

PROPOSITION SUJET DE THESE

« Optimisation d'un détecteur de type TPC en vue de futures expériences e⁺/e⁻ : Etude des distorsions dues à la charge d'espace et aux effets de retour d'ions »

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

La recherche directe de particules signant l'existence de phénomènes physiques au-delà du Modèle Standard ou l'approche complémentaire consistant à mesurer le plus précisément des observables du Modèle Standard, calculables avec une très grande précision pourront se faire à l'horizon 2030 auprès d'un collisionneur électron-positron, qu'il soit linéaire (projet ILC) ou circulaire (projet FCC-ee/TLEP). Dans tous les cas, les détecteurs destinés à exploiter les collisions doivent être d'une stabilité et d'une précision inégalée, afin de permettre des mesures à 10⁻⁵ près.

Une technique de détection attractive pour les expériences pour détecter les traces chargées est la chambre à projection temporelle (TPC), dont le principe est représenté sur la figure 1 : Les particules chargées produites au point de collision voient leur trajectoire courbée par le champ magnétique dans lequel baigne le détecteur. La mesure de la courbure de la trajectoire permet de remonter à l'impulsion de la particule. Lors de leur parcours dans le volume gazeux, les particules chargées ionisent le gaz sur leur passage (« primary ionisation »). Les électrons d'ionisation dérivent sous l'effet combiné du champ électrique et du champ magnétique jusqu'à l'extrémité du détecteur, où ils sont amplifiés par effet d'avalanche dans un détecteur gazeux (plans de chambres proportionnelles multi-fils de Charpak par le passé, actuellement plutôt des détecteurs micro-gravés de type Micromegas, dont la résolution est bien meilleure).

Le mécanisme d'amplification génère énormément d'ions positifs (« secondary ionisation »), tout comme d'ailleurs l'ionisation primaire due aux traces chargées : le détecteur reste en effet électriquement neutre. Une fraction de l'ionisation (de l'ordre de 1% avec les architectures de détection actuelles) générée par le processus d'amplification parvient dans le volume de dérive, où il génère une charge d'espace qui induit des distorsions dans les trajectoires des électrons, et partant, des distorsions sur les paramètres

géométriques des traces reconstruites. Or, il faudrait que la fraction d'ions relâchée dans le volume de dérive ne dépasse 0.1%. Il subsiste donc un travail essentiel d'amélioration, qui passe par une compréhension fine des phénomènes mis en jeu, ainsi que la conception de dispositifs de blocage des ions (« gating »), Ceux-ci ne peuvent toutefois pas être utilisés dans tous les cas.

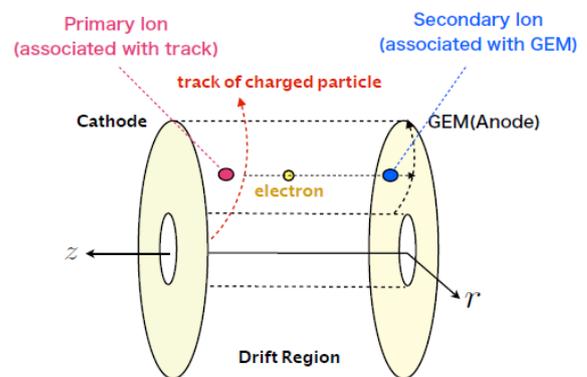


Figure 1 : Principe de base d'un détecteur de type TPC.

DESCRIPTION

GROUPE/LABO/ENCADREMENT

L'équipe d'accueil de l'IRFU-SPP et de l'IRFU-SEDI a une solide expérience dans la conception et le développement de détecteurs gazeux pour les expériences de physique. Elle a participé par le passé à la construction des TPCs des expériences ALEPH et DELPHI, ainsi que T2K. Elle étudie actuellement les projets de collisionneurs linéaires et circulaires e⁺/e⁻. Elle possède une forte expérience sur les détecteurs Micromegas (inventés à l'IRFU) et leurs applications.

TRAVAIL PROPOSE

Nous proposons dans cette thèse d'étudier expérimentalement les distorsions induites par les

ions positifs sur les traces chargées, ainsi que de mesurer le taux d'ions relâchés dans le volume de dérive, à l'aide de prototypes de détecteurs. Les mesures expérimentales seront confrontées aux estimations de logiciels de simulation. Dans un deuxième temps, on s'efforcera d'optimiser les paramètres du système de détection de manière à minimiser les distorsions. L'étudiant aura la possibilité de maîtriser l'ensemble de la chaîne, allant de la conception initiale de prototypes à l'analyse finale des données, en passant par leur acquisition, avec des muons cosmiques, des sources radioactives ou sur des faisceaux tests (CERN ou DESY-Hambourg). Enfin, les résultats obtenus sur la distorsion seront exploités pour prédire et évaluer les résolutions en impulsion sur les traces individuelles ainsi qu'en masse invariante sur des canaux tests, pour différentes géométries du détecteur. Un des canaux de test sera la mesure de précision de la masse de recul du boson de Higgs dans le processus de Higgsstrahlung.

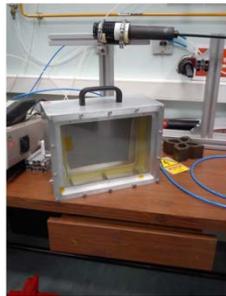


Figure 2 : Prototypes de détecteurs de type TPC.

de collaborer avec le monde industriel. L'aspect international de la collaboration permettra au candidat d'avoir des ouvertures académiques sur l'étranger.

COLLABORATIONS/PARTENARIATS

Au sein d'une collaboration internationale autour des projets ILC et FCC, le doctorant participera à des réunions de discussion et de travail en France et à l'étranger. Il aura également des échanges techniques avec les fabricants de détecteurs. Les résultats obtenus seront présentés dans des conférences internationales et publiés dans des revues à comité de lecture.

CONTACTS

Directeur de thèse :
Philippe Schwemling
Philippe.schwemling@cea.fr

FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

Master-2 où niveau équivalent en instrumentation ou physique des particules.

Connaissances de base de l'électronique analogique et numérique, de l'acquisition et du traitement de données seront indispensables.

COMPETENCES ACQUISES

La thèse permettra au candidat d'acquérir une vue d'ensemble de la conception et la caractérisation détaillée d'un système de détection. Elle lui permettra d'approfondir ses connaissances en physique des particules, et lui donnera l'occasion

Optimisation d'un détecteur de type TPC pour de futures expériences e^+e^- : Etude des distorsions dues à la charge d'espace et aux effets de retour d'ions