

**Sujets de mémoires Master Physique**  
**Institut de Physique Nucléaire (FYNU/CP3)**  
**Année Académique 2008-2009**

## **FYNU/CP3 expérimental : Physique des interactions fondamentales et des particules élémentaires**

Le département de Physique est engagé depuis plusieurs décennies dans la recherche en physique des particules à haute énergie tant dans le domaine théorique que dans les domaines expérimentaux et instrumentaux. Toutes ces activités sont actuellement regroupées dans un même \*Centre pour la Physique des Particules et Phénoménologie\* (CP3, <http://cp3.phys.ucl.ac.be/>), ce qui favorise la collaboration et renforce les compétences dans la physique des interactions fondamentales et des particules élémentaires. Aujourd'hui, ce Centre compte 9 seniors, 10 post-docs et 19 doctorants.

Au niveau \***expérimental**\*, les efforts portent principalement sur la construction et l'utilisation du détecteur CMS (Compact Muon Solenoid) qui vient d'être installé au LHC, le collisionneur proton-proton du CERN. Cet instrument devrait produire ses premiers faisceaux durant l'été prochain. Les membres de CP3 ont contribué tant au développement de divers instruments et aux tests et à l'intégration de ceux-ci dans CMS, qu'aux études phénoménologiques des événements susceptibles d'être observés avec ce détecteur

D'une part, des composants essentiels du trajectographe au silicium du détecteur CMS ont été réalisés et testés. Ceci a été possible grâce aux infrastructures techniques très performantes du département et du Centre de recherche du cyclotron (CRC) dont le redéploiement en plate-forme technologique a été entrepris à l'instigation de plusieurs jeunes chercheurs de CP3. Les travaux concernent aussi le développement de détecteurs « silicium » à très haute résolution spatiale ainsi que les techniques de détection ultra rapide. Ces projets bénéficient d'outils et d'infrastructures performantes et notamment des « chambres grises », d'une station à micro-pointes semi-automatique ainsi que des lignes de faisceaux de neutrons et d'ions chargés intenses et de leur système de dosimétrie associé, qui sont uniques en Europe.

D'autre part, les efforts ont porté sur le développement de tous les outils informatiques liés au fonctionnement du trajectographe. Il s'agit des logiciels qui permettent d'abord de contrôler, configurer et calibrer les milliers de composants électroniques du trajectographe et ensuite de reconstruire les traces des particules qui le traversent à partir de l'information produite par ses dix millions de micro pistes. En outre, des simulations numériques intensives ont permis de définir des algorithmes de reconstruction sophistiqués et des critères de sélection pour l'identification des événements susceptibles de mener à la découverte d'une physique nouvelle pour laquelle le LHC a été construit. Cette activité nécessite une excellente collaboration entre théoriciens et expérimentateurs. La puissance de calcul requise par ces travaux ainsi que par l'analyse des données qui seront fournies par CMS est très élevée et elle est obtenue en mettant en réseau (GRID) un grand nombre d'ordinateurs dispersés dans le monde. Un important nœud (Tier-2) de ce réseau est en cours d'installation à Louvain-la-Neuve, en étroite collaboration avec le CISM dont il doublera la puissance.

Enfin, une équipe participe activement au développement de nouveaux faisceaux de neutrinos produits par la technique des faisceaux d'ions radioactifs (b-beams).

Soulignons pour terminer, que toutes ces activités s'inscrivent depuis six ans, dans un Pôle d'attraction inter-universitaire (PAI) qui a bénéficié récemment d'une excellente évaluation et dont font partie deux équipes de l'UCL.

## **Sujets de mémoire de Master proposés par Giacomo Bruno pour l'année académique 2008-2009**

### **1. Optimisation de la reconstruction de traces avec le trajectographe de l'expérience CMS au LHC et étude de son impact sur la détection de résonances en double muon.**

