de cette sinusoïde est proportionnelle à la différence d'alignement.

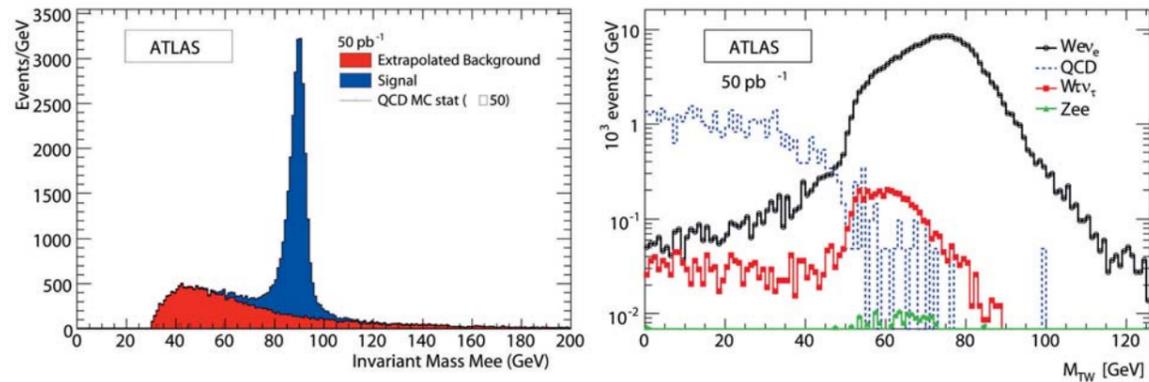


Figure 3 : La figure de gauche montre la masse invariante e^+e^- et la figure de droite la masse transverse électron-neutrino.

Analyse de physique

Pour la préparation de l'analyse, le groupe a choisi différents sujets couvrant un vaste spectre de la physique au LHC, en allant du Modèle Standard à des modèles exotiques d'extra-dimensions ou de technicouleur, sans oublier la recherche du boson de Higgs et des particules supersymétriques.

Modèle Standard

La mesure des sections efficaces de production des Z et W fera l'objet des premières études au LHC. En effet, après la première année de fonctionnement à 10 TeV, on s'attend à avoir enregistré plus de 70 000 $Z \rightarrow e^+e^-$ et plus de 600 000 $W \rightarrow e \nu$ exploitables.

Grâce à la contrainte de la masse du Z, mesurée avec une précision de 10^{-5} au collisionneur LEP, l'exploitation de la production des bosons Z va permettre de contrôler l'étalonnage et l'uniformité en énergie du détecteur ATLAS et de mesurer l'efficacité d'identification des leptons. Le groupe s'est naturellement investi dans l'étude

des désintégrations électroniques, soit $Z \rightarrow e^+e^-$ ou $W^+ (W^-) \rightarrow e^+(e^-)\nu_e$ et s'est concentré sur la toute première phase des prises de données en privilégiant une sélection robuste et rapide des événements.

Le détail de ces analyses apparaît dans la Publication 5, et la Figure 3 qui en est extraite met en évidence le signal du Z (masse invariante e^+e^-) et du W (masse transverse électron-neutrino) avec une luminosité intégrée de 50 pb^{-1} .

La production de paires e^+e^- par le processus Drell-Yan est intéressante car elle constitue le bruit de fond irréductible pour la recherche de Nouvelle Physique donnant des paires e^+e^- de haute masse. Elle permet aussi de contraindre les fonctions de distribution des partons (PDF). En particulier une étude extensive de la composition du bruit de fond QCD a été effectuée. Actuellement le rapport signal sur bruit de fond est de l'ordre de 2 (Publication 5) pour des électrons d'impulsion transverse supérieure à 10 GeV. Des études continuent pour améliorer ce rapport.

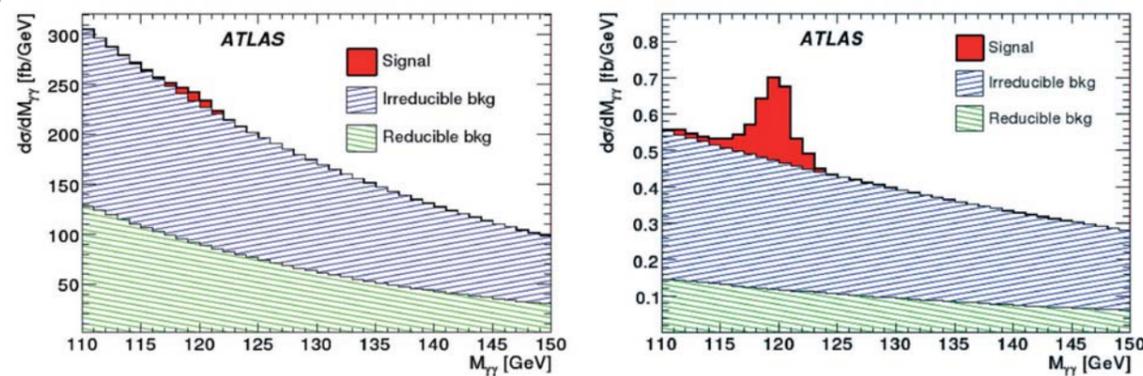


Figure 4 : Distribution de la masse invariante de paires $\gamma\gamma$ après sélection pour des échantillons simulés de signal et bruit de fond (de haut en bas : signal, bruit de fond irréductible et réductible). La figure de gauche montre tous les événements ; celle de droite montre les événements avec deux jets associés dans la configuration attendue pour la production de Higgs par fusion de bosons de jauge intermédiaires.

