

## **PROPOSITION DE THESE PHD VACANCY**

**LABORATOIRE – LABORATORY : LAPP**

**Adresse – Address :** 9 Chemin de Bellevue  
BP 110  
74941 Annecy-le-Vieux CEDEX  
FRANCE

**Adresse site web – web site address :** <http://lapp.in2p3.fr/>

**Groupe : LCD**

**Lieu du travail – working place : LAPP**

**Collaborations : CALICE, RD51**

**Titre de la thèse – PhD topic :** **R&D on gaseous detector for  
calorimetry at future linear colliders.**

**Directeur de thèse – PhD supervisor: C. ADLOFF**

**Sujet et nature du travail proposé – PhD subject and work:**

Les projets mondiaux ILC (International Linear Collider) et CLIC (Compact Linear Collider) mobilisent un effort considérable dans la communauté de la physique des hautes énergies au niveau de la R&D sur les détecteurs, de la simulation et de la compréhension des signaux physiques. Les algorithmes PFA (Particle Flow Algorithm), la clef pour accéder aux phénomènes recherchés, requièrent pour les expériences une calorimétrie à imagerie de grande granularité située à l'intérieur de l'aimant. Avec environ 3000 m<sup>2</sup> de surface et 30 millions de voies électroniques, un calorimètre hadronique muni de détecteurs gazeux MICROMEGAS (MICRO MESH GASEOUS STRUCTURE) avec lecture à seuil intégrée est une possibilité séduisante.

Le groupe LCD (Linear Collider Detector) du LAPP est moteur dans les recherches et développements qui portent sur la calorimétrie hadronique. Il développe des détecteurs de type bulk-MICROMEGAS de faible épaisseur, de grande surface avec lecture à seuils embarquée. C'est au LAPP qu'existent les seuls détecteurs MICROMEGAS au monde avec une électronique frontale embarquée. Depuis 2 ans nous réalisons aussi des assemblages de plusieurs bulk-MICROMEGAS, segmenté en cellule de lecture de 1cm<sup>2</sup>, pour obtenir une surface de 1m<sup>2</sup> soit 9216 voies. Le design de ces chambres peut-être directement étendu à 1x3m<sup>2</sup>. Nous sommes donc aussi leader dans les développements de chambre MICROMEGAS de grande surface. Le groupe a aussi conçu l'électronique frontale de lecture (ASIC à

64 voies et 3 seuils par voies) en collaboration avec le LAL et continue des développements pour réaliser un nouvel ASIC utilisable au CLIC. Après une validation du concept de calorimètre hadronique équipé de MICROMEGAS grâce à des prototypes de petites tailles, nous avons franchi en 2011 une nouvelle étape avec les tests en faisceau du premier détecteur de  $1\text{m}^2$  dont les résultats montrent d'excellentes performances. En 2012 nous aurons quatre chambres de  $1\text{m}^2$  qui seront testées en faisceau tout d'abord seules puis dans un prototype de calorimètre muni de GRPC.

Une autre branche de la R&D au LAPP concerne les étincelles présentes sur la grille du détecteurs et qui peuvent-être destructrices pour l'électronique de lecture. Ces études ont pour but d'obtenir un détecteur moins sujet aux fortes étincelles et muni de protections intégrées et peu coûteuses. Nous travaillons donc aussi bien sur des modifications possibles du bulk-MICROMEGAS (en rajoutant une couches résistive par exemple) que sur l'intégration des protections (condensateurs) à la partie circuit imprimé du détecteur et sur le renforcement des protections intégrées à l'électronique de lecture.

Le projet technique, MICROMEGAS pour la calorimétrie hadronique aux collisionneurs linéaires, est complété par des études mécaniques de la structure d'un calorimètre réaliste mais aussi et surtout de simulations des différents designs de calorimètres. Cette partie nous permet à la fois de simuler nos configurations de détecteurs lors des tests en faisceau mais aussi d'optimiser les caractéristiques (géométrie, seuils ...) d'un calorimètre aux collisionneurs linéaires. Finalement, nous sommes aussi impliqués dans les études des canaux physiques aux énergies de l'ILC et du CLIC.

