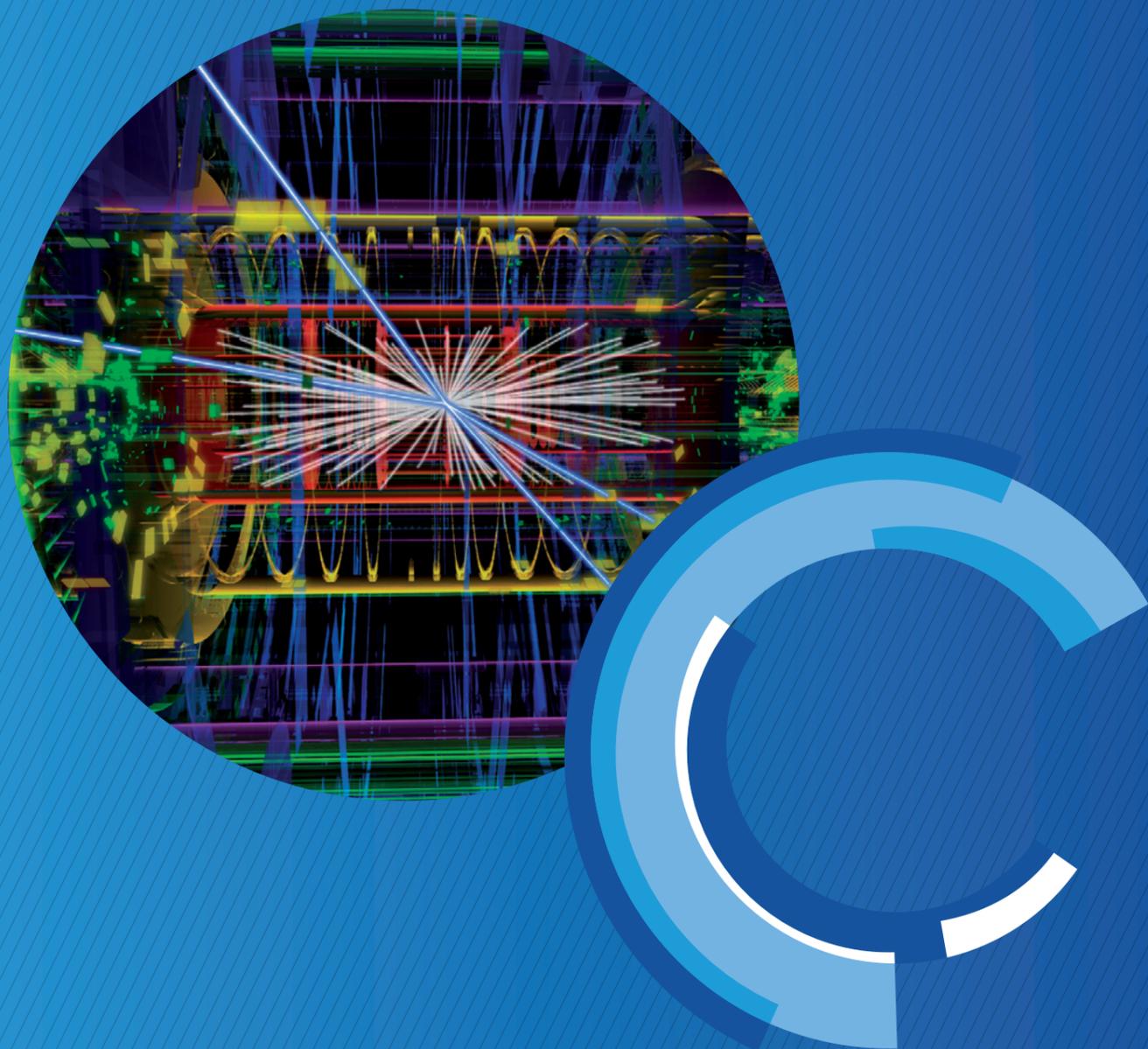


ATLAS : LA ROUTE VERS LE BOSON DE HIGGS



L'annonce, en juillet 2012, par les collaborations ATLAS et CMS, de la découverte du boson de Higgs, ingrédient fondamental du Modèle Standard introduit dans les années 1960, a couronné vingt années de travail dans lequel le groupe ATLAS du LAPP a eu une part active. Avant 2009, il a contribué aux phases de R&D et à la construction du détecteur ATLAS. Pour la période 2009-2012, il a participé au suivi opérationnel et à l'analyse des données. Travaillant sur le calorimètre électromagnétique à argon liquide, le groupe a été au cœur de la préparation et de l'analyse du canal de désintégration du Higgs en deux photons. Ce dernier a été un des canaux majeurs dans cette découverte. Le groupe a aussi contribué à la mesure des paramètres du Modèle Standard à l'énergie du LHC et à la recherche de Nouvelle Physique. Enfin, il a travaillé sur les prochaines améliorations du détecteur qui sont nécessaires dans les conditions des prochaines prises de données.

INTRODUCTION

Le Modèle Standard n'a jusqu'à maintenant pas été mis en défaut, aussi bien par les mesures faites à très basse énergie qu'auprès de collisionneurs de haute énergie. Le premier objectif du collisionneur LHC (Large Hadron Collider) était de mettre en évidence le boson de Higgs qui est un composant clé de ce modèle car donnant une masse aux bosons W et Z. En juillet 2012, les expériences ATLAS et CMS ont annoncé sa découverte (figure 1).

