

Proposition de thèse – 2023-2026

Thématique : **Physique** **expérimentale** **des** **particules**

Sujet de thèse : Développement d'un photodétecteur basé sur le nouveau concept PICMIC (PICosecond-subMICron)

Directeur de thèse : Imad Laktineh

Téléphone : 0472431115

Email : laktineh@in2p3.fr

Adresse : IP2I Lyon – Bu reau 119
Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac
4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

Description du travail demandé :

Le groupe de Lyon est un des membres fondateurs de la collaboration international DRD4 qui a pour but le développement de nouveaux types de photodétecteurs permettant d'atteindre des résolutions temporelles de quelques picosecondes avec une résolution spatiale micrométrique pour les proposer dans les futures expériences auprès des collisionneurs des particules.

Le groupe lyonnais a développé un concept de détection originale appelé PICMIC. Ce concept permet la mesure simultanée de la position et du temps d'arrivée des particules traversant des senseurs de type MicroChannel Plate (MCP). Ces derniers possèdent des résolutions spatiales et temporelles remarquables qui n'ont jamais été exploitées ensemble auparavant. Le concept PICMIC est doté de deux parties. Une qui mesure le temps du passage de l'avalanche d'électrons produit dans un des canaux constituant le MCP quand la particule traverse le MCP. La mesure du temps utilise un concept original appelé (delay plane) qui permet d'effectuer plusieurs mesures temporelles du signal induit par l'avalanche traversant une grille transparente. La partie spatiale est elle aussi basée sur un autre concept original. Elle est constituée de pixels de dimensions micrométriques interconnectée entre eux d'une manière à réduire le nombre de canaux électroniques nécessaire pour localiser le passage de la particule sans souffrir des ambiguïtés qu'un taux élevé de particules peut occasionner.

Dans cette thèse nous proposons de développer un photodétecteur de type MCP-PMT qui permet de détecter des photons visibles et U.V avec une excellente résolution temporelle. Nous proposons également d'équiper ce détecteur d'un nouveau type de photocathodes réfléchives.

Pour obtenir des résolutions temporelles de l'ordre de quelques picosecondes, nous proposons d'utiliser de nouveaux MCP avec des tubes dont le rayon de l'ordre du micron. Ces MCP que nous appelons NanoChannel Plates sont en cours de développement en collaboration avec plusieurs laboratoires français (IMP, INL et labHC). Plusieurs technologies de type chimique ou électrochimique mais également le femtolaser sont poursuivies en utilisant différents types de matériaux comme l'alumine, la silice ou le verre au plomb.

Les photocathodes réfléchissives que nous proposons seront réalisées à partir des wafers de silicium. Des trous nanométriques réguliers seront creusés dans le wafer en suivant une méthode développée par nos collaborateurs à l'INL. Ces photocathodes seront couvertes de différents types de matériaux émissifs en fonction de la longueur d'onde des photons que l'on souhaite détecter.

Durant les trois de thèse, l'étudiant(e) sera amené(e) à optimiser la structure des photodétecteurs proposés en utilisant des outils de simulation appropriés comme GEANT4 et CSP. Il/elle participera aux tests de validation des nouveaux NCPs en les comparant leurs performances à celles des MCP standards. Il/elle s'emploiera ensuite à développer un banc de test qui permettra de tester l'efficacité dite quantique des nouveaux photodétecteurs et de comparer leur performances dans la durée.

L'étudiant (e) jouera un rôle important au sein de la collaboration internationale DRD4 et sera amené(e) à évoluer dans un environnement de recherche internationale de la plus grande qualité scientifique.

PhD thesis proposal – 2023-2026

Research	field:	Experimental	particle	physics
Thesis title: Development of a photodetector based on the new PICMIC (PICoosecond subMICrometer) concept				

Supervisor: Imad Laktineh

Phone: 0472431115

Email: laktineh@in2p3.fr

Address: IP2I Lyon – Bureau 119

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex – France

Work description:

The Lyon group is one of the founding members of the international DRD4 collaboration which aims to develop new types of photodetectors making it possible to achieve temporal resolutions of a few picoseconds with micrometric spatial resolution to be proposed for particle physics experiments in future colliders.

The Lyon group has developed an original detection concept called PICMIC. This concept allows the simultaneous measurement of the position and arrival time of particles passing through MicroChannel Plate (MCP) type sensors. These have remarkable spatial and temporal resolutions that have never been exploited together before. The PICMIC concept has two parts. One which measures the passage time of the avalanche of electrons produced in one of the channels constituting the MCP when the particle crosses the MCP. The time measurement uses an original concept called (delay plane) which makes it possible to carry out several temporal measurements of the signal induced by the avalanche crossing a transparent grid. The spatial part is also based on another original concept. It is made up of pixels of micrometric dimensions interconnected in a way to reduce the number of electronic channels necessary to locate the passage of the particle without suffering from the ambiguities that a high rate of particles can cause.

In this thesis we propose to develop an MCP-PMT type photodetector which makes it possible to detect visible and UV photons with excellent temporal resolution. We also propose to equip this detector with a new type of reflective photocathodes.

To obtain temporal resolutions of the order of a few picoseconds, we propose using new MCPs with tubes with a radius of the order of a micron. These MCPs, which we call NanoChannel Plates, are being developed in collaboration with several French laboratories (IMP, INL and labHC). Several chemical or electrochemical technologies but also the femtolaser are being pursued using different types of materials such as alumina, silica or lead glass.

The reflective photocathodes that we offer will be made from silicon wafers. Regular nanometric holes will be dug in the wafer following a method developed by our collaborators at INL. These photocathodes will be covered with different types of emissive materials depending on the wavelength of the photons that we wish to detect.

During the three thesis studies, the student will be required to optimize the structure of the proposed photodetectors using appropriate simulation tools such as GEANT4 and CSP. He/she will participate in the validation tests of the new NCPs by comparing their performance to that of standard MCPs. He/she will then work to develop a test bench which will make it possible to test the so-called quantum efficiency of the new photodetectors and to compare their performance over time.

The student will play an important role within the international DRD4 collaboration and will be required to evolve in an international research environment of the highest scientific quality.