L'expérience CMS au collisionneur d'hadrons LHC du laboratoire européen pour la recherche nucléaire CERN de Genève entrera en fonction vers la fin de l'année 2008, après 15 ans de préparation. Un des détecteurs le plus important de CMS est le 'trajectographe' qui est constitué par 15 000 modules à micropistes de silicium. Avec sa surface de 200 m<sup>2</sup> et ses 10 millions de canaux d'électronique, le trajectographe de CMS est le plus grand détecteur au silicium jamais construit. Le but du trajectographe est de mesurer l'impulsion de toute particule chargée produite dans les collisions du LHC ainsi que de détecter les vertex secondaires. La résolution spatiale des modules au silicium de CMS est de l'ordre de quelques dizaines de micromètres. La performance du trajectographe, surtout pour des particules très énergétiques, est fort dépendante de l'estimation du point de passage de la particule par chaque module et de son incertitude. Ces informations peuvent être extraites à partir des signaux fournis par les modules. L'algorithme utilisé actuellement pour extraire ces informations pourra être largement amélioré avec la calibration de plusieurs paramètres (l'égalisation de la réponse en charge, la dérive de la charge d'ionisation due au champ magnétique, le couplage capacitif entre pistes et constante de diffusion de la charge dans le silicium) de ces signaux et avec une utilisation plus complète des informations qu'ils fournissent. L'algorithme ainsi optimisé permettra de prendre en compte une série d'effets instrumentaux et de physique de base. L'étude se fera à l'aide du logiciel de simulation du détecteur et de l'analyse des données du trajectographe. Des premières données, obtenues lors des tests avec des rayons cosmiques, sont déjà disponibles à l'heure actuelle et elles seront prochainement complétées par les données relatives aux premières collisions produites par le LHC et qui seront disponibles à partir de la fin de l'année 2008.

Par la suite, l'impact de l'optimisation de la reconstruction de traces sera étudié sur la détection de résonances de masses élevées en double muons. Des telles résonances pourraient être les premières découvertes de l'expérience CMS.

Le travail du mémorant exigera l'utilisation de nombreux outils informatiques, le développement de codes en langage de programmation C++ ainsi que l'utilisation de la « ferme » de calcul de l'UCL qui fait partie de la grille WLCG (World LHC Computing GRID). Des visites du laboratoire CERN de Genève seront nécessaires pour la participation à la réalisation de l'expérience et pour la présentation publique des résultats du mémoire aux réunions de la Collaboration CMS.

### **2. Recherche de nouvelles particules lourdes, stables et chargées avec le détecteur CMS au collisionneur d'hadrons LHC**

Des arguments théoriques ainsi que des observations expérimentales indiquent que le modèle standard (SM) des interactions fondamentales entre les particules élémentaires ne pourrait être qu'une théorie effective à basse énergie et n'arriverait pas à décrire correctement les interactions à l'échelle d'énergie du TeV qui sera explorée par le détecteur CMS auprès du collisionneur d'hadrons LHC à Genève. Le LHC entrera en fonction vers la fin de l'année 2008.

Des théories plus complètes, permettant aussi l'unification entre les interactions fondamentales, ont été proposées. Plusieurs de ces modèles et notamment la « SuperSymmetry » et l'« extra dimensions », prédisent l'existence des particules (quasi-) stables lourdes (ayant une masse de l'ordre de 100 GeV/c<sup>2</sup> ou plus) non encore observées. Celles-ci seraient produites avec une relative grande section efficace au LHC.

Le projet proposé vise à rechercher des preuves de la production de ces nouvelles particules avec les données collectées par l'expérience CMS.

Si ces nouvelles particules portent une charge électrique et/ou forte, elles pourront être directement observées grâce à deux techniques expérimentales indépendantes réalisables avec le détecteur CMS. Dans les deux cas, l'idée est de mesurer séparément l'impulsion et la vitesse de ces particules. La vitesse d'une particule stable produite au LHC et ayant une masse de plusieurs centaines de GeV/c<sup>2</sup> sera, en général, bien inférieure à la vitesse de la lumière. La première technique de mesure de la vitesse se base sur la mesure du temps de vol de particules avec le détecteur de muons de CMS. La deuxième technique utilisera les détecteurs au silicium du trajectographe interne de l'expérience. Dans ce dernier cas, la mesure de l'énergie d'ionisation relâchée par les particules permet de remonter à la vitesse de particules. Dans les deux cas l'impulsion est mesurée avec la technique standard de déflexion des traces chargées dans le champ magnétique de l'expérience.

Au sein de la Collaboration CMS, l'UCL est déjà responsable officiellement pour cette analyse et elle est impliquée en particulier dans la technique liée au trajectographe. Cette recherche, dont les outils et la stratégie à suivre sont en ce moment en phase de préparation, pourra se faire sur les toutes premières données qui seront acquises par CMS et pourra donner lieu à l'une des premières découvertes de l'expérience.