Boson de Higgs

L'un des objectifs principaux du LHC est la recherche du boson de Higgs, la seule particule prédite par le Modèle Standard qui n'a pas encore été observée. Le groupe du LAPP s'est orienté vers le canal de désintégration $H \rightarrow \gamma\gamma$. Ce canal bénéficie de bruits de fond a priori bien compris et sera l'un des principaux canaux de découverte pour un Higgs léger ($110 < m_H < 140 \text{ GeV}$). Du fait de son faible rapport de branchement (0,2 %), les premiers résultats nécessitent une luminosité intégrée de l'ordre de 10 fb^{-1} , correspondant à une année de prise de données à la luminosité nominale du LHC ($10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

Les activités au LAPP s'orientent autour de deux axes majeurs. Le premier axe concerne la reconstruction des photons avec l'optimisation des algorithmes de reconstruction des photons convertis, puisque 57 % des événements ont au moins une conversion dans le détecteur interne (Figure 4). Ce travail sur des données simulées apparaît dans la Publication 5. Le deuxième axe concerne l'amélioration de l'extraction du signal en utilisant des outils statistiques. Il a été montré (Publication 5) que la sensibilité de l'analyse peut être augmentée de manière significative, par exemple par l'inclusion de variables cinématiques supplémentaires (angle de désintégration de la paire $\gamma\gamma$, impulsion transverse), ou en séparant les productions associées à un ou plusieurs jets qui bénéficient de rapports signal/bruit plus favorables (Figure 5).

Supersymétrie

Les modèles supersymétriques forment un cadre privilégié pour l'étude de la Nouvelle Physique. Les cas les plus étudiés pour les expériences LHC font intervenir des signatures dileptoniques et d'énergie manquante. En modifiant légèrement les paramètres de ces modèles, un travail de thèse développé au LAPP a montré que la disparition de ces signatures dileptoniques pouvait ouvrir de nouveaux canaux de production du Higgs. Ces canaux, grâce à la coupure en énergie manquante, ont un potentiel de découverte comparable ou supérieur aux productions standard pour des désintégrations du Higgs en quark antiquark b (Figure 6) ou en deux photons.

Dans le cas où des observations seraient en accord avec un modèle supersymétrique, l'étape suivante sera d'interpréter ces résultats et de reconstruire les paramètres de la théorie sous-jacente sans faire d'hypothèses sur leur comportement à grande échelle d'énergie. L'équipe SFitter, dont fait partie un des membres du groupe, développe un programme d'ajustement adapté aux grands nombres de paramètres, grâce notamment à l'utilisation de chaînes de Markov (Figure 7).

Technicouleur

Les modèles de Technicouleur présentent une hypothèse alternative de brisure de la symétrie électrofaible ; dans ces théories un nouveau type d'interaction forte, basée sur la QCD, remplace le mécanisme de Brout-Englert-Higgs et entraîne également l'apparition de nouveaux états liés. Le groupe ATLAS du LAPP s'intéresse à certains modèles où la constante de couplage des nouvelles interactions évolue lentement avec l'énergie (Walking Technicolor). Certaines des résonances prévues par ces modèles pourraient se situer à masse relativement faible (vers 300 GeV) et seraient détectables par le LHC dans des canaux de désintégration en paires de bosons électrofaibles telles que $W \gamma$ et $Z \gamma$.

Modèle des dimensions supplémentaires universelles

Dans ce modèle, les particules du Modèle Standard sont confinées dans une « brane » à $4 + \delta$ dimensions et sont décrites dans l'espace habituel par des tours d'états excités de Kaluza Klein (KK) repérés par le nombre quantique de KK, n . En raison de la conservation de ce dernier, leur production au LHC se ferait par paire et s'accompagnerait d'une cascade de désintégrations vers l'état KK le

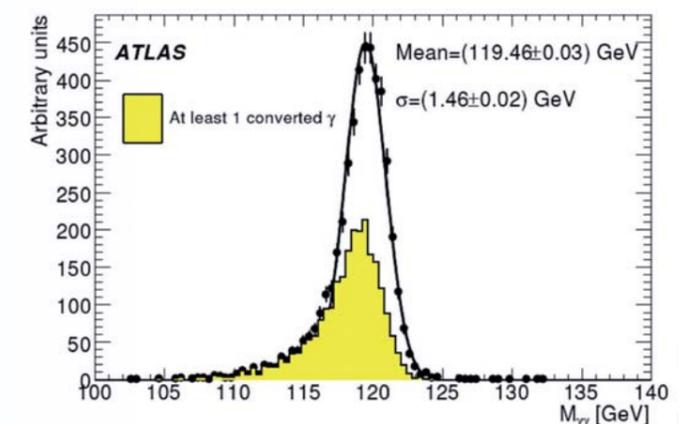


Figure 5 : Distribution de la masse invariante de paires $\gamma\gamma$ après sélection dans des événements $H \rightarrow \gamma\gamma$ simulés. La courbe montre tous les événements, et l'histogramme jaune les événements où au moins un des photons est converti.

