

Faisabilité des études PQG futures au LHC

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LQGP](#)

Candidature avant le 01/06/2020

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [WINN Michael](#)

+33 1 69 08 55 86

michael.winn@cea.fr

Résumé

Le Plasma de quarks et de gluons est un état de la matière sous des conditions extrêmes à des températures de quelques centaines de MeV qui peut être produit dans des collisions ions-lourds au LHC au CERN.

Le stage proposé se compose d'une étude de sensibilité et de faisabilité des mesures de la radiation électromagnétique ou des états de quarkonium, l'hydrogène de la théorie quantique des champs de l'interaction forte (QCD), dont la production est fortement modifiée aux températures finies. La radiation électromagnétique permet de contraindre les propriétés de la matière créée comme la température, le volume et la durée de vie. Les quarkonia nous renseignent sur les propriétés de déconfinement de la transition entre le QGP et la matière ordinaire.

Sujet détaillé

Au grand collisionneur de hadrons (LHC) à Genève, des collisions de noyaux de plomb sont utilisées pour créer un système thermodynamique décrit par la dynamique des fluides sous des conditions extrêmes. La température du système est suffisamment grande pour relâcher les blocs fondamentaux de la matière à une échelle subnucléonique, les quarks et les gluons. Cet état de la matière est nommé le plasma de quarks et de gluons (PQG).

Le laboratoire PQG au sein du département de physique nucléaire du CEA Saclay est fortement impliqué au LHC à tous les niveaux de l'exploration expérimentale du PQG avec l'expérience ALICE, l'expérience dédiée aux ions-lourds au LHC: conception du détecteur, ingénierie de hardware et software et analyses de physique.

Les mesures actuelles de la radiation thermique du PQG sont fortement limitées au LHC à cause des limitations instrumentales et statistiques. Une extraction directe de la température du PQG est seulement possible avec des incertitudes considérables et intégrée sur l'espace de phase.

Similairement, l'interprétation des données quarkonium est fortement limitée à cause du manque des données précises concernant les contributions de feed-down aux états fondamentaux et la modification des états excités. Le feed-down le plus important et complètement inconnu dans les collisions d'ions lourds est le méson éluif χ_{c0} .

L'objectif de ce stage est une étude de faisabilité de la mesure multi-différentielle de dilepton, l'accès le plus direct à la géométrie et à la température du QGP, ou de la mesure du χ_{c0} , une mesure très discriminante pour l'interprétation des quarkonia en vue du déconfinement. En parallèle, la sensibilité des mesures aux propriétés du milieu va être évaluée en utilisant des calculs analytiques de l'expansion hydrodynamique qui sont une première étape vers des

calculs numériques plus détaillés.

Nous comparerons dans cette étude deux set-ups de détecteurs différents, un détecteur à rapidité à l'avant et un détecteur à rapidité centrale planifié pour la construction autour de 2030. Après une estimation initiale de faisabilité, l'étude permettra de renseigner sur les critères de performances des détecteurs à construire.

Le stagiaire se familiarisera avec la physique du PQG, les bases de programmation en c++ et python, si voulu, les bases de la physique de détection, la simulation, l'analyse des données et l'estimation des incertitudes.

Le travail serait basé sur des outils de simulation Monte Carlo rapide.

Mots clés

Physique des particules; QGP, LHC, Quarkonia, electromagnetic radiation

Compétences

Cinématique relativiste, programmation, simulations de MC

Logiciels

C++

Feasibility of future QGP studies at the LHC

Summary

The Quark Gluon Plasma is a state of matter under extreme conditions at temperatures of the few hundreds MeV scale that can be created in heavy-ion collisions at the LHC at CERN.

The proposed internship consists of a sensibility study and a feasibility study of multidifferential measurements of electromagnetic radiation or not yet accessible states of quarkonium, the hydrogen atom of the quantum field theory of the strong interaction (QCD), whose production is strongly modified at finite temperature. Electromagnetic radiation allows to constrain medium properties such as temperature, volume and lifetime. Quarkonia teach us about the deconfinement properties of the QGP transition towards ordinary matter.

Full description

At the Large Hadron Collider (LHC) at Geneva, collisions of lead nuclei are used to create a thermodynamic system described by fluid dynamics under extreme conditions. The temperature of the short-lived system is sufficiently large in order to release the building blocks of matter at a subnucleonic scale, quarks and gluons. This state of matter is commonly called Quark Gluon Plasma (QGP).

The QGP laboratory inside the department of nuclear physics of CEA Saclay is actively involved at all levels of experimental exploration of the QGP with the ALICE experiment, the dedicated heavy-ion experiment at the LHC: detector conception, hardware and software engineering and physics analysis.

Currently, we are actively discussing future opportunities for the investigation of the QGP with novel probes for new detectors in about 10 years from now.

The present measurements of thermal dilepton radiation from the QGP are strongly limited at the LHC due to instrumentation as well as statistical limitations such that an extraction of a temperature is only feasible with considerable uncertainties and integrated over phase space.

Similarly, the interpretation of quarkonium data is strongly limited by the lack of precise data on feed-down contributions to the well measured ground states and the modification of the excited states. The most important and, in heavy-ion collisions, completely unknown feed-down is the elusive χ_c meson.

The goal of this internship is to carry a feasibility study either on multidifferential dilepton measurements, the most direct access to the geometry and temperature of the QGP, or on the χ_c measurement, a very discriminative measurement for the interpretation of quarkonium in view of deconfinement. In parallel, the sensitivity to constrain medium properties with these measurements will be evaluated using analytical calculations of the hydrodynamic expansion which are a first step to more elaborated numerical calculations.

We will compare in this study two different detector set-ups, one at forward rapidity and one at midrapidity planned for construction for around 2030. After some initial feasibility assessment, the study will provide input to define requirements for the detector layout to be built.

The student will familiarise with the physics of the QGP, basic c++ programming and python, if wished, basics in detector physics, simulation, data analysis and uncertainty estimation. The work will be based on fast Monte Carlo simulation tools.

Keywords

Particle physics; QGP, LHC, Quarkonia, electromagnetic radiation

Skills

Relativistic kinematics, programming, MC simulations

Softwares

C++