Le sujet spécifique du travail de fin d'études que nous proposons visera l'un des aspects de cette analyse, selon les nécessités, les inclinaisons et les envies du candidat mémorant.

Le travail du mémorant exigera l'utilisation de nombreux outils informatiques, le développement de codes en langage de programmation C++ ainsi que l'utilisation de la « ferme » de calcul de l'UCL qui fait partie de la grille WLCG (World LHC Computing GRID). Des visites du laboratoire CERN de Genève seront nécessaires pour la participation à la réalisation de l'expérience et pour la présentation publique des résultats du mémoire aux réunions de la Collaboration CMS.

### **3. Recherche d'évidences physiques au delà du modèle standard via la mesure de jets et d'énergie manquante avec le détecteur CMS au collisionneur d'hadrons LHC**

Des arguments théoriques ainsi que des observations expérimentales indiquent que le modèle standard (SM) des interactions fondamentales entre les particules élémentaires ne pourrait être qu'une théorie effective à basse énergie et n'arriverait pas à décrire correctement les interactions à l'échelle d'énergie du TeV qui sera explorée par le détecteur CMS au collisionneur d'hadrons LHC. Le LHC entrera en fonction vers la fin de l'année 2008.

Des théories plus complètes, permettant aussi l'unification entre les interactions fondamentales, ont été proposées. Plusieurs de ces modèles et notamment la « SuperSymmetry » et l'« extra dimensions », prédisent l'existence des particules (quasi-) stables lourdes (ayant une masse de l'ordre de 100 GeV/c<sup>2</sup> ou plus) non encore observées. Celles-ci seraient produites avec une relative grande section efficace au LHC.

Le projet proposé vise à trouver des preuves de la production de ces nouvelles particules avec les données collectées par l'expérience CMS.

Si ces nouvelles particules sont neutres et interagissent faiblement avec la matière, des preuves indirectes de leur production peuvent être obtenues via l'observation d'événements présentant des multiples jets de particules énergétiques et une grande énergie manquante. Des taux d'observation de tels événements, extrêmement plus élevés que ceux prédits par le SM, sont prévus par les modèles théoriques de SuperSymmetrie. Si d'un côté une basse statistique est suffisante pour mettre en évidence une inconsistance avec le SM, de l'autre côté une compréhension approfondie du détecteur CMS et des différentes sources de bruit de fond sont nécessaires avant de pouvoir confirmer une éventuelle découverte.

Cette recherche, dont les outils et la stratégie à suivre sont en ce moment en phase de préparation, pourra se faire sur les toutes premières données acquises par CMS (attendues pour le début du 2009) et pourrait donner lieu à l'une des premières découvertes de l'expérience. Le groupe de travail de l'UCL impliqué dans cette recherche est en phase de formation. Le sujet spécifique proposé comme

un travail de fin d'études visera l'un des aspects de cette analyse, selon les nécessités, les inclinaisons et les envies des candidats mémorants.

Le travail du mémorant exigera l'utilisation de nombreux outils informatiques, le développement de codes en langage de programmation C++ ainsi que l'utilisation de la « ferme » de calcul de l'UCL qui fait partie de la grille WLCG (World LHC Computing GRID). Des visites du laboratoire CERN de Genève seront nécessaires pour la participation à la réalisation de l'expérience et pour la présentation publique des résultats du mémoire aux réunions de la Collaboration CMS.

# Sujets de mémoire de Master proposés par Eduardo Cortina Gil pour l'année académique 2008-2009

Promoteur : Prof. Eduardo Cortina Gil

Collaborateur : Dr. Otilia Militaru

## 1. Développement d'un système d'acquisition de données d'un banc cosmique segmenté et de large « acceptance »

Dans l'objectif de mise au point de nouveaux détecteurs de particules, les tests avec des particules réelles sont des étapes essentielles. Dans ce but différentes sources de particules peuvent être utilisées. Ces particules peuvent être fournies par des accélérateurs, des sources radioactives ou par le rayonnement cosmique. Ces derniers sont de loin ceux qui ne posent pas de problèmes du point de vue de la radioprotection, de la disponibilité et de la surface qu'on peut irradier. Par contre on ne peut pas être exigeant ni concernant les énergies de ces particules, ni pour leur flux, ce dernier restant très faible ( $1 \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$ ). A la surface de la terre le rayonnement cosmique est composé presque uniquement de muons.