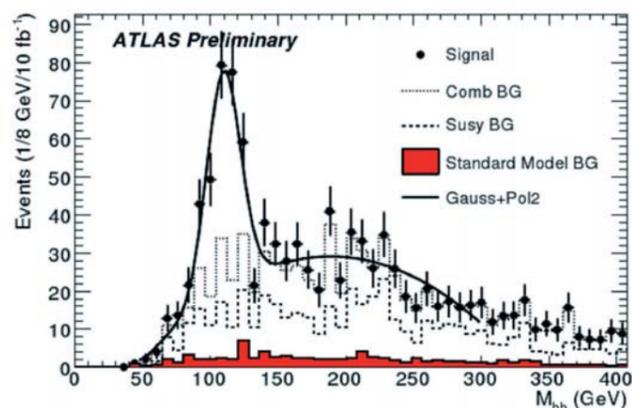


Figure 6 : Masse invariante quark antiquark b , dans le cas d'une production de Higgs dans les cascades de désintégration de particules supersymétriques dans ATLAS. Le pic du Higgs est clairement visible au dessus du bruit de fond avec une signification statistique supérieure à 10 pour 10 fb^{-1} .

plus léger qui est celui du photon. La « brane » est plongée dans un espace à $4 + N$ dimensions dans lequel seuls les gravitons se propagent. L'échelle de compactification des dimensions supplémentaires dans lesquelles les champs du Modèle Standard se propagent est $R < \text{TeV}^{-1}$, alors que celle des dimensions supplémentaires selon lesquelles les gravitons se propagent est $r < \text{eV}^{-1}$.

Le scénario auquel nous nous sommes intéressés dans la version minimale de ce modèle ($\delta = 1$ et $N > 2$) est celui dans lequel un état KK du photon se désintègre par médiation gravitationnelle. Aussi, la double production au LHC d'états KK sera signée par de l'énergie manquante et la présence de deux photons très énergétiques. La partie génération de ces processus a été codée et implémentée dans la version officielle de Pythia.

Plan pour 2010-2014

Analyse

Les années 2010-2014 seront cruciales pour la réussite du vaste programme de physique d'ATLAS. Pendant ces années le groupe prévoit de poursuivre son engagement dans les mesures de performance du détecteur, en étudiant en particulier la réponse aux électrons et aux photons et la reconstruction de l'énergie manquante. Les thèmes de recherche qui seront poursuivis en 2010-2014 sont : les mesures des

sections efficaces des bosons W et Z, la recherche du boson de Higgs se désintégrant en paires de photons et la recherche de Nouvelle Physique. Puisque le premier sujet constitue une étape nécessaire pour les autres sujets, pendant les premières années de la prise de données, le groupe s'engagera en priorité sur les mesures concernant les Z et W avec l'ambition de contribuer aux premières publications, mais sans oublier la préparation à la recherche sur le Higgs qui demandera sans doute un effort parallèle. On prévoit une montée en puissance de l'activité sur la recherche du Higgs à l'horizon 2011. De nombreux modèles avec des scénarios

différents existent pour prédire la physique au-delà du Modèle Standard : Supersymétrie, Technicouleur, dimensions supplémentaires, modèles de Grande Unification... Certains de ces modèles pourraient produire des signatures spectaculaires dès les premières années. Par conséquent il est important de s'engager dès le début sur ces thèmes. Cependant, l'obtention de résultats solides dans les domaines cités de Nouvelle Physique nécessite la compréhension de la reconstruction des jets, de l'énergie manquante et des électrons et des photons de haute énergie. Par conséquent, la première étape que les personnes engagées dans la recherche de la Nouvelle Physique se proposent d'accomplir pendant les premières années de prise de données est de bien comprendre et de maîtriser la réponse des détecteurs.

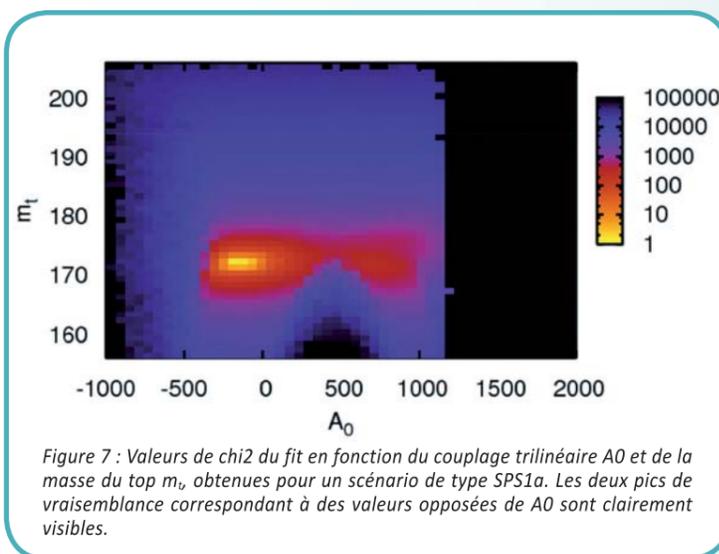


Figure 7 : Valeurs de χ^2 du fit en fonction du couplage trilinéaire A_0 et de la masse du top m_t , obtenues pour un scénario de type SPS1a. Les deux pics de vraisemblance correspondant à des valeurs opposées de A_0 sont clairement visibles.

