



Développement d'un algorithme pour trouver les vertex déplacés pour l'expérience CLAS12

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 05/06/2023

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [DEFURNE Maxime](#)
+33 1 69 08 32 37
maxime.defurne@cea.fr

Résumé

The main objective of the internship is to implement an algorithm able to resolve displaced vertices. This algorithm will significantly improve the reconstruction of long-lived particles decaying a few centimeter away from the beam. It may even make possible the study of new physics channels, key to the understanding of the proton structure.

Sujet détaillé

Deep inelastic collisions of electrons off protons are the cleanest way to investigate the inner structure of nucleons and nuclei. With a 10.6 GeV electron beam colliding with protons at rest, the CLAS12 experiment aims at understanding how valence quarks and gluons (i.e. carrying more than 10% of the proton momentum) organize themselves to form a proton.

From these collisions, strange particles are sometimes produced: these strange particles are composed a strange quark and often have relatively long lifetime as they decay through the weak interaction. As the produced strange particles travel in the lab almost at the speed of light, their decay occurs a few centimeters away from the electron-proton collision site also known as vertex. As the reconstruction software assumes that all particles are coming from the beam, the 4-momenta of the decay products are misreconstructed and the strange particle consequently not detected.

The goal of the internship is to implement an algorithm able to find intersections (vertices) between the trajectory of particles and derive the 4-momenta of the particles at this intersection. With the correct momenta, the strange particle will be properly reconstructed and identified.

The student will have the opportunity to report in international meetings about his/her progress. If fast enough, this algorithm may become an official tool of the CLAS12 collaboration and lead to a technical publication.

Mots clés

Physique des particules, software, reconstruction de particules

Compétences

Logiciels

C++, Python, Java... choice is yours as long as the code is efficient and fast.

Development of an algorithm to find displaced vertices for the CLAS12 experiment

Summary

The main objective of the internship is to implement an algorithm able to resolve displaced vertices. This algorithm will significantly improve the reconstruction of long-lived particles decaying a few centimeter away from the beam. It may even make possible the study of new physics channels, key to the understanding of the proton structure.

Full description

Deep inelastic collisions of electrons off protons are the cleanest way to investigate the inner structure of nucleons and nuclei. With a 10.6 GeV electron beam colliding with protons at rest, the CLAS12 experiment aims at understanding how valence quarks and gluons (i.e. carrying more than 10% of the proton momentum) organize themselves to form a proton.

From these collisions, strange particles are sometimes produced: these strange particles are composed a strange quark and often have relatively long lifetime as they decay through the weak interaction. As the produced strange particles travel in the lab almost at the speed of light, their decay occurs a few centimeters away from the electron-proton collision site also known as vertex. As the reconstruction software assumes that all particles are coming from the beam, the 4-momenta of the decay products are misreconstructed and the strange particle consequently not detected.

The goal of the internship is to implement an algorithm able to find intersections (vertices) between the trajectory of particles and derive the 4-momenta of the particles at this intersection. With the correct momenta, the strange particle will be properly reconstructed and identified.

The student will have the opportunity to report in international meetings about his/her progress. If fast enough, this algorithm may become an official tool of the CLAS12 collaboration and lead to a technical publication.

Keywords

Particle physics, software, particle reconstruction

Skills

Softwares

C++, Python, Java... choice is yours as long as the code is efficient and fast.



Étude de la rotation de la surface des étoiles avec les données de la mission TESS de la NASA, à l'aide de techniques de filtrage par ondelettes et d'apprentissage profond.

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LDE3](#)

Candidature avant le 09/05/2024

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [GARCIA Rafael A.](#)

+33 1 69 08 27 25

rafael.garcia@cea.fr

Autre lien <http://www.cosmostat.org>

Résumé

Pendant ce stage, nous proposons d'étudier la rotation de surface des étoiles en utilisant les données obtenues par le satellite de la NASA TESS. Pour cela, nous proposons d'améliorer les performances de l'algorithme d'apprentissage profond de Clayton et al. (2022) en développant un filtrage par ondelettes pour réduire les perturbations instrumentales visibles dans les séries temporelles.