Le travail de master proposé consistera dans le développement d'un système d'acquisition de données d'un banc cosmique et de son utilisation pour tester des détecteurs. Le banc cosmique sera composé de 64 scintillateurs de dimensions 160cm x 10cm x 1.5cm assemblés en 2 plans de dimensions 160cm x 160cm. Chaque plan de détecteurs sera composé de deux couches de 16 scintillateurs. Dans l'une des couches, le scintillateur aura une segmentation le long de l'axe X et une autre le long de l'axe Y. Cette configuration permettra la détermination du passage de chaque rayon cosmique à travers chacun des plans avec une résolution de l'ordre de 10 cm.

Le projet consistera dans la mise en œuvre du dispositif expérimental décrit ci-dessus avec la mise au point de programmes informatiques d'acquisition de données et de contrôle de ce banc cosmique. Ce dispositif sera utilisé pour l'étude de l'efficacité de détection d'une RPC (Resistive Plate Chamber) du détecteur CMS qui est installé auprès de l'accélérateur LHC du CERN.

Le mémorant peut choisir l'environnement de programmation (C++ ou Labview) et avoir un minimum d'expérience dans la manipulation d'électronique nucléaire: modules de coïncidences, TDCs, etc..

## 2. Simulation de l'expérience NA62: Études de l'efficacité du trigger

L'expérience NA62 auprès de l'accélérateur SPS au CERN (<http://na48.web.cern.ch/NA48/NA48-3/>) a pour but l'étude des désintégrations rares du  $K^+$ . Le sujet principal de l'étude de cette expérience est la mesure de la désintégration  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu$  anti- $\nu$  avec un rapport de branchement de l'ordre de  $10^{-10}$ . Cette mesure va permettre d'évaluer l'élément  $V_{td}$  de la matrice CKM avec une précision du 10%. Néanmoins, il exige d'autres processus de désintégration et qui sont aussi intéressants, comme par exemple  $K^+ \rightarrow \pi^+ \gamma \gamma$ , avec un rapport de branchement de  $10^{-7}$ . Ce processus, ayant un rapport de branchement plus élevé que le processus  $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu$  anti- $\nu$  va être fortement supprimé à cause du 'trigger' de l'expérience sélectionnant préférentiellement le canal principal.

Le sujet du mémoire consistera dans:

- la simulation des différentes désintégrations des kaons chargés dans le cadre de l'expérience NA62.
- l'étude de l'influence des différentes conditions du trigger de l'expérience sur la détection des ces désintégrations
- l'implémentation de nouvelles conditions du trigger qui vont permettre de garder le maximum des événements du type  $K^+ \rightarrow \pi^+ \gamma \gamma$  tout en sauvegardant les événements du principal sujet d'étude de l'expérience.

Le mémorant doit travailler avec de nombreux logiciels standard en physique des particules (GEANT,ROOT,etc), développer des codes de programmation en C++ et travailler dans des environnements de calcul intensif comme la « ferme » de calcul à l'UCL.

### **3. Simulation des structures de test du nouveau « tracker » de CMS**

Pour 'l'upgrade' du détecteur CMS au LHC prévu pour 2015-2016, le travail de dessin des nouveaux détecteurs a déjà commencé. Dans ce cadre notre groupe est impliqué dans le développement d'un détecteur à microstrips courts (strixels) qui sera placé à une distance d'environ 30 cm du point d'interaction des faisceaux. Avant la production en masse de ce détecteur, plusieurs tests doivent être réalisés afin de s'assurer des paramètres de qualité requis au moment de leur fabrication et de sa résistance à la radiation. Pour ne pas détériorer les senseurs, des structures de tests sont fabriquées juste à côté des senseurs. Ces structures sont de composition connue comme telles des diodes, des transistors, des capacités, mais aussi des petits détecteurs microstrips. La caractérisation de ces structures se fera à travers des mesures directes et à l'aide de simulations détaillées. Pour réaliser ces simulations, il existe des programmes de simulation spécifiques au fonctionnement des semiconducteurs. L'UCL vient d'acquiescer un de ces programmes, appelé TCAD, avec lequel on peut simuler les structures de tests décrites ci-dessus.