Activités LAr en 2010-2014

Après avoir construit un tiers du calorimètre électromagnétique tonneau d'ATLAS (2000-2004), l'avoir installé et mis en route dans le puits ATLAS (2004-2006) puis avoir participé aux premières prises de données et analyses de muons cosmiques (2006-2009), le groupe ATLAS-LAPP est prêt pour exploiter les premières données. Il est en charge du software ONLINE et du bon fonctionnement de l'électronique de lecture hors détecteur (Back-End) et il continuera à assumer cette responsabilité tout au long de l'expérience. Un des points cruciaux est le calcul de l'énergie dans les processeurs DSP des RODs : les outils de monitoring actuellement développés seront maintenus et renforcés en exploitant les données de collisions.

Modifications du détecteur ATLAS pour le super-LHC

Le LHC a un programme d'augmentation de la luminosité d'un facteur 10 après quelques années d'exploitation à la luminosité nominale. Il est nécessaire de démarrer dès maintenant les R&D pour ce nouveau mode de fonctionnement. En particulier, le détecteur interne et l'électronique de lecture du calorimètre doivent être changés. Le groupe ATLAS-LAPP participe aux R&D concernant ces deux sujets et participera à la construction de ces nouveaux détecteurs.

Calorimétrie à argon liquide :

A la différence du Front End (FE) actuel qui stocke les données sous forme analogique à 40 MHz en attente de la décision du déclenchement de niveau 1, le futur système transfèrera les données numérisées à 40 MHz à l'électronique Back End (BE). Pour s'adapter à cette nouvelle architecture il faudra remplacer l'actuel système des RODs. La fonction du BE sera alors double :

- Reconstruire l'énergie, le temps, le facteur de qualité de chaque cellule.
- Pré-traiter les données pour la mesure de l'énergie dans les tours de déclenchement.

L'équipe *online* ATLAS-LAPP a signé une lettre d'intention, présentée et acceptée au CS/CL du LAPP en décembre 2006 et juillet 2007, pour contribuer à l'évaluation de cette chaîne de lecture et techniquement à la conception et réalisation du BE. Plusieurs aspects devront être abordés pour mener cette étude à terme :

- Etudes de déclenchement dans les conditions du sLHC (réjection du bruit de fond des jets QCD, mesure de l'énergie manquante) ; des études à partir d'événements Monte Carlo sont nécessaires.

- Evaluation du nouveau protocole ATCA, en particulier la possibilité d'interconnexion des cartes, a priori bien adapté au pre-processing des données pour la fabrication des tours de déclenchement.
- Contribution au travail de réflexion sur l'architecture globale du système de lecture.
- Fabrication et tests de prototypes de nouvelles cartes RODs.

Deux étapes sont prévues pour ce travail de R&D : en 2009 évaluation du protocole ATCA et de l'architecture du Readout, en 2010 réalisation du premier prototype.

Nouveau détecteur interne :

Cet ambitieux projet nécessite la conception d'un nouveau détecteur, tant du point de vue de son architecture que du point de vue mécanique et électronique, pour faire face au défi de la nouvelle luminosité. De plus, d'autres contraintes fortes viendront du temps d'installation très réduit dépendant de l'arrêt de la machine pour son upgrade et de l'environnement radioactif limitant les temps d'accès in situ.

Dans un premier temps, le groupe participe à deux parties de ce projet : la définition et la réalisation des services et l'étude de la structure mécanique, et ensuite une contribution à la construction du détecteur. Dans un deuxième temps, il souhaite s'impliquer dans la conception de la carte de contrôle et lecture des « échelles » de détecteurs silicium et dans la conception du chip de lecture du silicium.

L'upgrade du détecteur interne aura une étape intermédiaire, le remplacement de la couche interne de pixels (appelée b-layer), prévue pour 2012-2013. Le groupe souhaite participer à cette étape dans la mesure où cette activité est pertinente pour le super-LHC.

Conclusion

Pour tenir nos engagements, assurer un impact dans l'analyse et en même temps préparer le futur, il est nécessaire que le groupe ATLAS-LAPP soit renforcé régulièrement par des postes de chercheurs permanents. À l'horizon 2014, nous espérons pouvoir compter sur deux à trois nouveaux recrutements. En même temps, le groupe aura besoin de post-docs et de doctorants. Les besoins estimés sont de recruter entre 2010 et 2014 un post-doc et deux doctorants par an. Le groupe compte aussi sur le soutien des services techniques du laboratoire.