Sujet détaillé

Les étoiles similaires au Soleil avec des enveloppes convectives externes développent une activité magnétique et des cycles comme conséquence de l'interaction entre, la rotation, la convection et les champs magnétiques. Grâce aux taches sombres et aux facules brillantes qui évoluent à leur surface, il est possible de mesurer la rotation moyenne de la surface des étoiles en utilisant de longs relevés photométriques comme ceux effectués par la mission Kepler de la NASA (par exemple Santos et al. 2019,2021) ou la mission TESS de la NASA :

Pendant ce stage, nous proposons d'étudier la rotation de surface en utilisant les données obtenues par TESS. TESS observe le ciel par sections de 27 jours avec quatre caméras regardant à différentes latitudes, couvrant un hémisphère complet du ciel après un an. Voir plus de détails ici :

<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/tess/primary.html>

Ainsi, seules les étoiles en rotation très rapide peuvent être étudiées en toute sécurité par cette mission spatiale avec les observations de 27 jours. Cependant, les étoiles proches des pôles écliptiques peuvent être observées pendant une année complète, et celles situées à des latitudes écliptiques élevées peuvent être observées en continu pendant plusieurs mois, ce qui permet d'observer des étoiles à rotation lente avec TESS.

Malheureusement, les observations de TESS souffrent de nombreux problèmes instrumentaux qui affectent la stabilité

des mesures, ce qui rend difficile l'étude des taux de rotation de surface. Pour atténuer ces problèmes, un algorithme basé sur l'apprentissage profond (« Deep Learning ») a été développé par Clayton et al. (2022) avec des résultats très prometteurs.

Dans ce stage, nous aimerions développer un algorithme de filtrage basé sur les ondelettes afin d'aller au-delà de l'algorithme actuel de Clayton et al. 2022 et de réduire les problèmes instrumentaux dans les données de TESS avant d'appliquer les techniques d'apprentissage profond mentionnées ci-dessus. Par conséquent, ce stage sera une introduction à la physique stellaire tout en permettant à l'étudiant de maîtriser les algorithmes modernes d'analyse de données tels que le filtrage par ondelettes et les algorithmes de « Machine Learning ».

Le stage se déroulera au Département d'Astrophysique (DAp) du CEA/Saclay. Il sera dirigé par Rafael A. García (AIM/CEA-DAp/LDE3) avec la co-direction de Jean-Luc Starck (AIM/CEA-DAp/COSMOSTAT) et de Zachary Clayton, Université de Floride (USA).

NASA TESS Mission:

<https://www.nasa.gov/tess-transiting-exoplanet-survey-satellite>

Clayton et al. 2022:

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac498f>

Santos et al. 2019, 2021

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ab3b56>

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ac033f>

Mots clés

Physique stellaire, rotation de surface, analyse de données, filtrage en ondelettes, apprentissage profond.

Compétences

Physique stellaire, rotation de surface, analyse de données, filtrage en ondelettes, apprentissage profond.

Logiciels

Python

Studying stellar surface rotation with (NASA) TESS mission data using wavelet filtering and deep learning techniques

Summary

During this internship, we propose to study the surface rotation of stars using data obtained by the NASA TESS satellite. To this end, we propose to improve the performance of the deep learning algorithm of Clayton et al (2022) by developing a wavelet-based filtering to reduce existent instrumental perturbations visible in the time series.

Full description

Stars similar to the Sun with external convective envelopes develop magnetic activity and cycles as a consequence of the interaction between, rotation, convection, and magnetic fields. Thanks to the dark spots and bright faculae evolving at their surfaces, it is possible to measure the average surface rotation of the stars using long photometric surveys such as the ones done by the NASA Kepler mission (e.g. Santos et al. 2019, 2021) or the NASA TESS mission:

During this internship we propose to study the surface rotation using the data obtained by TESS. TESS observes the sky in sections of 27days with four cameras looking at different latitudes, covering a full sky hemisphere after one year. See more details here:

<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/tess/primary.html>

Thus, only stars rotating very fast can be safely studied with this space mission with the 27d chunks. However, stars close to the ecliptic poles can be observed for a full year, and those at higher ecliptic latitudes can be observed continuously for several months allowing observations of slow rotating stars with TESS.

Unfortunately, TESS observations suffer many instrumental issues that affect the stability of the measurements, which make difficult the study of the surface rotation rates. To mitigate these issues, a deep learning-based algorithm was developed by Claytor et al. (2022) with very promising results.

