

## Proposition de thèse – Année 2024-2027

**Thématique:** Physique des particules, Instrumentation, Algorithmie, Programmation C++.

**Sujet de thèse:** Étude de l'impact de la précision temporelle du prototype TSDHCAL dans la reconstruction des jets.

**Directeur de thèse:** Gérald Grenier, Imad Laktineh

**Téléphone:** 06 37 29 64 69

**Email:** grenier\_at\_ipnl.in2p3.fr

**Adresse:** IP2I Lyon – Bureau 123

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

**Description du travail demandé:** Dans le cadre des projets de collisionneurs leptoniques futurs, un prototype de calorimètre hadronique ultra granulaire, le SDHCAL, a été réalisé à l'IP2I (voir [1] pour une description des résultats et [2] pour une description détaillée).

Pour les projets de collisionneurs leptoniques circulaires comme le FCC et le CEPC, il est proposé d'adjoindre au SDHCAL une capacité de mesures précises du temps pour former un calorimètre ultra granulaire en temps et espace. Cette évolution est nommée TSDHCAL.

Le prototype TSDHCAL est constitué de MGRPC (chambres à plaques résistives en verre multicouches) de 1 m<sup>2</sup> positionnées tous les 2,5 cm et embarquant une électronique de lecture fournissant une segmentation en carreau de 1 cm<sup>2</sup> et une précision temporelle de quelques dizaines de picosecondes.

Les calorimètres ultra granulaires visent à améliorer la reconstruction des jets par les algorithmes de Flux de particules (PFA)[3]. Les algorithmes de PFA utilisés sont PandoraPFA[4] et APRIL[5]. Ce dernier a été développé dans l'équipe, voir [6] (en français).

Un programme de simulation du SDHCAL nécessite de reproduire la réponse électronique des MGRPCs. Pour ce faire, un algorithme dit de digitisation a été développé pour des GRPC simple couche et est décrit dans [7] en anglais et dans la thèse [8] en français.

L'objectif de la thèse est d'étudier ce que l'inclusion de la segmentation en temps apporte à la performance de reconstruction des jets par algorithmes de PFA, de modéliser la réponse temporelle des MGRPC et d'inclure cette modélisation dans l'algorithme de digitisation afin au final d'estimer les capacités du TSDHCAL à mesurer correctement les jets dans les futurs détecteurs.

Les développements logiciels concernant la simulation se font en C++. Une grande aisance avec la programmation C++ est nécessaire pour cette thèse. La thèse implique aussi de construire des MGRPC et de mesurer leurs performances. Une expérience en instrumentation sera un plus. Cette thèse est financée dans le cadre d'un projet ANR.

## Références

- [1] <http://inspirehep.net/record/1712893/files/fulltext.pdf>
- [2] <https://arxiv.org/pdf/1506.05316>
- [3] <https://arxiv.org/abs/physics/0412149>
- [4] <https://arxiv.org/abs/0907.3577>
- [5] <https://arxiv.org/abs/2002.09678>
- [6] <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01579761>
- [7] <https://arxiv.org/pdf/1604.04550.pdf>
- [8] <http://hal.in2p3.fr/tel-01282680v1>

## PhD thesis proposal – Year 2024-2027

**Research field:** Particle physics, Instrumentation, Algorithmics, C++ Programming.

**Thesis title:** Study of the impact of the time accuracy of the TSDHCAL prototype on jet reconstruction.

**Supervisor:** Gérald Grenier, Imad Laktineh

**Phone:** 06 37 29 64 69

**Email:** grenier\_at\_ipnl.in2p3.fr

**Address:** IP2I Lyon – Bureau 123

Domaine Scientifique de la Doua – Bât. Paul Dirac

4 rue Enrico Fermi – 69622 Villeurbanne Cedex - France

**Work description:** In the context of future lepton collider projects, a prototype of an ultra granular hadron calorimeter was developed at IP2I (see [1] for a description of the results and [2] for a detailed description). For circular lepton collider projects such as the FCC and the CEPC, it is proposed to add to the SDHCAL a capacity for precise time measurements to form an ultra-granular calorimeter in time and space. This development is called TSDHCAL.

The prototype TSDHCAL consists of 1 m<sup>2</sup> MGRPCs (Multigap Glass Resistive Plate Chambers) positioned every 2.5 cm and embedding a reading electronics providing a segmentation in 1 cm<sup>2</sup> tiles and with a time precision of a few tens of picoseconds.

Ultra-granular calorimeters aim to improve the reconstruction of jets using Particle Flow Algorithms (PFA). The PFA algorithms used are PandoraPFA[4] and APRIL[5]. The latter was developed within the team, see [6] (in French).

A simulation program of the SDHCAL requires to reproduce the electronic response of the MGRPCs. To do so, a digitization algorithm has been developed for single-gap GRPCs and is described in [7] in English and in the thesis [8] in French.

The aim of the thesis is to study what the inclusion of time segmentation brings to the performance of jet reconstruction by PFA algorithms, to model the time response of MGRPCs and to include this modelling in the digitisation algorithm in order ultimately to estimate the ability of the TSDHCAL to measure jets correctly in future detectors.

The software developments relating to the simulation will be carried out in C++. A high level of programming fluency in C++ is required for this thesis. The thesis also involves building MGRPCs and measuring their performance. Experience in instrumentation will be a plus.

This thesis is funded as part of an ANR project.

## Références

- [1] <http://inspirehep.net/record/1712893/files/fulltext.pdf>
- [2] <https://arxiv.org/pdf/1506.05316>
- [3] <https://arxiv.org/abs/physics/0412149>
- [4] <https://arxiv.org/abs/0907.3577>
- [5] <https://arxiv.org/abs/2002.09678>
- [6] <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01579761>
- [7] <https://arxiv.org/pdf/1604.04550.pdf>
- [8] <http://hal.in2p3.fr/tel-01282680v1>