Publications importantes

1. Construction calorimètre central électromagnétique

"Construction, assembly and tests of the ATLAS electromagnetic barrel calorimeter", NIM A 558 (2006) 388-418. B. Aubert et al.

2. Electronique

"Electronics calibration board for the ATLAS liquid argon calorimeters", NIM A 593 (2008) 269-291. J. Colas et al.

"ATLAS liquid argon calorimeter back end electronics (RODs)", JINST 2 (2007) P06002. A. Bazan et al.

3. Publications résultats faisceaux tests

"Time resolution of the ATLAS barrel liquid argon electromagnetic calorimeter", NIM A 597 (2008) 178-188. M. Aharrouche et al. (on trouve dans cette publication les références pour les autres résultats des faisceaux-tests)

4. Publication détecteur ATLAS

"The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider", JINST 3 (2008) S08003. The ATLAS Collaboration, G. Aad et al.

5. Ensemble des notes CSC

"Expected Performance of the ATLAS Experiment Detector, Trigger, Physics", Imprint 10 Sep 2008. - 1852 p. CERN-OPEN-2008-020 ; ISBN978-92-9083-321-5 ; arXiv:0901.0512v3. The ATLAS Collaboration, G. Aad et al.

Thèses

F. Tarrade, « Etalonnage du calorimètre électromagnétique tonneau. Identification des leptons taus et recherche d'un boson de Higgs dans le canal $qqH \rightarrow qq\tau\tau$ dans l'expérience ATLAS au LHC », Thèse soutenue le 18 septembre 2006.

M. Aharrouche, « Etude des performances en faisceau-test d'une tranche des calorimètres centraux d'ATLAS. Mesure de l'asymétrie avant-arrière des Z produits au LHC dans le mode de désintégration e^+e^- », Thèse soutenue le 11 décembre 2006.

M. Consonni, « Recherche du boson de Higgs dans les cascades de désintégration de particules supersymétriques avec le détecteur ATLAS au LHC », Thèse soutenue le 15 juillet 2008.

Présentations à des conférences et séminaires

2006 :

H. Przysiezniak, "Higgs searches at LHC", Moriond QCD 2006, La Thuile (Italie).

R. Lafaye, "ATLAS Barrel Calorimeters Performance in Recent Testbeams", 10th Pisa meeting on advanced detectors, La Biodola, Isola d'Elba (Italie).

P. Perrodo, "Commissioning of the ATLAS detector and combined beam test results", 10th Pisa meeting on advanced detectors, La Biodola, Isola d'Elba (Italie).

S. Laplace, "SUSY Mass Measurement in ATLAS", Physics at LHC, Cracovie (Pologne).

F. Tarrade, "Reconstruction and identification of hadronic tau-decays in ATLAS", TAU06, Pise (Italie).

S. Laplace, "H in gamma gamma in ATLAS: From Testbeams to First Data", Institut de Physique, Cracovie (Pologne).

L. Di Ciaccio, "LHC experiments are preparing for physics", GDR SUSY Dimensions Supplémentaires, LAPP, Annecy-le-Vieux (France)

2007 :

M. Aharrouche, "The ATLAS Liquid Argon Calorimeter: Construction, Integration, Commissioning and Combined Test Beam Results", VCI2007, Vienne (Autriche).

M. Aharrouche, "Forward-Backward Asymmetry in Z production at the LHC", Moriond2007, La Thuile (Italie).

M. Aharrouche, "Forward-Backward Asymmetry in Z production at the LHC", PIC2007, Annecy (France).

R. Lafaye, "SFitter: Determining SUSY Parameters", PhyStat07, CERN (Suisse).

P.-A. Delsart, "Electroweak Symmetry Breaking without Higgs Bosons at LHC", SUSY07, Karlsruhe (Allemagne).

P.-A. Delsart, "Jet Energy Scale in ATLAS", TopWorkshop 2007, Grenoble (France).

P.-A. Delsart, "Spartyjet", EuroGDR Susy2007, Bruxelles (Belgique).

2008 :

C. Goy, "Towards Precision Measurements in the Standard Model Sector in ATLAS", LHC New Physics Signatures Workshop, Ann Arbor (USA).

M. Simonyan, "The response of the ATLAS Tile Calorimeter to pions and protons in the test beam and Geant simulation", Calor08, Pavie (Italie).