L'ÉQUIPE DU LAPP

PHYSICIENS

N. Berger, T. Berger-Hryn'ova, M. Delmastro, **L. Di Ciaccio**, C. Goy, S. Jézéquel, R. Lafaye, S. Laplace, J. Lévêque, H. Przysiezniak, G. Sauvage, E. Sauvan, T. Todorov, I. Wingerter-Seez

POST-DOCS

P. Iengo, M. Kataoka, I. Koletsou, V. Lombardo, E. Petit, O. Simard

DOCTORANTS

L. Aperio-Bella, O. Arnaez, M. Aurousseau, Z. Barnovska, T. Guillemin, L. Hélyary, H. Keoshkerian, J.-F. Marchand, M. Schwoerer, K. Oanh Thi Doan

STAGIAIRES ET VISITEURS

M. El-Kacimi, M. Lefebvre, S. Paganis, E. Richter-Was, S. Startz, I. Ueda, M. Wielers

EQUIPE TECHNIQUE

G. Balik, J. Ballansat, P. Baudin, A. Bazan, F. Bellachia, C. Bombar, M. Cailles, S. Cap, P.-Y. David, P. Delebecque, N. Dumont-Dayot, S. Elles, L. Fournier, R. Gaglione, N. Geffroy, N. Letendre, N. Massol, G. Perrot, J. Prast, T. Rambure, T. Yildizkaya

Dorénavant, les analyses faites par les deux expériences cherchent à mesurer les paramètres de ce boson. Elles font aussi la mesure des paramètres des autres particules du Modèle Standard (W, Z, ...) ainsi que la recherche de nouveaux phénomènes au-delà du Modèle Standard.

Pour mettre en évidence ces processus rares, le LHC produit des croisements de paquets de protons toutes les 50 ns à très haute énergie (7 et 8 TeV dans le centre de masse en 2011 et 2012) et à haute luminosité (quelques 10^{33} Hz/cm²). La luminosité totale accumulée par l'expérience entre 2010 et 2012 est de 25 fb⁻¹. Le nombre de collisions enregistrées est de quelques 10^{12} . Ce lot contient $\sim 10^9$ bosons W, 10^8 Z et 10^5 Higgs.

Ayant acquis une forte expertise en mécanique et en électronique lors de la conception, de la construction et de l'installation du calorimètre électromagnétique à argon liquide d'ATLAS (1995-2005), le groupe du LAPP a participé à sa mise en route et à la validation de son bon fonctionnement jusqu'à l'optimisation de la reconstruction des électrons et des photons.

En parallèle de l'opération du détecteur, le groupe a contribué aux mesures de physique telles que la mesure de précision des taux de production de bosons W et Z, la découverte du boson de Higgs et la recherche de nouvelles particules au-delà du Modèle Standard.

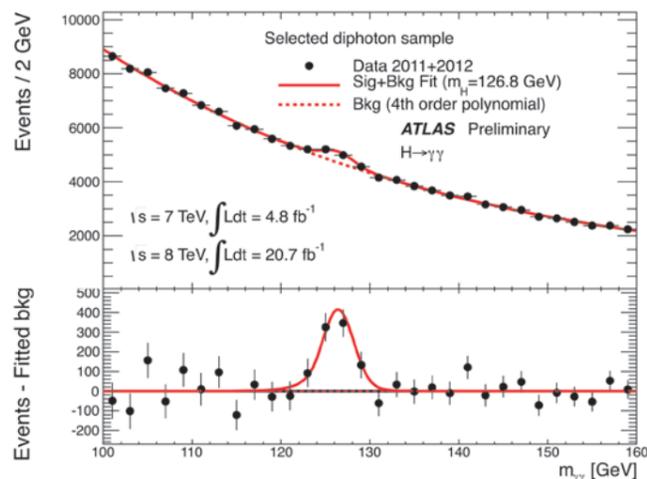


FIGURE 1

Distribution de la masse invariante $\gamma\gamma$ avant (haut) et après (bas) soustraction du bruit de fond. Le pic correspond au signal du boson de Higgs avec l'ensemble des données 2011 et 2012.

Le groupe a également travaillé sur les programmes d'upgrades du détecteur ATLAS qui s'échelonnent sur les dix prochaines années. Il participe à l'amélioration de l'électronique du calorimètre (2018) pour garder un taux de déclenchement constant malgré la montée en luminosité du LHC. Le groupe a aussi démarré une activité dans le domaine des détecteurs de traces. Dans un premier temps, il a pris la responsabilité des structures de support et de refroidissement des modules du détecteur pixel IBL (Insertable B-Layer) qui sera installé en 2014. Enfin, une géométrie innovante du détecteur pixel est en cours d'étude et de prototypage, en vue du renouvellement du détecteur de traces dans les années 2020.

COLLABORATION

La collaboration ATLAS est riche de 3 000 physiciens (dont 1 000 étudiants) issus de 174 laboratoires et universités répartis dans 38 pays sur les cinq continents. Parmi ces laboratoires, six sont français (CPPM (Marseille), IRFU (Saclay), LAL (Orsay), LPC (Clermont-Ferrand), LPNHE (Paris), LPSC (Grenoble)) en plus du LAPP. A travers ses diverses activités, le LAPP collabore avec des laboratoires étrangers dont le CERN, le Brookhaven National Laboratory (USA), les universités de Genève (Suisse), de Cracovie (Pologne), de Victoria (Canada), de Tokyo (Japon) et de Wuppertal (Allemagne).

ACTIVITÉS DE RECHERCHE DU GROUPE DU LAPP

Pour avoir rapidement la meilleure précision sur les résultats de physique, il est important d'avoir un détecteur aussi performant et précis que possible. L'optimisation de l'infrastructure de calcul permet de garder une chaîne d'analyse réactive malgré la grande quantité de données à traiter. Cet ensemble a permis de présenter la découverte du boson de Higgs en juillet 2012 alors que le dernier run avait été enregistré quelques semaines auparavant. Le groupe du LAPP a contribué à ces différentes activités.