In this internship we would like to develop a wavelet-based filtering algorithm in order to go beyond the current algorithm and reduce the instrumental features in the TESS data before applying the above mentioned deep learning techniques. Therefore, this internship will be an introduction to solar and stellar physics while allowing the student to master modern state of the art data analysis algorithms such as wavelet filtering and machine technique algorithms.

The internship will be at the Astrophysics Division (DAp) of the CEA/Saclay. It will be directed by Rafael A. García (AIM/CEA-DAp/LDE3) with the co-direction of Jean-Luc Starck (AIM/CEA-DAp/COSMOSTAT) and by Zachary Claytor, University of Florida (USA).

NASA TESS Mission:

<https://www.nasa.gov/tess-transiting-exoplanet-survey-satellite>

Clayton et al. 2022:

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac498f>

Santos et al. 2019, 2021

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ab3b56>

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ac033f>

Keywords

Stellar physics, Surface rotation, data analysis, wavelet filtering, deep learning

Skills

Stellar physics, Surface rotation, data analysis, wavelet filtering, deep learning

Softwares

Python



Application d'une nouvelle méthode de machine learning pour la reconstruction 3D à l'aide de trajectoires de muons

Spécialité Instrumentation

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 1

Unité d'accueil [DEDIP/DEPHYS](#)

Candidature avant le 30/06/2023

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [GOMEZ-MALUENDA Hector](#)
01 69 08 63 80
hector.gomez@cea.fr

Résumé

Dans de récentes publications en machine learning, il a été montré que des réseaux de neurones profonds peuvent apprendre à imiter des algorithmes itératifs et éventuellement avoir de meilleures performances. L'étudiant.e aura à faire une preuve de concept de ce processus (appelé algorithm unrolling) sur l'algorithme itératif SART qui permet de reconstruire des objets en 3D (dans le domaine médical, mais aussi dans l'imagerie muonique).

Sujet détaillé

- Contexte:

La muographie est une méthode de scan non invasive et non destructive adaptée aux structures de grande taille. Elle est actuellement appliquée dans une large variété de contextes comme la volcanologie, la géophysique ou le nucléaire.

Les muons atmosphériques pouvant traverser de très grandes distances dans la matière avant d'être absorbés ou déviés (contrairement aux rayons X par exemple), la reconstruction de leur trajectoire permet l'étude et l'imagerie des objets traversés à l'aide de différentes techniques (absorption, transmission ou déviation).

A l'Irfu, le groupe muographie réalise des mesures à l'aide d'instruments basés sur les détecteurs Micromegas (MICRO MESH Gaseous Structure), inventés à l'Irfu. Ces détecteurs ont été développés à l'origine pour des expériences de physique nucléaire et de physique des particules. A l'aide de cette technologie, le groupe a pu montrer l'intérêt de la muographie depuis 2015 entre autre sur un château d'eau à Saclay, la pyramide de Khéops et plus récemment sur des réacteurs nucléaires à Marcoule. Ces résultats ont éveillé l'intérêt de l'industrie et de la recherche en France et en Europe pour des applications similaires et plus variées.

Le groupe muographie a une politique de R&D continue sur l'instrumentation des télescopes à muons, le traitement du

signal et l'analyse de données. Le stage proposé sera concentré sur l'analyse de données avec des réseaux de neurones profonds qui utiliseront les trajectoires des muons pour réaliser une image 3D d'une structure étudiée (par exemple un réacteur nucléaire).

Les réseaux de neurones ont prouvé leur efficacité dans de nombreux domaines ces dernières années et de nombreuses applications pourraient bénéficier du machine learning à la place de méthodes conventionnelles.

Cependant, dans certains cas les méthodes de machines learning sont en compétition avec des méthodes et algorithmes très explicites. En effet certains algorithmes reposent sur des connaissances théoriques (comme des modèles physiques) qui ont prouvé leur efficacité. Il est donc difficilement justifiable de remplacer un modèle issu d'une théorie par un réseau de neurone qui se comporte comme une boîte noire ; et cela même si le réseau de neurone peut être plus performant.

Dans le cas de méthodes conventionnelles itératives, une approche récente propose d'entraîner les réseaux de neurones à imiter l'algorithme classique. Cette méthode, appelée algorithm unrolling, pourrait permettre de profiter des performances des réseaux de neurones tout en conservant les propriétés de l'algorithme initial.