T. Guillemin, "Production of W and Z in ATLAS", QCD08, Montpellier (France).

G. Perrot, "Installation and Commissioning of the ATLAS Lar Read-Out electronics", TWEPP08, Naxos (Grèce).

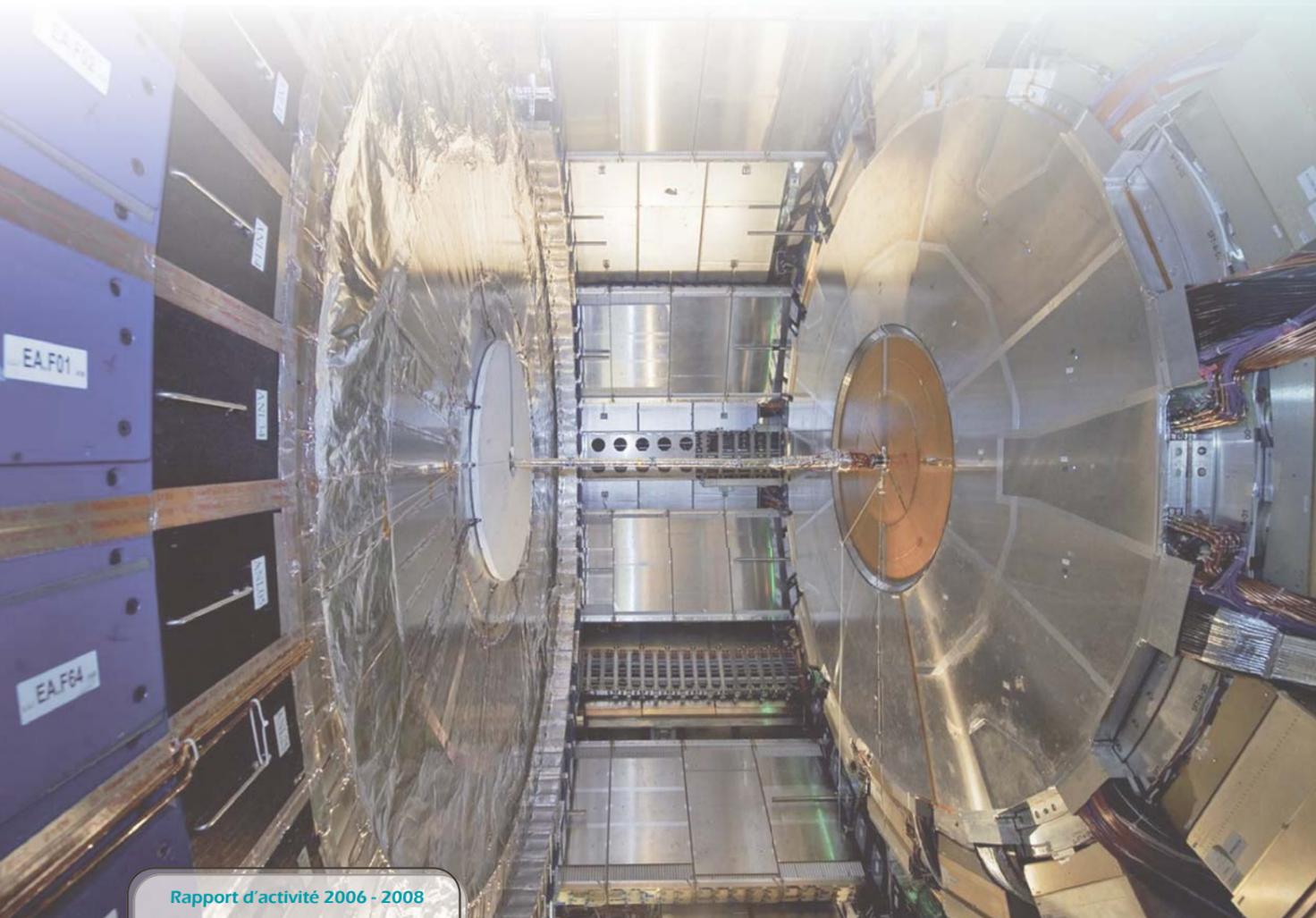
L. Di Ciaccio (on behalf of ATLAS and CMS Collaboration), "Electroweak Physics at LHC", International Conference "Physics at LHC 2008", Split (Croatie).

J.-F. Marchand, "Search for the Standard Model Higgs $\rightarrow \gamma\gamma$ decays with the ATLAS detector at the LHC", International Conference on Particle Physics In memoriam of Engin Arik and her colleagues, Bogazici University, Istanbul (Turquie).

T. Guillemin, « Mesure de la section efficace de production du boson W dans ATLAS », Journées Jeunes Chercheurs 2008, Saint-Flour (France).

O. Arnaez, « Etude de la section efficace de production du boson Z dans le canal électronique à 14 TeV dans l'expérience ATLAS », Journées Jeunes Chercheurs 2008, Saint-Flour (France).

I. Wingerter-Seez, "A few hints on calorimetry - The LAr Calorimeter", séminaire Technical University, Dresden (Allemagne).



CMS : Physique au-delà du Modèle Standard

Au cours des années 2006-2008, le groupe a contribué à l'activité de CMS (Compact Muon Solenoid) dans deux domaines. L'un concerne l'électronique, en collaboration avec le laboratoire LLR, l'autre l'étude d'un canal de physique concernant la recherche de neutrinos lourds.

Introduction

L'expérience CMS est une des expériences auprès du LHC. Elle se propose de compléter le schéma du modèle standard en éclaircissant, en particulier, l'origine de la masse des particules (boson de Higgs). Cependant le détecteur de CMS, de par sa granularité, constitue une véritable « chambre à bulles électronique » et permettra d'étudier un nombre exceptionnel de canaux de physique, concernant le Modèle Standard ou ses extensions possibles. La recherche de neutrinos lourds est un exemple de ce type de recherche.