Opération du calorimètre électromagnétique et d'ATLAS

La construction et l'installation du calorimètre électromagnétique à argon liquide (LAr) s'étant terminées en 2005, l'équipe s'est ensuite concentrée sur la partie électronique du détecteur. L'équipe a conçu, produit, installé puis mis en route la partie de l'électronique digitale de lecture du calorimètre installée dans la salle de comptage (en collaboration principalement avec l'équipe de l'Université de Genève). L'équipe a, d'autre part, en collaboration avec le LAL-Orsay, conçu la partie digitale de la carte d'étalonnage électronique puis testé la moitié des 120 cartes. Cette électronique est installée depuis 2006 et opérationnelle depuis 2008. L'équipe est aussi responsable du logiciel online pour le calorimètre à argon liquide

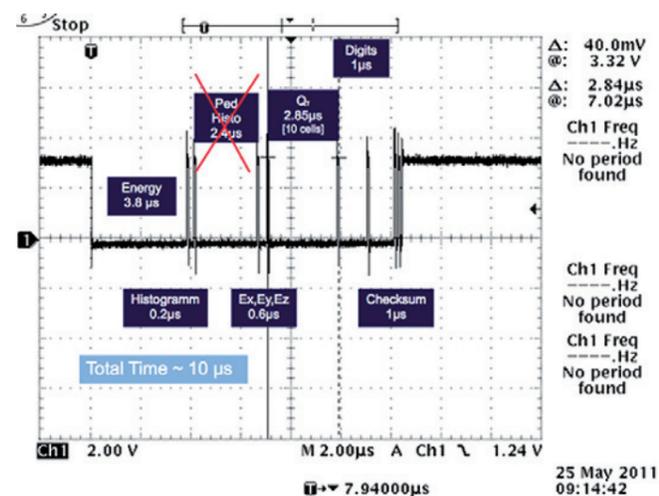


FIGURE 2

Temps typique de traitement de données par le DSP LAr.

d'ATLAS. Ce logiciel comporte deux aspects principaux : le logiciel LargOnline, qui pilote l'ensemble des cartes d'électronique frontale et back-end, gère la lecture asynchrone des paramètres de fonctionnement, comme la température de la carte ou les tensions ; le logiciel de reconstruction de l'énergie de chacune des 182 000 cellules du calorimètre, du temps et de la qualité du signal d'ionisation, ainsi que le transfert des cinq amplitudes reçues des cartes frontales, pour une petite fraction des cellules (~ 5-10 %). Ces calculs sont faits en ~ 10 μs (figure 2) pour respecter le taux de déclenchement de 75 kHz de niveau 1. Ce logiciel a fonctionné avec une efficacité de 100 % pour les prises de données de 2009 à 2013.

L'expérience ATLAS a tourné avec une efficacité de prise de données globale de 93,5 % pour les années 2011-2012. En 2012, plus de 95 % des données produites par le détecteur ATLAS ont été étiquetées comme utilisables pour l'analyse. Ce haut niveau d'efficacité n'a encore jamais été atteint auprès de collisionneurs dans une expérience de la taille d'ATLAS. L'efficacité pour le seul calorimètre a atteint 99,1 %. Ce résultat requiert un suivi de tous les instants, et le groupe ATLAS du LAPP a œuvré pour ce résultat en suivant plusieurs voies.

Un membre du groupe a été « Project Leader » du calorimètre LAr de 2008 à 2013.

Le groupe a été responsable du suivi hors ligne de la reconstruction faite en ligne

par le DSP (Digital Signal Processor) dans le calorimètre LAr. Plusieurs fois en 2011-2012, les paramètres d'alignement temporel ont été recalculés pour mettre à jour le système LAr et garder une uniformité en temps meilleure que 1 ns. Il s'est aussi investi dans le raffinement des critères de sélection des signaux venant du calorimètre pour rejeter les signaux générés par les bursts de bruit dans le détecteur.

Plusieurs membres du groupe ont pris des responsabilités liées à la prise de données, et en particulier ont été chargés de l'organisation et du suivi de la qualité des données collectées (Data Quality) pour identifier, aussi rapidement que possible, tout problème dans le détecteur ATLAS. Un membre est responsable du groupe « Performance e/γ » depuis 2012. Un autre a été responsable de la coordination du trigger menu pour les électrons et photons, avec un intérêt particulier pour les électrons venant des désintégrations de J/ψ et Z . Enfin, le groupe a assuré des shifts, en particulier pour le suivi du calorimètre depuis la salle de contrôle d'ATLAS au CERN.

Plusieurs activités liées à la reconstruction et simulation des données ont été assurées par le groupe. Il a garanti la validation des nouvelles versions de software ATLAS pour la simulation et la reconstruction des événements $Z \rightarrow e^+e^-$ simulés ou réels. Il a travaillé à l'optimisation de l'infrastructure de Grille d'ATLAS pour permettre un traitement

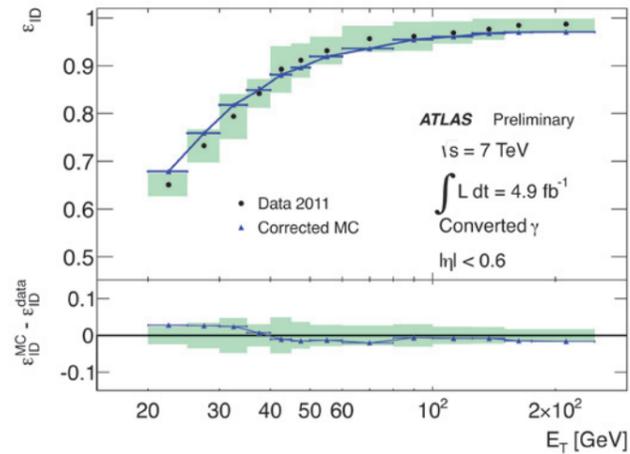


FIGURE 3

Efficacités de sélection des photons non convertis pour les données et la simulation (haut) ainsi que leur différentiel (bas).

rapide des données réelles et simulées ainsi que l'accès aux données.

Enfin, Le LAPP a eu la responsabilité de la définition et de la mise en œuvre du système d'interface entre ATLAS et le LHC dont le rôle est, en cas de défaillance, l'extraction des faisceaux (350 MJ stocké par faisceau) vers un dispositif spécifique (bloc granite-béton) capable d'absorber leur énergie. Celui-ci est opérationnel depuis les premières collisions en 2009.