Pour ce travail, le mémorant devra s'intégrer dans le groupe de chercheurs international (UCL, Hambourg, Vienne et Karlsruhe) en charge de cette simulation. La simulation sera par la suite validée par des mesures réalisées sur différentes structures de tests fournies par les sociétés fabricant des semiconducteurs.

Ce travail consiste 50% à la simulation des dispositifs et 50% à leur mesure avec les appareils de mesure (« probe-station », microampèremètres) du laboratoire de senseurs à semiconducteurs de notre groupe.

Des connaissances rudimentaires dans le domaine de la physique des semiconducteurs sont souhaitables.

### **4. Mesure de l'efficacité de collection de charge dans des dispositifs à semiconducteurs préalablement irradiés**

L'UCL, en collaboration avec le CERN, est en train de construire un dispositif pour la mesure de l'efficacité de collection de charge (CCE) pour les détecteurs à semiconducteurs. Cette efficacité de collection de charge peut varier fortement à cause des radiations subies, comme c'est le cas auprès des collisionneurs hadroniques tel que le LHC.

L'appareillage de mesure est composé d'une enceinte à vide, dans laquelle sont placés un système de laser et une source radioactive. Dans l'enceinte les échantillons à étudier (détecteurs à semiconducteurs) peuvent être refroidis jusqu'à -25°C.

Le travail de mémoire consistera dans la mesure de la CCE de différents échantillons, avant et après leur irradiation auprès des cyclotrons de Louvain-la-Neuve. Ce travail s'inscrit dans le cadre de la collaboration RD50 du CERN (<http://rd50.web.cern.ch/RD50>).

Le mémorant doit travailler en collaboration avec les techniciens et ingénieurs de l'UCL et le CERN. Le mémorant doit se familiariser aussi avec les logiciels pour le traitement et la représentation des données (ROOT, EXCEL, etc) ainsi qu'avec le logiciel pour l'acquisition de données LABVIEW.

# Sujets de mémoire de Master proposés par Krzysztof Piotrkowski pour l'année académique 2008-2009

## 1. Test et simulation de détecteurs Cerenkov ultrarapides

L'expérience CMS auprès du LHC (*Large Hadron Collider*) au CERN à Genève entrera en fonction cet été, après 15 ans de préparation. En mai 2005, 16 groupes expérimentaux (parmi lesquels une équipe de l'UCL) ont déposé un projet de R&D visant à modifier la ligne des faisceaux du LHC afin de pouvoir y insérer des détecteurs de protons diffusés vers l'avant, à environ 420 m du point d'interaction. La détection de protons ayant perdu moins d'un pourcent de leur quantité de mouvement longitudinale permettrait d'étendre de façon significative les objectifs physiques de CMS. En particulier, les études de la production exclusive du boson de Higgs dans le cadre d'un vecteur scalaire qui violerait la conservation de CP ainsi que des interactions électrofaibles induites par des photons deviendraient possibles. En octobre 2005, le comité LHC du CERN a officiellement reconnu la proposition. Dans le cadre de cette collaboration FP420, le groupe de l'UCL est responsable de la conception et des tests du système de détection en vue de l'installation prévue vers la fin de 2009. Plusieurs prototypes de détecteurs ont été réalisés dans le cadre de FP420. Un mémoire à caractère instrumental est proposé dans ce contexte. Il comprend l'étude et la caractérisation des prototypes de détecteurs Cerenkov à gaz très rapides (avec la réponse temporelle dans le domaine des pico-secondes), demandant de comprendre les phénomènes physiques en jeu (détection de particules, la propagation des signaux optiques) ainsi que le fonctionnement de la chaîne électronique d'acquisition et du photomultiplicateur ultrarapide. De nouveaux prototypes de GasToF ont été développés utilisant des technologies de pointe telles que des tubes photomultiplicateurs à micro canaux (MCP-PMT) de 6  $\mu\text{m}$  de la firme Hamamatsu. Un dispositif de test, utilisant un laser picoseconde vert-bleu a été construit, permettant, au moyen d'un oscilloscope de 4 GHz LeCroy, d'atteindre des résolutions intrinsèques meilleures que 10ps. Ce dispositif est maintenant utilisé de façon routinière pour la caractérisation de l'électronique ultrarapide et des MCP-PMTs. La collaboration avec Hamamatsu Inc. concernant les tests de composants dans un environnement radiatif sévère est établie. En outre, l'étudiant(e) pourra aider à la préparation et à la participation de tests en faisceau. Une contribution à l'assemblage de nouveaux prototypes, utilisant les PMTs de Photek (les plus rapides du monde) est également possible. L'étudiant(e) sera impliqué dans l'analyse informatique des résultats des tests, ce qui comprendra l'étude de la simulation Monte Carlo. Des visites du laboratoire CERN de Genève seront nécessaires pour la participation à la réalisation du projet et pour la présentation publique des résultats du mémoire.