La collaboration

La collaboration CMS comprend des équipes de 155 instituts.

Activités de recherche du groupe du LAPP

Le groupe LAPP agit en collaboration avec un groupe de l'INR-Moscou.

Projets techniques

L'électronique externe (*off-detector*) du calorimètre électromagnétique (ECAL) est composée de 108 cartes TCC (Trigger Concentrator Card) et de 48 DCC (Data Concentrator Card). Ces cartes sont connectées par des fibres optiques à l'électronique « interne » (on-detector) du détecteur montée directement sur les cristaux.

Le flux des données allant de l'électronique *On* au système d'acquisition (DAQ) est filtré par l'électronique *Off*. Le schéma du flux est représenté sur la Figure 1 : les "trigger primitives" (valeurs décrivant les caractéristiques de l'événement) sont

issues du "on-detector" et organisées par les TCC. Ces données sont traitées par le trigger (TRG) de niveau 1 pour délivrer un signal (L1A) qui conduit à la lecture des données par le DCC et leur transfert vers le niveau suivant du DAQ.

Dans le but de tester le fonctionnement de cette électronique externe, deux cartes spécifiques ont été développées au LLR : le DCC-tester et le TCC-tester. Ces deux cartes émulent les signaux électroniques du détecteur interne et permettent de vérifier le bon fonctionnement des fibres optiques et l'intégrité des données transmises. La contribution du LAPP a consisté en l'adaptation du logiciel des cartes de test et la mesure du bon fonctionnement des cartes TCC et DCC.

Analyse de physique et résultats

Le modèle à symétrie droite-gauche (LR) $SU_C(3) \otimes SU_L(2) \otimes SU_R(2) \otimes U(1)$ explique l'origine de la violation de la parité dans les interactions faibles. Il prédit l'existence de bosons de jauge additionnels : W_R et Z' . De plus, des neutrinos lourds de Majorana N_i , qui pourraient être les partenaires des neutrinos légers à travers le mécanisme de "see-saw", apparaissent naturellement dans ce modèle. Dans le but d'étudier les possibilités offertes par l'étude des N_i et du W_R , auprès de CMS, nous avons simulé

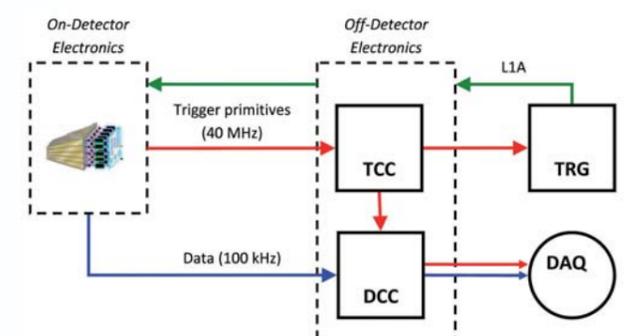


Figure 1 : Schéma simplifié du système de lecture du ECAL.

L'équipe du LAPP

Physiciens : R. Barate, N. Berger, T. Berger-Hryn'ova, L. Di Ciaccio, C. Goy, S. Jézéquel, R. Lafaye, S. Laplace, H. Przysiezniak-Frey, G. Sauvage, T. Todorov, I. Wingerter-Seez

Doctorants : O. Arnaez, M. Arousseau, K.-O. Thi Doan, T. Guillemin, L. Hélyary, J.-F. Marchand

Post-docs : P.A. Delsart, P. Iengo, I. Koletsou, J. Morel, M. Simonyan

Visiteurs : K. Benslama, M. El Kacimi, A. Kaczmarzka, N. Kerschen, T. Kondo, S. Paganis, J. Tojo, I. Ueda, E. Was

Equipe Technique : J. Ballansat, A. Bazan, F. Bellachia, P. Delebecque, N. Dumont-Dayot, S. Elles, L. Fournier, N. Massol, G. Perrot, J. Prast, T. Rambure, T. Yildizkaya

Responsabilités du groupe

Responsabilités opérationnelles :

Responsable on-line du "Monitoring des digits du calorimètre Lar" : N. Berger (depuis janv. 2007).

"egamma representative in the ATLAS Trigger Menu Coordination" (depuis janv. 2008) et **"egamma software documentation contact person"** (depuis mai 2008) : T. H'rynova-Berger.

Co-responsable du "code eventview pour le higgs" : S. Laplace (2007).

Responsable "analyse cosmiques" et "data quality Larg" : R. Lafaye (2007).

Responsable de l'installation du "Back-End" et du système TTC pour le calorimètre à argon liquide : G. Perrot.

Responsable du software "LArgOnline" : F. Bellachia.

Responsable du code de reconstruction en temps réel : A. Bazan.

Responsabilités institutionnelles :

Coordinateur de l'électronique "back-end" : J. Colas (de 2005 à 2007).

Co-coordinatrice du run combiné : I. Wingerter-Seez (2006 et 2007).

"EDM Lar representative" et coordinatrice du "calo software" : S. Laplace (de 2005 à 2008).