Analyses de physique

Les engagements envers le fonctionnement optimal du système de calorimétrie LAr ont naturellement été complétés par l'optimisation et l'étude des performances de la reconstruction et identification des électrons et photons. Ces études ont servi à la mesure des sections efficaces différentielles des bosons W et Z, la recherche « fructueuse » du boson de Higgs (en particulier pour l'état final $\gamma\gamma$) et infructueuse, jusqu'à maintenant, de nouvelles particules ou processus.

Performances dans la sélection et la reconstruction des particules e/γ

Le groupe a travaillé sur l'optimisation des systèmes de déclenchement, la reconstruction et l'identification des photons lors la prise de données entre 2010 et 2012. Il a aussi participé à la mesure des performances de sélection et reconstruction des photons et électrons. Ce programme a commencé par l'étude des variables utilisées pour la séparation des photons directs de ceux provenant de jets dans des données simulées (2009) puis l'optimisation des coupures en fonction des premières observations dans les collisions de 2010. Ensuite

est venue la mise en place des différents systèmes de mesure de l'efficacité de sélection basée sur les désintégrations radiatives du boson Z dans les données 2011 et 2012. La mesure de la pureté des échantillons des photons directs et l'extrapolation des propriétés des photons ont été accomplies à partir des électrons. Enfin le traitement des corrélations observées entre plusieurs photons dans un même événement a été fait. L'ensemble de ces efforts a permis une importante réduction des incertitudes systématiques associées à l'identification des photons, passant de 6 % en 2010 à 2,5 % en 2012 pour les événements diphotons pertinents pour la recherche du boson de Higgs (figure 3). Ces incertitudes affectent directement la précision sur l'intensité du signal du boson de Higgs mesurée par ATLAS en 2012.

Pour la partie électron et dans le cadre de la mesure de l'asymétrie de charge du boson W, le taux de mauvais étiquetages de la charge pour des électrons/positons a été mesuré, à partir des événements $Z \rightarrow e^+e^-$, à 0,2 % dans la partie tonneau et 2 % pour la partie bouchon. Ces mesures sont en accord avec les prédictions de la simulation du détecteur.

Modèle Standard

L'observation de la production de W et Z a fait l'objet des premières études au démarrage du LHC en 2010. Le groupe a été fortement impliqué dans ces analyses initiales, plus particulièrement dans le canal électronique. Ces études ont amené les premières mesures de sections efficaces de production et les premières publications de l'expérience ATLAS utilisant les données du LHC.

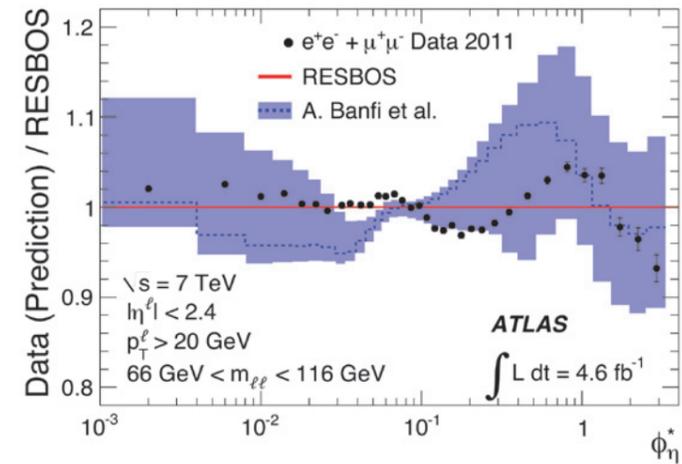


FIGURE 4

Distribution du rapport du nombre d'événements entre données et calculs théoriques en fonction de ϕ^* .

Ensuite l'activité d'analyse avec les données enregistrées en 2011 s'est orientée vers deux thèmes principaux : la mesure de l'asymétrie de charge des bosons W^\pm et l'étude de la variable angulaire, ϕ^* , définie à partir des leptons issus de la désintégration du boson Z.

La mesure de l'asymétrie de charge des bosons W^\pm produits auprès de collisionneurs hadroniques, fournit d'importantes informations et contraintes sur la distribution d'impulsion des quarks légers u et d dans le proton. Une bonne description de la structure du proton est indispensable à toutes les mesures de physique au LHC. La mesure de l'asymétrie de charge des bosons W^\pm avec les premières données de 2010 est un résultat important car l'un des premiers publiés par ATLAS sur les bosons W^\pm . Sa précision restait néanmoins limitée par l'erreur statistique. L'augmentation par un facteur 50 de la quantité de données enregistrées en 2011 a permis de réduire de façon significative l'erreur statistique et de réaliser des mesures différentielles en η^{lept} et p_T^{lept} . Ces mesures sont en cours de publication. Le deuxième sujet d'analyse mesure la distribution d'impulsion transverse du boson Z (P_T^Z). Des effets non perturbatifs de l'interaction forte entrent en jeu aux petites valeurs de P_T^Z . Leur bonne modélisation est importante car elle constitue une grande source d'erreur systématique dans les mesures de précision au LHC, en particulier dans la mesure de la masse du boson W. La mesure directe de la distribution de P_T^Z est limitée par l'erreur systématique expérimentale liée à la connaissance de la résolution en énergie. Pour s'en affranchir, la variable ϕ^* a été définie : elle est corrélée à P_T^Z et basée sur la corrélation angulaire des leptons issus de la désintégration du Z. N'utilisant que les angles de production des

leptons, l'incertitude a pu être réduite en deçà de 1 %. Le résultat de l'analyse des données 2011 a été publié. Au LHC, Il s'agit de l'une des premières mesures de précision et de la première étude de cette observable ϕ^* . La figure 4 montre la comparaison des données avec les prédictions théoriques de différents calculs Monte Carlo existants.