## 2. Etude des interactions $\gamma\gamma$ de haute énergie auprès du LHC

L'expérience CMS auprès du LHC (*Large Hadron Collider*) au CERN à Genève entrera en fonction cet été. Ce thème de recherche consiste à étudier des événements détectés par CMS et correspondants à l'interaction de photons parmi le grand nombre de collisions ayant lieu au LHC. La sélection des interactions photon-photon revient à convertir le LHC en un collisionneur de photon de très haute énergie avec une luminosité (taux d'interactions) pouvant atteindre près de 1 % de celle des collisions proton-proton. Ces réactions ouvrent des perspectives très intéressantes quant à la possibilité d'observer des phénomènes exotiques. En outre, les interactions  $\gamma\gamma$  permettent également de mesurer la luminosité du LHC très précisément au moyen de la photo-production de paires de leptons. La luminosité est une quantité fondamentale et importante pour CMS – cette analyse est alors de haute urgence, spécialement pendant les premières années de l'expérience.

Deux travaux de mémoires sont possibles dans ce contexte. Le premier portera sur la mesure de la luminosité et l'autre plus théorique, sur la recherche des processus exotiques qui peuvent découler de ces interactions. Dans le cadre de ce travail, l'étudiant(e) sera amené(e) à utiliser des outils divers comme des générateurs d'événement photon-photon ainsi que la simulation logicielle de la réponse du détecteur CMS (incluant les performances du trigger), et de nombreux outils informatiques – incluant le développement de codes en langage de programmation C++ ainsi que l'utilisation de la « ferme » de calcul de l'UCL qui fait partie de la grille WLCG (World LHC Computing GRID). Des visites du laboratoire CERN de Genève seront nécessaires pour la participation à la réalisation de l'expérience et pour la présentation publique des résultats du mémoire aux réunions de la Collaboration CMS.

# 1. Etude de la production de faisceaux radioactifs en vue de la production de faisceaux de neutrinos

Promoteur : Vincent Lemaître

Equipe de recherche : Thierry Delbar (professeur), Marc Loiselet (ingénieur et physicien, CRC)

Nous le savons depuis peu, les neutrinos sont massifs ! Cette découverte découle de l'observation surprenante que les neutrinos oscillent d'une saveur à l'autre. Ce phénomène résulte du fait que les états propres de masse sont différents des états propres de l'interaction faible. Le CERN envisage de réaliser des faisceaux de neutrinos électroniques très purs au moyen de la production de noyaux radioactifs qui se désintègrent par interaction faible pour produire les neutrinos désirés (par exemple, les noyaux d' $^6\text{He}$  ou de  $^{18}\text{Ne}$  permettraient respectivement d'obtenir des faisceaux d'antineutrinos et de neutrinos électroniques). De tels faisceaux permettront de mesurer les paramètres qui gouvernent ces oscillations (c'est-à-dire, les masses des neutrinos et les angles de mélange) via la disparition de ces neutrinos ou l'apparition de neutrinos de saveurs différentes.

Le Centre de Recherches du Cyclotron a une expertise reconnue dans la production des faisceaux radioactifs. Le Dr. Marc Loiselet est, par ailleurs, impliqué dans une collaboration avec le CERN qui étudie les différentes techniques possibles pour la production de ces faisceaux de neutrinos.