"Project leader" du groupe Argon liquide d'ATLAS : I. Wingerter-Seez (depuis mars 2008).

Co-coordinatrice du groupe Modèle Standard d'ATLAS : L. Di Ciaccio (depuis oct. 2007).

Coordinateur du "Distributed Data Management Operation d'ATLAS" : S. Jézéquel (depuis janv. 2008).

Coordinateur du groupe de travail "services pour le détecteur interne sLHC" : N. Massol (depuis 2008).

L. di Ciaccio, J. Prast, H. Przysiezniak et G. Sauvage ont été co-éditeurs d'au moins une des 5 références citées.

des événements pour différentes hypothèses de masses des neutrinos et du W_R .

Par ailleurs, les événements de bruit de fond (ttbar, Z+jets, W+jets, γ +jets, QCD, WW+jets, WZ+jets) ont été générés sur la base de CMS CSA07 (Computing, Software, and Analysis challenge).

Les études montrent que les signaux de N_i et de W_R dans les collisions pp au LHC peuvent être identifiés sur un bruit de fond qui reste faible pour la luminosité intégrée de $L = 30 \text{ fb}^{-1}$. Ces estimations ont été faites pour un signal à 5σ du W_R et du neutrino lourd, dans des hypothèses de masses jusqu'à 4 TeV et 2,4 TeV respectivement. Dans le cas particulier de masses de 2 TeV et 500 GeV respectivement, le résultat serait acquis après un seul mois d'opération de LHC.

Cette analyse a été approuvée par la collaboration CMS le 22 octobre 2008. Une note d'analyse (CMS AN 2008/072) a été rédigée.

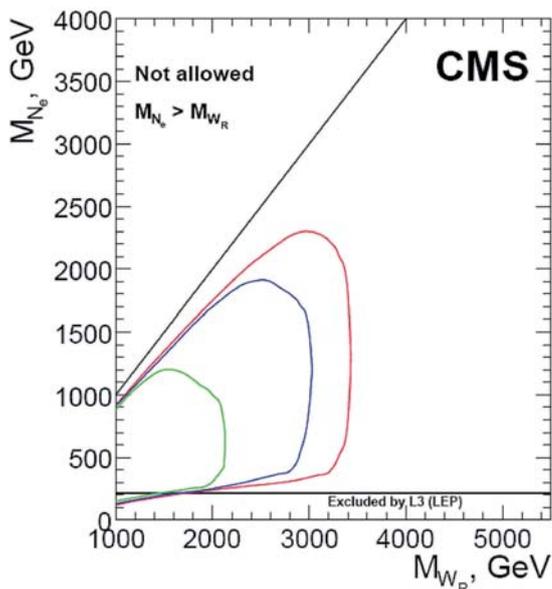


Figure 3 : Potentiel de découverte de N_i and W_R pour différentes valeurs de la luminosité intégrée (1 mois, 1 année, 3 années de fonctionnement du LHC).

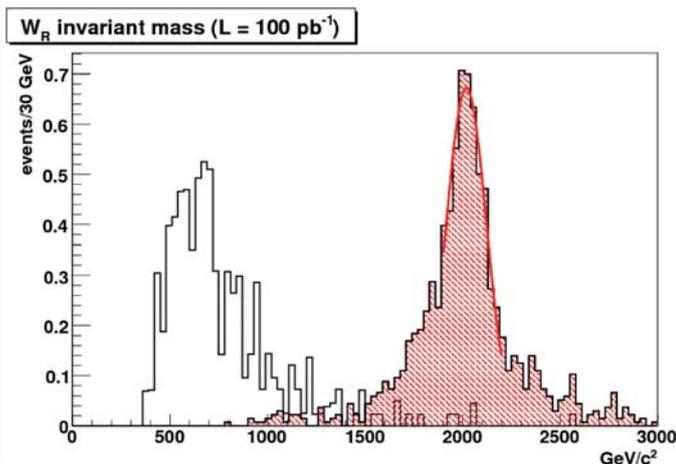


Figure 2 : Distribution de masse invariante du W_R . Aire hachurée : ($M_{W_R} = 2 \text{ TeV}$, $M_{N_i} = 500 \text{ GeV}$), aire non hachurée : bruit de fond.

Plan pour 2010-2014

Le groupe, au-delà de 2010 (fin de la thèse d' A. Karneyeu), cessera d'exister, faute de membres.

Publications importantes

1. "The CMS experiment at the CERN LHC", S. Chatrchyan et al, Journal of Instrumentation 3 (2008) S08004.
2. "Intercalibration of the barrel electromagnetic calorimeter of the CMS experiment at start-up", P. Adzic et al, Journal of Instrumentation 3 (2008) P10007.
3. "Energy resolution of the barrel of the CMS electro-magnetic calorimeter", P. Adzic et al, Journal of Instrumentation 2 (2007) P04004.
4. "CMS Physics Technical Design Report, Volume II: physics performance", G.-L. Bayatian et al, Journal of Physics G 34 (2007) 995-1579.

L'équipe du LAPP

Physiciens : P. Nédélec, D. Sillou

Doctorant : A. Karneyeu