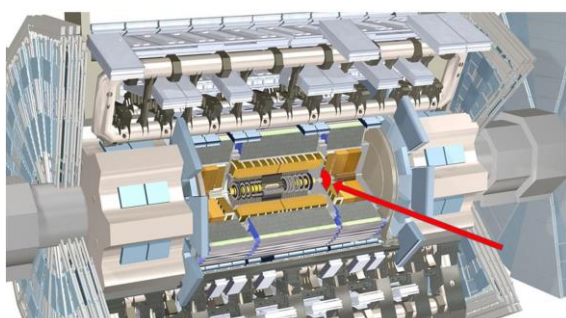


ETUDE D'UN DETECTEUR SILICIUM DE TEMPS VOL DE HAUTE RESOLUTION TEMPORELLE ET SPATIALE BASE SUR LA TECHNOLOGIE HV-CMOS POUR LE LHC A HAUTE LUMINOSITE ET APPLICATION A LA REDUCTION DE L'EFFET D'EMPILEMENT DES COLLISIONS DANS LES ANALYSES DE PHYSIQUE AVEC LE DETECTEUR ATLAS.

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

Après la découverte du boson de Higgs avec les données du run1 a 7 et 8 TeV d'énergie dans le centre de masse de la collision proton-proton, l'objectif majeur du LHC est de chercher d'éventuels signaux de physique au-delà du modèle standard, soit par une analyse fine des propriétés du Higgs (en particuliers ses couplages aux autres particules), soit par la recherche directe d'états finals non explicables par le modèle standard. En plus de la montée en énergie à 13 puis 14 TeV, ces recherches vont demander une montée drastique en luminosité du collisionneur. A partir de 2025 (phase HL-LHC), il est prévu de faire fonctionner le collisionneur LHC avec plus de 200 collisions par croisement de paquets de protons ce qui va grandement compliquer l'analyse, en particulier vers l'avant, où il sera très difficile de relier les traces au vertex primaire (associé à la seule collision dure intéressante) et éviter ainsi la formation de faux jets créés par l'empilement aléatoire de traces en provenance de plusieurs vertex secondaires.



Emplacement a l'intérieur d'ATLAS du détecteur de temps de vol (indiqué par la flèche rouge) constitué par un anneau d'une surface de $\sim 1 \text{ m}^2$.

Une des solutions envisagées pour lutter contre cet effet d'empilement vers l'avant (pseudo-rapidité supérieure à 2,4) est de mesurer très

précisément le temps d'arrivée des particules juste avant leur entrée dans le calorimètre bouchon afin de rejeter par la technique de temps de vol celles qui sont associées aux vertex secondaires étalés longitudinalement sur une distance d'environ 20 cm au centre du détecteur. Une résolution en temps de quelques dizaines de ps avec une granularité meilleure que 1 mm sera nécessaire pour obtenir un taux de réjection de faux jets qui soit acceptable. De telles performances doivent être obtenues avec un détecteur capable de résister au taux de radiation très important attendu dans cette partie du détecteur. Les techniques actuelles qui permettraient de telles performances comme les diodes à avalanche ne résisteraient pas à ce niveau de radiations. Dans cette thèse, on se propose d'étudier la possibilité d'utiliser un capteur en silicium semi-conducteur à pixels basé sur la technologie HV-CMOS. Le moindre coût de cette technologie, en comparaison avec la technologie hybride-planaire proposée pour équiper tout ou partie des futurs détecteurs internes des expériences auprès du HL-LHC, permettrait l'installation de plusieurs couches, condition nécessaire pour aboutir à la résolution temporelle recherchée.