Découverte et étude du boson de Higgs

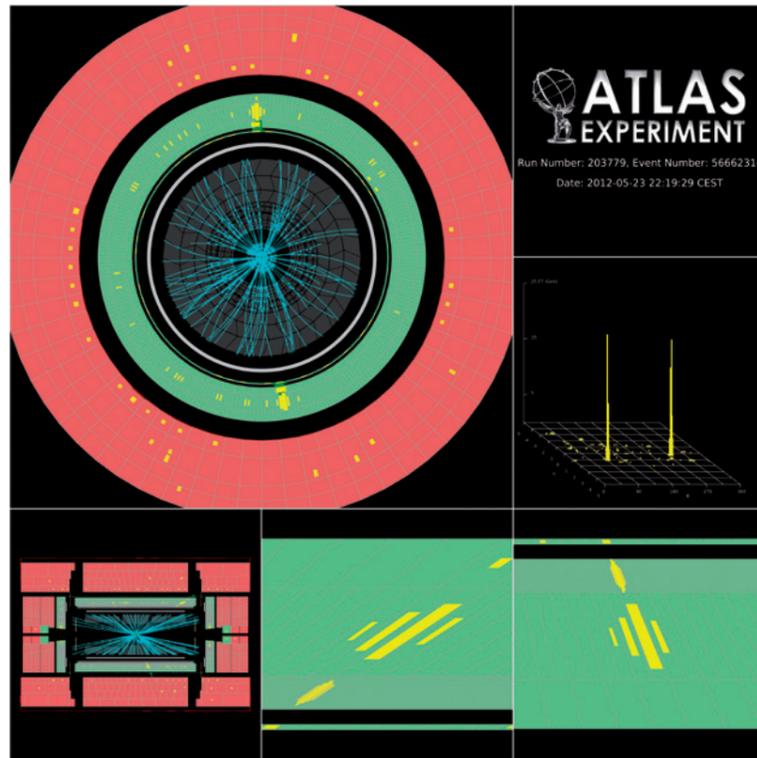
L'un des objectifs principaux de physique du LHC est la recherche du boson de Higgs et l'étude de ses propriétés. Du fait de son implication dans la construction du calorimètre électromagnétique, le groupe s'est naturellement orienté vers la recherche du boson du Higgs dans son canal de désintégration en deux photons (figure 5).

Ce canal a joué un rôle prépondérant dans la découverte (figure 1), annoncée en juillet 2012 par les collaborations ATLAS et CMS, d'un nouveau boson H(125) aux propriétés semblables à celles attendues pour le boson de Higgs, à une masse d'environ 125 GeV. Dans le cadre de l'étude du bruit de fond irréductible $\gamma\gamma$, le taux de production de diphotons directs a été mesuré avec les données 2011 et a fait l'objet d'une publication. Cette étude a été reprise pour la compréhension de l'origine des bruits de fond ($\gamma\gamma$, γ -jet ou jet-jet), leur modélisation pour la détermination du signal du Higgs et le calcul des erreurs.

Ensuite, les activités du groupe ont attaqué deux axes complémentaires : la séparation des différents modes de productions du boson de Higgs et le développement d'outils statistiques permettant d'améliorer la précision statistique des mesures.

FIGURE 5

Événement candidat $H \rightarrow \gamma\gamma$.



La production du boson de Higgs du Modèle Standard au LHC est dominée par le processus de fusion de gluons, qui contribue à environ 87 % de la production totale à une énergie de collision de 8 TeV mais souffre d'un faible rapport signal/bruit (S/B). La production par fusion de bosons électrofaibles (VBF, 7 % du total) et par association avec un boson W ou Z (VH, 5 % du total) présente un rapport signal/bruit plus favorable qui permet à ces modes de contribuer de manière significative au résultat final. Le groupe du LAPP a eu la responsabilité de l'identification des modes ($W \rightarrow qq$) H et ($Z \rightarrow qq$) H ; il a également joué un rôle important dans la sélection des processus VBF, ainsi que dans celle des VH avec désintégration leptonique du boson de jauge. Elle a permis une augmentation d'environ 30 % de la sensibilité aux modes VBF et VH par rapport à l'analyse utilisée pour la découverte du H(125). Elle a également permis une mise en évidence à hauteur de $2,9 \sigma$ du mode de production VBF du H(125).

Pour optimiser les rapports S/B, ou avoir une meilleure résolution en masse dans certaines classes d'événements, l'échantillon de données est séparé en catégories qui sont traitées séparément et ensuite combinées. Les sélections VBF et VH décrites ci-dessus forment certaines de ces catégories, du fait

de leur bon rapport S/B, aux côtés d'autres sélections basées sur les propriétés des photons. Ces techniques ont permis d'obtenir une signification statistique de $4,5 \sigma$ dans le mode $H \rightarrow \gamma\gamma$ seul pour la découverte du Higgs, contre $3,5 \sigma$ pour une analyse sans catégories. Le groupe a également été fortement impliqué dans la technique d'analyse des données, suivant une méthode de maximum de vraisemblance non binnée. Il a joué un rôle moteur dans le développement de ces techniques et dans leur utilisation pour la découverte du boson de Higgs.

Au-delà du potentiel de découverte, la séparation des modes de production est un outil puissant pour la détermination des propriétés du Higgs. Elle permet en particulier de contraindre ses couplages, en s'appuyant sur le fait que la production par fusion de gluons est dominée par le couplage au quark top, tandis que les productions VBF et VH procèdent principalement via le couplage aux bosons électrofaibles. Le groupe du LAPP a joué un rôle important dans ces travaux.

La découverte du boson de Higgs offre des perspectives très riches pour ces activités ; et l'un des objectifs de physique majeurs du LHC lors de son redémarrage en 2015 sera

l'étude de ses propriétés. L'amélioration de l'identification des modes VBF et VH, dans la continuité des travaux déjà effectués au LAPP, ainsi que l'identification du mode ttH, jouera un rôle important dans l'étude de ses couplages. Le groupe est par ailleurs impliqué dans la recherche d'autres résonances se désintégrant en paire de photons, et en particulier sur l'obtention de contraintes indépendantes des modèles sur leur section efficace de production.

Au-delà du Modèle Standard

Bien que les prédictions du Modèle Standard soient compatibles avec les mesures actuelles, d'autres modèles allant au-delà du Modèle Standard, ont été construits pour résoudre le problème de la hiérarchie des masses, tenter d'unifier les interactions fondamentales et fournir des candidats à la matière sombre (Supersymétrie ou dimensions supplémentaires) ou pour proposer un modèle alternatif à la brisure de symétrie électrofaible (Technicouleur).