Pour la reconstruction 3D de structures (comme un réacteur nucléaire) nous utilisons actuellement l'algorithme itératif SART, issu de l'imagerie médicale. Nous voudrions savoir si la méthode d'algorithm unrolling peut permettre d'augmenter la qualité de la reconstruction ou sa vitesse.

- Objectif :

L'étudiant.e travaillera sur le process d'algorithm unrolling appliqué à la reconstruction 3D d'objets scannés par la muographie.

Mots clés

Muographie, Analyse de données, Physique instrumentale, Reconstruction 3D, Machine learning, Réseaux de neurones profonds, Deep

Compétences

Durant le stage, l'étudiant.e devra : • Comprendre le concept d'algorithm unrolling • Comprendre l'actuel algorithme de reconstruction 3D • Proposer et entraîner une preuve de concept d'algorithm unrolling sur SART • Réaliser une reconstruction 3D et comparer sa qualité

Logiciels

• Bon niveau en Python • Connaissances de base en machine learning et réseaux de neurones profonds • Utilisateur de linux

Application of a new machine learning methods to 3D muon tracks reconstruction with deep neural network

Summary

In recent machine learning publications, it has been shown that deep neural network could learn to imitate iterative algorithm, and even have better performances. The student will have to do a proof of concept of that process (called algorithm unrolling) for the SART algorithm which allows to reconstruct 3D objects (in the medical field, but also for muon imaging).

Full description

- Context:

Muography is a non-invasive and non-destructive scanning method for large structures; it is currently being considered as a potential technique for a large variety of applications going from volcanology to geophysics, engineering or nuclear domain.

Taking advantage of the capability of atmospheric muons to go through long distances of matter before being absorbed or deviated (on the contrary to X rays for example), muons track reconstruction allows the study and the imaging of the traversed objects using different analysis techniques (absorption, transmission or deviation).

At Lrfu, the group working on muography performs measurements using instruments based on Micromegas (MICRO MESH Gaseous Structure) detectors. Invented at Lrfu, Micromegas were conceived originally to be used at nuclear and particle physics experiments. Among the measurements done by the group from 2015, those of the "château d'eau" at Saclay, the Khufu's pyramid or, lately, of a nuclear reactor at CEA - Marcoule, can be highlighted. These results triggered the interest of several industrial groups in France and all along Europe for the previously mentioned applications or to new ones.

Muography team at Lrfu develops a continuous R&D program both for telescopes instrumentation and signal processing and analysis techniques. The following internship will be focused on the development of 3D muon tracks reconstruction based on deep neuronal networks.

Deep neural networks have shown to be applicable and efficient in many new fields last years. Many specific applications may benefit from machine learning to replace previous methods.

However, machine learning algorithm can sometime be in competition with previous conventional methods based on explicit models. Some algorithms come from theoretical approaches and are therefore proven to be effective. It is then hard to justify replacing that kind of solution with a black-box algorithm, even with a performance gain.

In the case of conventional iterative algorithm, a recent proposition is to try to learn the iterative process with a deep neural network. This method, called algorithm unrolling, could provide better performances but also keep the properties of the initial algorithm.

We currently use the SART iterative algorithm to do 3D reconstructions of objects (like a nuclear reactor) using muon tracks. We would be interested in recent machine learning publications, it has been shown that deep neural network could learn to imitate iterative algorithm, and even have better performances. The student will have to do a proof of concept of that process (called algorithm unrolling) for the SART algorithm which allows to reconstruct 3D objects (in the medical field, but also for muon imaging). We are interested in the idea that algorithm unrolling could help us increase the quality of the reconstruction, or do it faster with the same precision.

- Goal:

The candidate will work on the development of an algorithm unrolling process for the 3D reconstruction of objects

scanned by muography. This reconstruction is made using the SART algorithm (usually used for medical applications but currently used for muon tomography as well).