Le travail de thèse porte sur l'étude des détecteurs bulk-MICROMEGAS développés au LAPP. Il faudra finaliser les analyses des tests en faisceau de 2011 et faire l'analyse complète des données des tests en faisceau 2012. L'analyse des données avec les 4 chambres de  $1\text{m}^2$  devra nous permettre de quantifier l'homogénéité de nos détecteurs sur près de 40000 voies, l'influence des zones mortes etc. La partie de ces données qui sera prise avec nos détecteurs dans un prototype de calorimètre hadronique équipé de GRPC donnera accès aux caractéristiques des gerbes hadroniques. Une partie de l'analyse consistera à comparer les données aux simulations et à optimiser les simulations. Ceci est d'une grande importance pour les études des potentiels d'un tel calorimètre pour la physique aux collisionneurs linéaires. Il sera aussi possible d'étudier la possibilité d'une correction offline de la fluctuation du facteur  $e/h$  d'une gerbe hadronique pour améliorer la résolution en énergie du calorimètre. Une autre partie de la thèse sera axée sur les mesures des caractéristiques et des performances des nouveaux prototypes de type résistif. Le doctorant aura aussi la possibilité si il le souhaite de travailler sur les performances d'un calorimètre à seuil en utilisant des algorithmes PFA ou sur les potentiels d'un canal physique aux énergies de l'ILC ou du CLIC.

Current projects for future linear colliders, International Linear Collider (ILC) and Compact Linear Collider (CLIC), motivate worldwide efforts in detector R&D, simulation and understanding of physics signals. Particle Flow reconstruction Algorithms (PFA) are the key to precision measurements at a linear collider and strongly rely on the granularity of the calorimeters that would be installed inside the experiment solenoid. With about  $3000\text{m}^2$  of active area, the hadronic calorimeter (HCAL) would contain the unprecedented number of channels of 30 millions. An attractive option for the active layers of the HCAL is a gaseous detector called MICRO MESH GASEOUS STRUCTURE (MICROMEGAS) with a cell segmentation of  $1\text{cm}^2$  and a readout electronics with detection three thresholds.

The LAPP Linear Collider Detector (LCD) group is leading important R&D efforts in hadronic calorimetry. We develop large area MICROMEGAS chambers of minimal thickness. An innovative and unique design where the front-end electronics is embedded inside the detector has been developed at LAPP. This design allowed in the last 2 years the construction of  $1\times 1\text{m}^2$  chambers with  $10^4$  readout channels each and can be applied to even larger chambers in the future (e.g.  $3\times 1\text{m}^2$ ). In addition, the group has an expertise in electronics development. It conceived with LAL a low-noise front-end ASIC, with 3 detection thresholds, self-triggering and power-pulsing capability, which equips the actual MICROMEGAS chambers. The group is also involved in the design of a new ASIC optimised for CLIC.

After a detailed characterisation of small size prototypes, which validated the use of MICROMEGAS for hadronic calorimetry, an important milestone has been reached in 2011 by successfully testing a first 1x1 m<sup>2</sup> chamber in CERN particle beams. The excellent measured performance motivated the construction of 3 more chambers in 2012. These 4 chambers will be tested in particle beams this year, without absorbers and inside a complete calorimeter structure with other gas detectors (GRPC).

An important goal of the R&D program is to study gas discharges that occur in the MICROMEGAS detectors, which can be destructive for the front-end electronics. Protection schemes are thus being investigated to make the detector resistant to discharges. These protections consist of either a modification of the electron multiplication stage itself by coating the anode pads with a resistive layer or an optimisation (cost and size) of already existing capacitors at the inputs of the ASIC channels.

The R&D project is also complemented by mechanical studies to improve the chamber design so as to meet the constraints (dead zones, integration of services...) of a realistic prototype and to investigate various designs of hadron calorimeters. Simulation activities (Geant4) are also essential; we use them to understand the data collected during test beam campaigns and to optimize the HCAL (geometry, detection thresholds...) at a future linear collider experiment. Finally, we are also involved in the study of physics channels at ILC or CLIC energy.

The work of the successful PhD candidate will focus on the characterisation of large area MICROMEGAS chamber constructed at LAPP. This includes the analysis of the 2011 test beam as well as those that will be recorded in 2012 with 4 chambers in standalone and inside a complete calorimeter (46 GRPC and 4 MICROMEGAS).

The PhD student will first assess the uniformity of the MICROMEGAS chambers response over 40000 channels (noise, efficiency, hit multiplicity, stability...). In a second time, he/she will participate to the analysis of the data from the complete calorimeter, which will provide 3D images of hadronic showers with unprecedented granularity and high statistics. By comparison of the detailed shower characteristics to Geant4 simulation, he/she will optimise the simulation procedure, which is of major importance for concluding on the physics performance that could be achieved by an ILC/CLIC experiment. Development of software compensation techniques, using test beam data, should also be studied in the aim to improve the energy resolution of a multi-threshold HCAL. A second part of the thesis will be devoted to the characteristic and performance measurements of the new resistive prototypes. It will be also possible to work on HCAL performances on jet energy resolution using PFA and/or on relevant physics channel at ILC/CLIC energy.