Pour la recherche de nouvelles particules associées à la Supersymétrie et à des dimensions supplémentaires, les états finaux avec une grande quantité d'énergie transverse manquante (MET) ont été recherchés. L'énergie transverse manquante est créée par la présence de Gravitinos (SUSY-GMSB) ou des Gravitons (Universal Extra Dimensions) qui n'interagissent pas avec le détecteur. Le groupe a travaillé sur le canal « deux photons + MET ». Avec les premières données, seuls les processus avec des sections efficaces élevées (production forte de paires de gluinos) étaient pris en compte. Avec la montée en luminosité, les processus de production faible de paires de gauginos ont dû être inclus. Dans les régions cinématiques étudiées, le taux de production d'événements 2 photons + MET, mesurés avec les données collectées en 2011, est en accord avec les prédictions du Modèle Standard. Par conséquent, dans le cadre du modèle de Supersymétrie SUSY-GMSB, les masses des gluino/quark

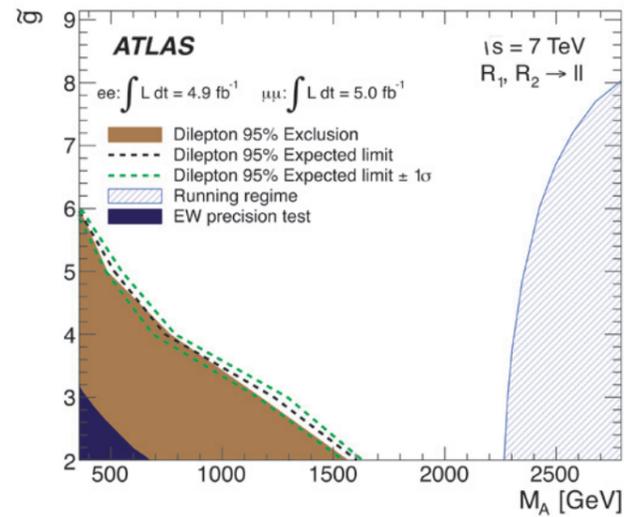
doivent être supérieures à 1,07 TeV/0,87 TeV à 95 % de degré de confiance (CL). Et, dans le cadre d'une dimension supplémentaire (UED), l'échelle de compactification doit être supérieure à 1,40 TeV à 95 % CL.

Le groupe a aussi travaillé sur les modèles de Technicouleur (TC). Ils prédisent l'existence d'un nouveau type d'interaction forte, similaire à la QCD, qui remplace le mécanisme de Brout-Englert-Higgs pour la brisure de symétrie. Deux modèles avec une constante de couplage des nouvelles interactions évoluant lentement avec l'énergie ont été étudiés : Minimal Walking TC (MWT) et Low Scale TC (LSTC). Ils prévoient de nouvelles résonances « technimésons » (axiales et vecteurs), similaires aux mésons de la QCD, qui seraient détectables par le LHC dans les canaux de désintégration en paires de bosons électrofaibles ou de fermions.

Les états finaux dilepton (diélectron et dimuon) ainsi que ($W \rightarrow l\nu$) γ et ($Z \rightarrow ll$) γ ont été étudiés. Les taux de production de ces états finaux ont été mesurés à partir des données collectées en 2011 et ont montré un bon accord statistique avec les prédictions du Modèle Standard. Il en a été déduit que, si de tels technimésons existent dans le cadre du modèle LSTC, ils doivent avoir des masses supérieures à 850 GeV à 95 % de degré de confiance. Ces limites excluent une grande partie de l'espace de phase de ce modèle. Avec les mêmes données, les premières limites ont été mises sur le modèle MWT dans l'état final dilepton. La figure 6 montre les zones exclues dans le plan M_A (Masse du composant axial), allant de 400 à 1 600 GeV, en fonction de la valeur de l'auto-couplage des composants vecteurs (\hat{g}). Ces limites ne permettent pas encore de valider ou rejeter le modèle MWT. Dans le futur, un tel modèle qui inclut également un boson de Higgs composite avec des couplages similaires à ceux du Higgs du Modèle Standard, sera évalué à travers le taux de

FIGURE 6

Zone d'exclusion dans le plan \hat{g} - M_A pour le modèle MWT. La zone bleue hachurée est exclue par le modèle MWT. La zone marron (resp. bleue foncée) indique la zone exclue par les recherches directes de résonances (resp. la recherche indirecte à travers les mesures de précision électrofaible).



production du Higgs en association avec des bosons de jauge W et Z ou l'autocouplage du Higgs.

Upgrade du détecteur ATLAS

Upgrade du calorimètre électromagnétique

L'équipe du LAPP travaille sur les améliorations du système de déclenchement de premier niveau pour la phase 1 du LHC. Cette phase démarrera en 2018 avec l'installation de la nouvelle électronique pour la prise de données à partir de 2019. Les modifications envisagées sont décrites dans la lettre d'intention présentée par ATLAS en 2011 et dans le Technical Design Report qui sera bientôt publié.

La luminosité instantanée prévue est de 3.10^{34} Hz/cm², correspondant à un nombre d'événements d'empilement de 80. En 2012, le nombre correspondant était d'une trentaine. A cette luminosité, pour tenir un taux de déclenchement sur les objets électromagnétiques acceptable (20 kHz), il faut augmenter la réjection aux jets et donc utiliser la segmentation du calorimètre au niveau déclenchement.

L'équipe du LAPP, riche de son expérience en électronique numérique et en temps réel, développe le système backend de cette nouvelle tranche du déclenchement de niveau 1 qui s'appuie sur la technologie de l'ATCA (Advanced Telecommunications Computing Architecture).