Keywords

Muography, Data analysis, Instrumental Physics, 3D Reconstruction, Machine learning, Deep neural networks, Algorithm unrolling

Skills

During this internship, the intern would need to: • Understand the concept of algorithm unrolling • Understand the current 3D reconstruction algorithm • Propose and train a proof of concept to unroll the 3D reconstruction • Perform a 3D reconstruction and evaluate the performance increase/decrease

Softwares

• Bon niveau en Python • Connaissances de base en machine learning et réseaux de neurones profonds • Utilisateur de linux



Machine learning pour le démultiplexage de pixels dans une Time Projection Chamber pour des applications muographiques

Spécialité Instrumentation

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 1

Unité d'accueil [DEDIP/DEPHYS](#)

Candidature avant le 30/06/2023

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [GOMEZ-MALUENDA Hector](#)
01 69 08 63 80
hector.gomez@cea.fr

Résumé

L'étudiant.e devra développer un réseau de neurones pour reconstruire les traces de muons projetées sur un détecteur dont les pixels sont hexagonaux. Pour cela l'étudiant.e aura besoin d'implémenter une variante des couches convolutionnelles 2D pour des pixels hexagonaux.

Sujet détaillé

- Contexte:

La muographie est une méthode de scan non invasive et non destructive adaptée aux structures de grande taille. Elle est actuellement appliquée dans une large variété de contextes comme la volcanologie, la géophysique ou le nucléaire.

Les muons atmosphériques pouvant traverser de très grandes distances dans la matière avant d'être absorbés ou déviés (contrairement aux rayons X par exemple), la reconstruction de leur trajectoire permet l'étude et l'imagerie des objets traversés à l'aide de différentes techniques (absorption, transmission ou déviation).

A l'Irfu, le groupe muographie réalise des mesures à l'aide d'instruments basés sur les détecteurs Micromegas (MICRO MESH Gaseous Structure), inventés à l'Irfu. Ces détecteurs ont été développés à l'origine pour des expériences de physique nucléaire et de physique des particules. A l'aide de cette technologie, le groupe a pu montrer l'intérêt de la muographie depuis 2015 entre autre sur un château d'eau à Saclay, la pyramide de Khéops et plus récemment sur des réacteurs nucléaires à Marcoule. Ces résultats ont éveillé l'intérêt de l'industrie et de la recherche en France et en Europe pour des applications similaires et plus variées.

Le groupe muographie a une politique de R&D continue sur l'instrumentation des télescopes à muons, le traitement du signal et l'analyse de données. Le stage proposé sera concentré sur le développement d'une nouvelle méthode de

reconstruction à l'aide de réseaux de neurones pour une TPC (Time Projection Chamber).

Les TPC sont un type de détecteurs gazeux dans lequel l'interaction d'une particule avec le gaz est projetée sur un plan par un champ électrique. Dans l'expérience D3DT, les muons qui traversent un cylindre ionisent un gaz et les électrons sont projetés sur un détecteur au fond du cylindre. Sur ce détecteur, le signal est recueilli sur des pixels pour construire une image sur laquelle on s'attend à voir la projection 2D de la trace 3D des muons.

Cependant, pour de multiples raisons, il n'est pas possible de mesurer le signal sur tous les pixels séparément. Nous avons uniquement accès à un signal « multiplexé », qui est la somme de certaines combinaisons de pixels. C'est pourquoi nous avons besoin d'un processus de démultiplexage, qui estime quels pixels ont réellement été touchés.

Il a été montré dans d'autres détecteurs que les réseaux de neurones convolutionnels peuvent être une bonne approche pour résoudre ce problème. Cependant, le détecteur D3DT a des pixels hexagonaux, ce qui rend impossible l'utilisation de couches convolutionnelles classiques. Il sera donc nécessaire d'adapter les couches existantes pour construire un réseau.

- Objectif:

L'étudiant.e devra proposer une implémentation d'un algorithme de démultiplexage à l'aide de réseaux de neurones adaptés au détecteur D3DT.

Mots clés

Muographie, Analyse de données, Physique instrumentale, Time projection chambers, Machine learning, Réseaux de neurones profonds

Compétences

Durant le stage, l'étudiant.e devra : • Comprendre comment le détecteur D3DT et son multiplexage fonctionnent • Comprendre la méthode de démultiplexage actuelle • Développer une implémentation de convolutions pour des pixels hexagonaux • Développer et entraîner un réseau pour démultiplexer le détecteur

Logiciels

• Bon niveau en Python • Intéressé par le machine learning et réseaux de neurones profonds • Utilisateur de linux

Machine learning for pixel demultiplexing in a gaseous time projection chamber for muography applications

Summary

The student will need to develop a machine learning method to reconstruct particle tracks projected on a detector. For that, the student will need to try to use convolutional neural networks. However the pixels of our detector are hexagonal, which mean that the candidate will have to implement his or her own version of the convolution algorithm.