Dans ce contexte, nous proposons **un mémoire** qui portera sur l'étude de la section efficace de production de  $^{18}\text{Ne}$  au moyen de la réaction  $^{19}\text{F}(p,2n)^{18}\text{Ne}$ . L'intérêt de cette mesure est qu'elle permettra de déterminer si les noyaux d' $^{18}\text{Ne}$  peuvent être produits en quantités suffisantes pour être utilisés efficacement pour la production des faisceaux de neutrinos au CERN, ainsi que l'énergie optimale des protons incidents. Cette mesure sera réalisée auprès des cyclotrons de Louvain-la-Neuve, en collaboration avec le CRC.

## 2. Analyse de donnée, Phénoménologie et Potentiel de découverte de CMS

### Production du boson de Higgs au LHC

Promoteur : Vincent Lemaître

Equipe de recherche : Pavel Demin (postdoc), Simon de Visscher (doctorant)

Un des objectifs importants de l'expérience CMS est de découvrir le boson de Higgs prédit par le Modèle Standard des interactions fondamentales. En effet, le boson de Higgs est la seule particule prédite par le modèle standard qui n'ait pas encore été observée ! En plus de son éventuelle observation, il conviendra de vérifier si ce boson de Higgs possède effectivement les propriétés de couplages aux différents fermions et aux bosons intermédiaires W et Z.

Cette observation est particulièrement délicate pour des Higgs relativement légers (c'est-à-dire avec une masse inférieure à 180 fois la masse du proton...) à cause du bruit de fond très important provenant d'autres processus physiques tels que la production de quarks top.

Dans ce contexte, on se propose d'étudier la production de bosons de Higgs dans différents canaux caractérisés par le nombre de Ws et de quarks b dans l'état final issus respectivement de la production d'un boson de Higgs associé avec un boson W ou Z et la production d'un boson de Higgs associé à la présence de quarks top.

**Deux sujets de mémoire** (indépendants) sont proposés dans ce contexte (chaque mémoire se focalisant sur une des réactions). Ce travail implique l'étude des signatures caractéristiques du signal et des bruits de fond, et l'élaboration des techniques permettant de distinguer l'un de l'autre.

En outre, une étude phénoménologique de différents modèles théoriques qui vont au-delà du modèle standard sera réalisée sur base de cette analyse. Ceci sera réalisé en simulant la réponse du détecteur pour ces processus physiques nouveaux. Le choix des différents modèles à vérifier sera réalisé en étroite collaboration avec les physiciens théoriciens du département impliqués dans la phénoménologie au LHC.

### 3. Etude de la production de quarks top au LHC

Promoteurs: Vincent Lemaître

Equipe de recherche : Andrea Giammanco (postdoc), Séverine Ovyn (doctorante), Julien Caudron (doctorant)

Le LHC peut être considéré comme une véritable usine à produire des quarks top. Comme nous l'avons déjà mentionné, la production est tellement grande qu'elle constitue un des bruits de fond le plus important pour de nombreuses études de recherche de nouvelles particules. Par ailleurs, le grand nombre de quark top produits devrait nous permettre d'étudier ses propriétés et ainsi valider ou invalider le modèle standard après seulement quelques mois de prise de données !

Le quark top peut être produit par paire top anti-top ou encore de façon isolée, le plus souvent en présence d'un boson W. Dans le cas de la production d'une paire de quark top, on s'intéresse en particulier à la production d'éventuelles résonances qui pourraient se désintégrer ensuite en top anti-top (cela est par exemple le cas lorsqu'un Higgs avec une masse supérieure à deux fois la masse du quark top est produit).

La production d'un seul quark top est quant à elle particulièrement intéressante car elle est directement sensible à l'élément  $V_{tb}$  de la matrice de Cabibbo-kobayashi-Maskawa. Dans le cadre du modèle Standard, cet élément de matrice est proche de 1, cependant, dans le cadre de modèles avec des quarks supplémentaires, il peut naturellement prendre des valeurs inférieures.

**Deux sujets de mémoire** sont proposés dans ce contexte. Le premier aura pour objectif d'étudier la production de paire de quark top. L'autre mémoire considèrera à évaluer la précision expérimentale qui peut être obtenue sur  $V_{tb}$  au moyen de la production d'un seul quark top par interaction  $PP$  et  $\gamma P$ .

Pour ce travail, l'étudiant(e) devra utiliser des outils de simulation (générateur d'événements et réponse du détecteur) afin de mettre en évidence les signatures du signal et de pouvoir ainsi contrôler et évaluer le rapport de signal sur bruit de fond. En outre, les aspects de déclenchement en ligne seront étudiés en détail dans la mesure où certaines topologies étudiées ne posséderont aucun lepton.

**FYNU – ORIENTATION PHYSIQUE MEDICALE**

# Orientation Physique Médicale

## **1. Radiothérapie : Dosimétrie par calcul Monte Carlo pour des traitements « Tomothérapie »**

**Thème & objectif :** La radiothérapie est la spécialité médicale qui s'occupe du traitement des patients atteints de cancer par irradiation par faisceaux de photons et- ou électrons. Le traitement d'une tumeur par radiothérapie nécessite de délivrer un maximum de dose sur un volume cible bien sélectionné tout en épargnant au mieux les organes avoisinants dont l'irradiation peut être responsable de complications. Il s'agit d'un problème balistique qui vise à optimiser la distribution de la dose dans le patient. La radiothérapie conformationnelle et l'Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT) sont deux techniques de précision qui apportent des solutions élégantes à ce problème balistique. L'acquisition récente par l'hôpital St. Luc de l'UCL d'une machine « Tomothérapie » ouvre des perspectives intéressantes dans ce domaine, comme au niveau du problème balistique (optimisation des plans de traitement) comme au niveau des problèmes dosimétriques (dosimétrie absolue, modélisation pour calcul Monte Carlo). De plus, comme toutes techniques de précision, elles demandent un programme complet d'assurance de qualité de chacune des étapes de la chaîne thérapeutique.

**Travail :** L'étudiant (e) mémorant sera impliqué dans une comparaison entre les doses calculées par les programmes dosimétriques utilisés en routine clinique et les doses effectivement délivrées aux patients dans le cadre de traitements par radiothérapie « Tomothérapie ». Il travaillera au sein d'une équipe de physiciens médicaux et aura la possibilité de se familiariser avec les programmes de calcul de dose (basés sur la technique Monte-Carlo) et avec plusieurs types de détecteurs dosimétriques (détecteurs thermoluminescents, détecteurs par imagerie, chambres d'ionisation, détecteurs semi-conducteurs).

**Promoteur – Co-promoteur :** Professeurs Youssef El Masi - Stefaan Vynckier.

**Chercheur doctorant. :** E. Sterpin.

## **2. Radiothérapie : L'Utilisation des MOSFET's pour la dosimétrie en Radiothérapie**

**Thème & objectif :** Les dosimètres basés sur la technologie MOSFET (Metal Oxide-silicon Semiconductor Field Effect Transistor) ont été utilisés pour la première fois en 1974, pour des applications en environnement spatial. Depuis le début des années 90, on a pu observer un intérêt croissant dans les applications potentielles des MOSFETS en dosimétrie clinique. Les avantages du MOSFET sur les dosimètres classiques, telle la diode semi-conductrice et les cristaux thermoluminescents, sont connus depuis longtemps. Parmi les qualités du MOSFET, notons la possibilité d'une lecture directe, une très petite zone active autorisant une grande résolution spatiale et enfin le stockage permanent de la dose totale.

A côté de sa taille réduite, garantissant une résolution spatiale de l'ordre du mm si la zone active est orientée parallèlement au faisceau, le MOSFET présente un avantage majeur sur les autres détecteurs, car l'accumulation des charges capturées à l'interface Si-SiO<sub>2</sub>, et donc le déplacement de la tension de seuil peut être inspecté en continu. Ainsi, le MOSFET peut à la fois être utilisé comme un débitmètre, à la façon des diodes au silicium, et comme un dosimètre (dose integrator), à la façon d'un dosimètre thermoluminescent (TLD).

**Travail :** L'étudiant (e) mémorant sera impliqué dans une comparaison entre les doses à la surface, calculées par les programmes dosimétriques utilisés en routine clinique et les doses mesurées par les MOSFET's et par des TLD's dans le cadre de la dosimétrie in-vivo en radiothérapie. Il travaillera au sein d'une équipe de physiciens médicaux et aura la possibilité de se familiariser avec les programmes de calcul de dose (basés sur la technique Monte-Carlo) et avec les différents types de détecteurs dosimétriques.

**Promoteur – Co-promoteur :** Professeurs Youssef El Masri - Stefaan Vynckier.