L'architecture proposée, composée d'une trentaine de cartes ATCA, équipées chacune

de quatre cartes Advanced Mezzanine Card (AMC), permettra de recevoir les signaux venant des cartes de déclenchement frontend, de calculer l'énergie dans chacune des cellules (appelées SuperCells) et de la transmettre au système de déclenchement à la fréquence de 40 MHz. L'équipe a développé une carte permettant de tester ces fonctionnalités. Elle est en cours de tests. Elle a aussi développé une carte de contrôle IPMC et le logiciel embarqué qui permet de configurer les cartes ATCA au standard. Cette carte et son logiciel sont en cours de finalisation et seront bientôt distribués auprès de plusieurs collaborateurs tels que le groupe LHCb du CPPM, le CERN et le laboratoire Argonne (USA).

L'équipe contribue aussi à la conception du système backend dans son ensemble et à son intégration au sein du système de lecture d'ATLAS.

Upgrades du détecteur de traces : IBL (2014) et upgrade phase 2 (2022)

Le projet « IBL » consiste à insérer, en 2014, une couche de détecteurs pixel supplémentaire entre la première couche actuelle et le tube à vide. Cette quatrième couche améliore la précision sur les paramètres d'impact et donc l'étiquetage des quarks b. De plus, elle rend la reconstruction des traces plus robuste en vue de la luminosité croissante du LHC dans les prochaines années.

Le groupe a participé à la conception des structures de support et de refroidissement des modules IBL (appelées « échelles ») et à la conception des services. Dans la phase de

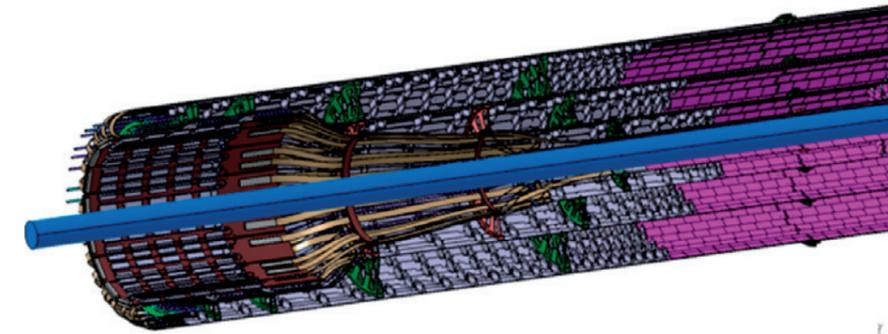


FIGURE 7

Modélisation de l'Echelle Alpine.

construction, le groupe est responsable de la fabrication et de l'installation des lignes de refroidissement qui sont les plus proches du détecteur.

Dans ce but, le groupe a développé un raccord démontable avec un encombrement minimal qui sera installé au bout de la partie droite des tubes de refroidissement, à quelques millimètres du tube à vide. Ce raccord doit satisfaire un cahier des charges très contraignant ; une qualification selon des normes industrielles est réalisée, en grande partie au LAPP. La fabrication des raccords a été transférée à une entreprise de la région avec succès.

L'installation de l'IBL prévue début 2014 présente des défis uniques : l'ensemble du détecteur long de 9 mètres, avec ses services, doit glisser à l'intérieur d'un tube de 82 mm de diamètre, pour être connecté de l'autre côté. Enfin, le groupe a pris en charge l'enroulement des câbles (avec fabrication d'outillages spécifiques) et leur déroulement après insertion.

Le groupe travaille, en parallèle, à la conception d'une nouvelle géométrie pour le détecteur interne de traces appelée « Echelle Alpine » (figure 7). Elle est optimisée pour l'environnement du LHC à haute luminosité et permet de réduire d'un facteur 2 la surface de silicium. Le défi est de démontrer la faisabilité de la structure mécanique en fibre de carbone et l'efficacité du système de refroidissement. Cette option dans le projet Inner TracKer upgrade est décrite dans la lettre d'intention d'ATLAS pour la phase 2 publiée fin 2012. Depuis 2011, le groupe du LAPP travaille sur

la modélisation géométrique du détecteur interne ; au départ celle de l'IBL, puis, plus récemment, sur celle de l'ensemble du détecteur pixel : modélisation des services (nSQP) et du beam pipe, intégration du système DBM (Diamond Beam Monitoring). Cette compétence est réutilisée pour inclure la géométrie de l'Echelle Alpine dans l'environnement logiciel d'ATLAS.

La nécessité de valider les différentes géométries du détecteur pixel a amené des améliorations de la structure logicielle d'ATLAS. Elles permettent d'améliorer aussi la finesse dans la description de la géométrie de reconstruction.

PUBLICATIONS IMPORTANTES

- [1] *Readiness of the ATLAS Liquid Argon Calorimeter for LHC Collisions*, The ATLAS Collaboration, Eur. Phys. J. C70 (2010), 723-753
- [2] *Measurement of the $W \rightarrow l\nu$ and $Z/\gamma^* \rightarrow ll$ production cross sections in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, The ATLAS Collaboration, JHEP 1012 (2010) 060
- [3] *Measurement of the Transverse Momentum Distribution of W bosons in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, The ATLAS Collaboration, Phys. Rev. D85 (2012) 012005
- [4] *Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC*, The ATLAS Collaboration, Phys. Lett. B716 (2012) 1-29

- [5] *Search for diphoton events with large missing transverse momentum in 7 TeV proton-proton collision data with the ATLAS detector*, The ATLAS Collaboration, Phys. Lett. B718 (2012) 411-430
- [6] *Search for high-mass resonances decaying to dilepton final states in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, The ATLAS Collaboration, JHEP 1211 (2012) 138
- [7] *Measurement of isolated-photon pair production in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, The ATLAS Collaboration, JHEP01 (2013) 086
- [8] *Measurement of $W\gamma$ and $Z\gamma$ Production in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS Detector at the LHC*, The ATLAS Collaboration, Phys. Rev. D87, 112003 (2013)
- [9] *Measurement of angular correlations in Drell-Yan lepton pairs to probe Z/γ^* boson transverse momentum at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector*, The ATLAS Collaboration, Phys. Lett. B720 (2013) 32-51