Full description

- Context:

Muography is a non-invasive and non-destructive scanning method for large structures; it is currently being considered as a potential technique for a large variety of applications going from volcanology to geophysics, engineering or nuclear domain.

Taking advantage of the capability of atmospheric muons to go through long distances of matter before being absorbed or deviated (on the contrary to X rays for example), muons track reconstruction allows the study and the imaging of the traversed objects using different analysis techniques (absorption, transmission or deviation).

At Lrfu, the group working on muography performs measurements using instruments based on Micromegas (MICRO MESH GASEOUS STRUCTURE) detectors. Invented at Lrfu, Micromegas were conceived originally to be used at nuclear and particle physics experiments. Among the measurements done by the group from 2015, those of the "château d'eau" at Saclay, the Khufu's pyramid or, lately, of a nuclear reactor at CEA - Marcoule, can be highlighted. These results triggered the interest of several industrial groups in France and all along Europe for the previously mentioned applications or to new ones.

Muography team at Lrfu develops a continuous R&D program both for telescopes instrumentation and signal processing and analysis techniques. The following internship will be focused on the development of new signal reconstruction process based on machine learning for a Time Projection Chamber.

Time projection chambers are a type of gaseous detectors in which the interaction of a particle with a gas will be projected on a plane by an electric field. In the D3DT experiment, muons that cross a cylinder will ionize a gas and electrons will drift to a detector plane. On that detector, the signal is gathered in pixels that build an image, on which we expect to see the 2D projection of the 3D particle track.

However, for many reasons, it is not possible to measure the signal of each pixel separately. We only have access to a "multiplexed" signal, which is the sum of some pixel combination. That is why we need a demultiplexing process, in which an algorithm estimates what pixels were really hit. It has been shown on other detectors that convolutional neural networks could be a good approach for this problem. However, the D3DT detector has hexagonal pixels. It will be necessary to adapt the convolutional layer to hexagonal pixels.

- Goal:

The candidate would need to propose a new implementation of a demultiplexing algorithm for D3DT using recent machine learning developments.

Keywords

Muography, Data analysis, Instrumental Physics, Time projection chambers, Gaseous detectors, Machine learning, Deep neural network

Skills

During this internship, the intern would need to:

- Understand how the TPC detector and its multiplexing works
- Understand the current demultiplexing approach
- Develop an implementation of a convolutional layer for hexagonal pixels
- Develop and train a network to demultiplex the detector pixels

Softwares

- Bon niveau en Python
- Intéressé par le machine learning et réseaux de neurones profonds
- Utilisateur de linux



Faisabilité des mesures PQG futures au LHC

Spécialité Physique corpusculaire des accélérateurs

Niveau d'étude Bac+3

Formation DUT/L2

Unité d'accueil [DPhN/LQGP](#)

Candidature avant le 30/06/2023

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [WINN Michael](#)
+33 1 69 08 55 86
michael.winn@cea.fr

Résumé

Le plasma quark-gluon est un état exotique de la matière créé à des températures extrêmes lors de collisions d'ions lourds au LHC au CERN. Le stage propose une étude de faisabilité de mesures des corrélations des particules de quarks lourds, une observable clé pour la caractérisation du plasma quark-gluon.

Sujet détaillé

Au Large Hadron Collider (LHC) à Genève, des collisions de noyaux de plomb sont utilisées pour créer un système thermodynamique décrit par la dynamique des fluides dans des conditions extrêmes. Cet état de la matière est communément appelé Plasma Quark-Gluon (PQG) et dont l'évolution temporelle est décrite par l'hydrodynamique relativiste. Dans ces collisions, des quarks lourds sont créés dans des paires aux premiers instants et leur nombre est conservé pendant la durée de vie du plasma. Par conséquent, ces paires de quarks sont des témoins de la collision. La corrélation initiale des deux quarks lourds est modifiée par l'interaction des deux quarks avec le PQG. Cette modification peut nous renseigner sur le mécanisme avec lequel les quarks interagissent avec le PQG. Jusqu'à ce jour, une mesure n'a pas été réalisée.