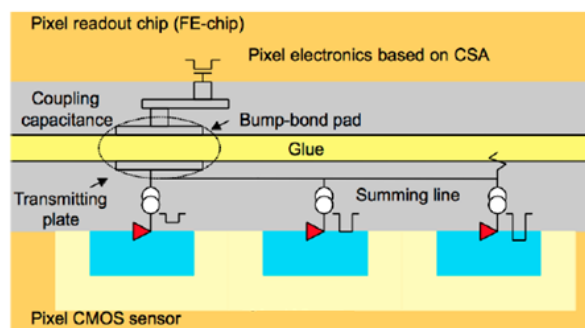


Schéma d'un capteur silicium à pixels en technologie HV-CMOS avec transmission du signal vers l'électronique de lecture par couplage capacitif

DESCRIPTION

GROUPE/LABO/ENCADREMENT

L'étudiant travaillera à la fois avec des physiciens du service de physique des particules (SPP) de l'IRFU, principalement sur les questions de simulation de la réjection du bruit de fond dû à l'empilement, ainsi qu'avec des ingénieurs du service d'Électronique des Détecteurs et d'Informatique (SEDI) pour les aspects liés au développement du capteur HV-CMOS et de son électronique associée. Comme le choix de la technique pour ce détecteur de temps de vol ne se fera pas avant mi-2017 à l'intérieur de la collaboration ATLAS, le candidat sera amené à faire des présentations au CERN pour exposer les résultats de ses études et convaincre la collaboration si ces résultats s'avèrent positifs. En cas de succès de cette technique, le candidat devra participer à l'étude préliminaire du détecteur final sous la direction du chef de projet (SEDI) et du responsable scientifique (SPP).

TRAVAIL PROPOSE

Le premier objectif est d'explorer les limites théoriques atteignables avec un détecteur HV-CMOS sur la résolution temporelle. L'étudiant commencera à travailler sur un programme de simulation du capteur pour étudier le phénomène de collection des charges, créées par le passage d'une particule chargée de haute énergie, dans un volume soumis à un champ électrique, de manière à optimiser la vitesse de dérive de ces charges, la configuration de la diode de détection, et la minimisation de bruits internes pour l'obtention d'une collection de signal la plus rapide possible et d'amplitude suffisante. Ensuite, l'étudiant sera amené à étudier l'électronique de lecture en se basant sur des circuits rapides déjà existants et en les adaptant en vue d'obtenir la meilleure résolution temporelle possible, puis choisir un algorithme de reconstruction du temps à partir des échantillons numérisés. La mise en œuvre pour chaque étape d'outils de simulation très différents sera nécessaire, et il faudra assurer leur interconnexion. Ces études devraient aboutir à la soumission d'un prototype démonstrateur de circuit intégré (de l'ordre du cm^2) auprès de fondeurs. Le candidat effectuera ensuite les tests du prototype pour mesurer ses performances temporelles, soit avec un laser pulsé à la picoseconde, soit dans un banc de rayons

cosmiques ou auprès de faisceaux test auprès d'un accélérateur du CERN.

Une autre partie du travail consistera à étudier l'impact d'un détecteur de temps vol sur la rejection du taux de faux jets vers l'avant, sur la mesure de l'énergie transverse manquante en fonction des performances de ce détecteur, ainsi que sur la réjection du bruit de fond dans certains canaux de physiques analysés au HL-LHC. L'outil de travail sera le programme de simulation d'ATLAS dans lequel le détecteur devra être intégré.

FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

Master2 en physique des particules et/ou en instrumentation pour la physique. Un gout prononcé pour l'expérimentation en laboratoire est requise. Des connaissances avancées en électronique seraient souhaitées.

COMPETENCES ACQUISES

Les deux parties complémentaires de ce sujet de thèse, permettront à l'étudiant(e) d'acquérir des compétences multiples couvrant :

- la conception, la construction et les tests de détecteurs et de circuits électroniques.
- La maîtrise des logiciels de simulation GEANT (pour les processus physiques dans le silicium), TCAD (Technology Computer Aided Design) pour la génération du signal électrique aux bornes de la diode et Spice pour la réponse de l'électronique de lecture.
- L'apprentissage des langages C++, python...
- L'analyse statistique des données et une première approche de l'analyse des données au LHC.

COLLABORATIONS/PARTENARIATS

La thèse comportera des missions fréquentes au CERN (réunions, faisceaux tests).

Il pourra y avoir aussi une implication dans la conception et la mise en œuvre du détecteur final nécessitant des contacts auprès de partenaires industriels.

CONTACTS

Claude Guyot (SPP) : claudio.guyot@cea.fr

Fabienne Orsini (SEDI) : fabienne.orsini@cea.fr