THÈSES ET HABILITATIONS À DIRIGER DES RECHERCHES

J.-F. Marchand, *Etude de la recherche du boson de Higgs en deux photons dans l'expérience ATLAS au LHC et calibration du calorimètre à argon liquide*, thèse soutenue le 3 juin 2009

T. Guillemin, *Vers une mesure de la section efficace de production inclusive du boson W dans l'expérience ATLAS au LHC*, thèse soutenue le 30 juin 2009

R. Lafaye, *Le calorimètre électromagnétique d'ATLAS, Recherche d'une Nouvelle Physique au LHC*, HDR soutenue le 22 mars 2010

O. Arnaez, *Etude de la production du Z à 14 TeV dans le centre de masse dans l'expérience ATLAS. Mise en route du calorimètre électromagnétique*, thèse soutenue le 5 juillet 2010

M. Aourousseau, *Recherche du Higgs en 2 photons : préparation de l'analyse avec les premières données. Mise en route du calorimètre électromagnétique : étude des muons cosmiques*, thèse soutenue le 30 septembre 2010

L. Hélarly, *Recherche de technicolor avec l'expérience ATLAS ; mise en route du calorimètre électromagnétique*, thèse soutenue le 9 décembre 2011

D. Tsionou, *Mesure de la section efficace différentielle de production de bosons W et de l'asymétrie de charge avec l'expérience ATLAS à l'énergie dans le centre de masse $\sqrt{s} = 7$ TeV*, thèse soutenue le 24 juillet 2012

L. Aperio-Bella, *Search for technihadrons in dielectron channel and alignments of the ATLAS liquid argon electromagnetic calorimeters*, thèse soutenue le 14 septembre 2012

K. Oanh Thi Doan, *Mesure de la section efficace différentielle de production du boson Z se désintégrant en paires électron-positon, dans l'expérience ATLAS*, thèse soutenue le 28 novembre 2012

PRÉSENTATIONS DANS DES CONFÉRENCES

2009

H. Przysieznik, *Search for extra dimensions with the ATLAS detector*, LHCb Exotics, CERN, Mai 2009

H. Przysieznik, *Physics at LHC*, String Pheno 2009, Warsaw, Pologne, Juin 2009

O. Arnaez, *Electron reconstruction and identification with the ATLAS detector*, SUSY09, Boston, USA, Juin 2009

2010

L. Helary, *Search for technicolor in ATLAS*, Excited QCD-10, Stara Lesna, Slovaquie, Février 2010

I. Koletsou, *The ATLAS liquid argon calorimeter*, VIC2010, Vienne, Autriche, Février 2010

N. Berger, *Status of the ATLAS experiment and recent results*, QWG2010, Fermilab, USA, Mai 2010

M. Aourousseau, *The ATLAS liquid argon calorimeter at the LHC: Overview and performances*, IPRD10, Siena, Italie, Juin 2010

P. Iengo, *Status and performance of the ATLAS experiment*, QCD2010, Montpellier, France, Juin 2010

E. Sauvan, *Experimental QCD results and impact on LHC physics*, ICHEP2010, Paris, France, Juillet 2010

M. Aourousseau, *Photons in 2010 LHC data at 7 TeV, results from ATLAS and CMS*, Higgs-Hunting, Orsay, France, Juillet 2010

L. Helary, *Looking for technicolor in ATLAS and first results of the ATLAS experiment*, TC2010, Odense, Danemark, Octobre 2010

2011

C. Goy, *Electroweak physics at ATLAS*, ASPEN-2011, Aspen, USA, Février 2011

H. Przysieznik, *Search for extra dimensions with the LHC*, LPCC, CERN, Avril 2011

M. Kataoka, *Search for high mass diphoton resonances in the context of the Randall-Sundrum model in ATLAS*, Photon 2011, Spa, Belgique, Mai 2011

T. Hryn'Ova-Berger, *Exotics searches in photon and lepton final states with the ATLAS detector*, EPS, Grenoble, France, Juillet 2011

M. Delmastro, *Photon and di-photon production at ATLAS*, Lomonosov 2011, Moscou, Russie, Août 2011

T. Hryn'Ova-Berger, *New fermions and gauge interactions (including TGC&Z' W' searches-ATLAS)*, Implications of LHC results for TeV-scale physics Workshop, CERN, Août 2011

N. Berger, *Technicolour searches at ATLAS*, BSMLHC 2011, Trieste, Italie, Septembre 2011

N. Dumont-Dayot, *Development of an ATCA IPMI controller mezzanine board and its usage on an ATLCA ROD evaluator board for the ATLAS Lar upgrade*, TWEPP 2011, Vienne, Autriche, Octobre 2011

N. Letendre, *Development of an ATCA IPMI controller mezzanine board and its usage on an ATLCA ROD evaluator board for the ATLAS Lar upgrade*, IEEE conference, Valencia, Espagne, Novembre 2011

J. Lévêque, *Top mass/properties measurements at the LHC*, HCP 2011, Paris, France, Novembre 2011

N. Berger, *EWSB with strong coupling at LHC*, APPS 2011, Amsterdam, Pays-Bas, Décembre 2011

2012

L. Aperio-Bella, *Status of ATLAS liquid argon calorimeter and its performance after two years of LHC operation*, PM2012, Ile d'Elbe, Italie, Mai 2012

D. Tsionou, *Electron and photon performance measurements with the ATLAS detector*, PLHC 2012, Vancouver, Canada, Juin 2012

L. Aperio-Bella, *Searches for exotics physics states in jets and boosted objects final states*, PLHC 2012, Vancouver, Canada, Juin 2012

E. Petit, *Search for an associated Higgs boson production in the di-photon channel with the ATLAS experiment*, HCP 2012, Kyoto, Japon, Novembre 2012

D. Tsionou, *Cross-section measurements of electroweak boson production in ATLAS*, ECTP, Le Caire, Egypte, Décembre 2012

POUR EN SAVOIR PLUS

Site Web du groupe ATLAS-LAPP :
<http://lapp.in2p3.fr/atlas>

Site grand public de la collaboration ATLAS :
<http://www.atlas.ch>