Le laboratoire PQG du département de physique nucléaire du CEA Saclay est activement impliqué à tous les niveaux de l'exploration expérimentale du PQG avec l'expérience ALICE, l'expérience dédiée aux ions lourds au LHC. Actuellement, le groupe étudie de nouvelles sondes et de nouveaux détecteurs pour étudier le PQG dans l'expérience LHCb, telles que la corrélation des quarks lourds.

L'un des défis de cette mesure expérimentale est le rejet du bruit de fond du grand nombre de particules produites dans la collision et la rareté du signal. Le stage propose d'étudier le rejet de bruit de fond avec les performances des détecteurs futures pour réaliser une première mesure. Ce travail se basera sur des outils de simulation Monte Carlo rapides. Le candidat se familiarisera avec la physique du PQG, la programmation de base en C++, et les bases de l'analyse des données.

Mots clés

Compétences

simulation de Monte Carlo

Logiciels

C++

Feasibility of future QGP measurements at the LHC

Summary

The Quark-Gluon Plasma is an exotic state of matter created under extreme temperatures in heavy-ion collisions at the LHC at CERN.

The proposed internship consists of a feasibility study of heavy quark particle correlations, a key observable for the characterisation of the quark-gluon plasma.

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. This state of matter is commonly called Quark-Gluon Plasma (QGP). Its time evolution is described by relativistic hydrodynamics. In these collisions, heavy quarks are created in pairs in the early stages and their number is conserved during the plasma lifetime. Consequently, these quark pairs are witnesses of the collision. The initial correlation between the two heavy quark is modified by the strong interaction of these two quarks with the QGP. Until today, no measurement has been realised.

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. Currently, the group investigates novel probes and new detectors for QGP studies in the LHCb experiment, such as heavy quark correlations.

One of the main challenges of experimental measurement is the rejection of background from the numerous particles produced in the collision and the rareness of the signal. The internship's objective is the study of the background rejection with the performance of future detectors to realise a first measurement. The work will be based on fast Monte Carlo simulation tools. The candidate will familiarise himself/herself with the physics of the QGP, basic C++ programming and basics in data analysis.

Keywords

Skills

MC simulations

Softwares

C++



Estimation des excès de carbone-14 induits par des supernovæ galactiques

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LEPCHE](#)

Candidature avant le 26/07/2023

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [STOLARCZYK Thierry](#)

+33 1 69 08 78 12

thierry.stolarczyk@cea.fr

Autre lien

https://www.lsce.ipsl.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_groupe.php?id_groupe=19

Résumé

Le stage se déroule dans le contexte du projet CHASCA dont le but est de rechercher des excès de ^{14}C issus de supernovæ répertoriées dans les écrits historiques à partir de cernes échantillonnés dans des cyprès de Patagonie. Le travail consiste à établir l'ordre de grandeur du signal attendu à partir de simulations numériques.

Sujet détaillé

Les atomes de ^{14}C radioactifs (demi-vie de 5730 ans) sont produits de façon continue à l'interface troposphère-stratosphère lors l'interaction des particules du rayonnement cosmique. Ils sont absorbés sous forme de CO_2 par les océans ou par la végétation lors de la photosynthèse.

La teneur en ^{14}C dans l'atmosphère varie avec l'activité solaire qui influe sur le bouclier géomagnétique, et avec les fluctuations climatiques qui modifient les échanges entre les réservoirs carbonés de la Terre. En plus de ces fluctuations, des événements solaires violents (SPE, Solar particle Event) émettant des protons à haute énergie, peuvent produire des excès significatifs dont certains sont repérés depuis une dizaine d'années dans les cernes annuels des arbres, grâce à l'améliorations des techniques de mesure du ^{14}C .

Certains excès pourraient également être attribués à l'explosion d'étoiles proches en fin de vie, des supernovæ galactiques. Leur identification et leur caractérisation donne la possibilité de contraindre le flux de rayons gamma de haute énergie ($> \text{MeV}$) émis lors de ces événements, un phénomène jamais observé jusqu'à aujourd'hui.

Le stage se déroule dans le contexte du projet CHASCA dont le but est de rechercher la trace de supernovæ répertoriées dans les écrits historiques à partir de cernes échantillonnés dans des cyprès de Patagonie. Le travail consiste à établir l'ordre de grandeur du signal attendu à partir de :

- flux de rayons gamma de Supernovæ publiés sous la forme de modèles analytiques;
- la simulation de la production par le rayonnement cosmique de neutrons de spallations dans l'atmosphère qui,

capturés par le ^{14}N , produisent le ^{14}C ;
- la modélisation de l'absorption du CO_2 en utilisant des modèles simplifiés d'échange atmosphérique (carbon-box model).

Mots clés

Carbone-14, Supernova, activités solaires, atmosphère

Compétences

Analyse numérique - Simulation numérique

Logiciels

Python

Estimation of carbon-14 excesses from galactic supernovae

Summary

The internship takes place in the context of the CHASCA project, the aim of which is to search for an excess of ^{14}C from supernovae listed in historical writings from tree rings sampled in Patagonian cypresses. The work consists in establishing the order of magnitude of the expected signal from numerical simulations

Full description

Radioactive ^{14}C atoms (half-life 5730 years) are continuously produced at the troposphere-stratosphere interface during the interaction of cosmic ray particles. They are absorbed in the form of CO_2 by the oceans or by vegetation during photosynthesis.

The ^{14}C content in the atmosphere varies with solar activity that influences the geomagnetic shield, and with climatic fluctuations that modify the exchanges between the carbon reservoirs of the Earth. In addition to these fluctuations, violent solar events (SPE, Solar particle Event) emitting high-energy protons can produce significant excesses, some of which have been detected since ten years in the annual rings of trees, thanks to the improvements in ^{14}C measurement techniques.

Some excesses could also be attributed to the explosion of nearby stars at the end of their life, galactic supernovae. Their identification and characterization gives the possibility of constraining the flux of high-energy gamma rays ($> \text{MeV}$) emitted during these events, a phenomenon never observed until today.

The internship takes place in the context of the CHASCA project, the aim of which is to search for traces of supernovae listed in historical writings from tree rings sampled in Patagonian cypresses. The work consists in establishing the order of magnitude of the expected signal from:

- Supernovae gamma-ray fluxes published as analytical models;
- Simulation of the production by cosmic radiation of spallation neutrons in the atmosphere which, captured by ^{14}N , produce ^{14}C ;
- modeling of CO_2 absorption using simplified models of atmospheric exchange (carbon-box model).

Keywords

Radiocarbon, Supernova, solar activity, atmosphere

Skills

Numerical Analysis - Numerical simulation

Softwares

Python



Caractérisation de la chaîne de détection, projet G-LEAD

Spécialité Instrumentation

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 1

Unité d'accueil [DEDIP/LASYD](#)

Candidature avant le 11/08/2023

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [REYMOND Jean-Marc](#)

+33 1 69 08 44 84

jean-marc.reymond@cea.fr

Résumé

Sujet détaillé

L'Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers du CEA s'emploie à des recherches portant sur les interactions fondamentales et la cosmologie. Une des problématiques abordées est l'identification de la matière noire, composante majoritaire de notre univers et dont la nature reste inconnue. Le projet G-LEAD (GHz laboratory experiments for axion dark matter) vise à mettre en oeuvre des dispositifs expérimentaux permettant d'identifier la matière noire. Les expériences en cours de montage impliquent l'utilisation de champs magnétiques intenses et l'opération de détecteurs dans des environnements cryogéniques. Il est envisagé que la matière noire présente dans la pièce soit convertie en ondes radios conventionnelles à des fréquences entre 10 GHz et 50 GHz. Ce signal potentiel est recueilli sur une antenne, puis traité par une chaîne d'amplificateurs bas bruits, pour être finalement lu dans un analyseur de spectre. L'enjeu de la détection est d'avoir une chaîne de détection la plus sensible possible. Le bruit principal sera constitué du bruit thermique et des bruits induits par l'électronique elle-même. L'objectif du stage est de caractériser la chaîne de détection, en caractérisant les différents étages d'amplification (gain, température de bruit, paramètres S). Un banc de test dédié sera exploité, avec une participation à sa mise en place, la prise de données, l'optimisation de l'utilisation d'un analyseur de spectres, et l'interprétation des données. Si le projet avance bien et selon l'intérêt du/de la candidat.e, il est envisagé de tester des méthodes d'analyses permettant de s'affranchir de l'analyseur de spectre, en particulier en réalisant une détection hétérodyne, faite par des moyens de mélange de fréquence, amplification, sampling et traitement (FFT sur FPGA, VHDL).

Mots clés

Compétences

Logiciels

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares