



Simulation d'un détecteur bêta pour l'étude des antineutrinos de réacteur

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingénieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 04/04/2024

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [LETOURNEAU Alain](#)
+33 1 69 08 76 01
alain.letourneau@cea.fr

Résumé

Nous proposons d'étudier les différentes options pour la construction d'un détecteur d'électrons qui servira à mesurer les spectres bêta émis par les fragments de fission. Le travail sera réalisé par simulation à l'aide du code Geant4, complété par des mesures réalisées en laboratoire avec un prototype et des sources bêta. Ces mesures serviront à valider les simulations.

Sujet détaillé

Les neutrinos sont des particules fascinantes dont certaines propriétés nous échappent encore malgré des années de recherche. Nombre d'avancées, dont leur découverte, ont été rendues possibles grâce aux réacteurs nucléaires, ceux-ci produisant en effet d'importantes quantités d'antineutrinos électroniques par décroissance bêta des fragments de fissions. Les mesures récentes auprès de réacteurs montrent des déviations de quelques pourcents par rapport à la théorie qu'il faut comprendre. Les dernières mesures et études théoriques réalisées par notre équipe [1,2] ont rejeté l'existence d'une nouvelle physique et pointent vers un biais dans la prédiction qui serait dû à un biais expérimental dans les mesures de spectres bêta de fission sur lesquelles elle s'appuie.

Ce travail de stage s'inscrit dans la suite des études menées pour comprendre l'origine des anomalies. Nous projetons de remesurer les spectres bêta de fission des actinides majeurs qui ont été mesurés dans les années 1980 et qui servent de références à la prédiction. Pour ce faire, nous souhaitons développer un détecteur pouvant mesurer les électrons sur une grande gamme en énergie en présence d'un fond de rayonnement gammas. La technologie plastique scintillants semble être aujourd'hui la mieux adaptée et la plus simple à mettre en œuvre moyennant des optimisations.

A l'aide de la simulation Geant4, il s'agira d'étudier les performances de différentes options de détecteur, afin d'orienter les choix de conception. En particulier, les options segmentées semblent intéressantes pour rejeter le bruit de fond gamma mais elles nécessitent une mise en œuvre plus compliquée. En complément, des mesures de validation sur un prototype seront réalisées en laboratoire à l'aide de sources d'étalonnage. Ces mesures permettront de comprendre la réponse d'un détecteur et de calibrer la simulation.

Ce travail constituera le point départ pour concevoir le détecteur final, définir les expériences futures et pour mettre en place les outils de simulation.

-
- [1] The STEREO collaboration, Nature 613, 257 (2023), https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=5083
- [2] A. Letourneau et al., Physical Review Letter 130, 021801 (2023), https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=5094

Mots clés

physique des neutrinos, détecteur bêta

Compétences

Transport des particules par simulation Monte Carlo avec Geant4. Mesures à l'aide de sources d'étalonnage et analyse à l'aide de ROOT.

Logiciels

Geant4, ROOT, C++

Simulation of a beta detector for studying reactor antineutrinos

Summary

We propose to study the different options for the construction of an electron detector that will be used to measure the beta spectra emitted by fission fragments. The work will be carried out by simulation using the Geant4 code, supplemented by laboratory measurements using a prototype and beta sources. These measurements will be used to validate the simulations.

Full description

Neutrinos are fascinating particles, some of whose properties still elude us despite years of research. Many advances, including their discovery, have been made possible by nuclear reactors, which produce large quantities of electron antineutrinos by beta decay of fission fragments. Recent reactor measurements show deviations of a few percent from the theory, which we need to understand. The latest measurements and theoretical studies carried out by our team [1,2] have rejected the existence of a new physics and point to a bias in the prediction that would be due to an experimental bias in the measurements of fission beta spectra on which it is based.

This internship is a continuation of the studies carried out to understand the origin of the anomalies. We plan to re-measure the fission beta spectra of major actinides, which were measured in the 1980s and serve as a reference for prediction. To do this, we want to develop a detector capable of measuring electrons over a wide energy range in the presence of a gamma-ray background. Scintillating plastic technology seems to be the most suitable and easiest to implement today, subject to a few optimizations.

Using the Geant4 simulation, we will study the performance of different detector options, in order to guide design choices. In particular, segmented options appear interesting for rejecting gamma background, but require more complicated implementation. In addition, validation measurements on a prototype will be carried out in the laboratory using calibration sources. These measurements will enable us to understand the response of a detector and to calibrate the simulation.

This work will be the starting point for designing the final detector, defining future experiments and setting up simulation tools.

[1] The STEREO collaboration, Nature 613, 257 (2023), https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=5083

[2] A. Letourneau et al., Physical Review Letter 130, 021801 (2023), https://irfu.cea.fr/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=5094

Keywords

neutrino physics, beta measurement

Skills

Particle transport by Monte Carlo simulation with Geant4. Measurements using calibration sources and analysis with ROOT software.

Softwares

Geant4, ROOT, C++



Etude et simulation d'une ligne de neutrons pour l'installation IFMIF-DONES

Spécialité Neutronique

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 04/04/2024

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [LETOURNEAU Alain](#)
+33 1 69 08 76 01
alain.letourneau@cea.fr

Résumé

Nous proposons d'étudier et de définir les performances d'une ligne de neutrons dédiée à différentes applications comme l'imagerie ou la diffusion neutronique, dans le cadre du projet IFMIF-DONES. Ces études seront réalisées à l'aide du code TOUCAN basé sur Geant4. Elles serviront à définir les lignes qui prendront place dans l'installation.

Sujet détaillé

L'installation IFMIF-DONES (International Fusion Materials Irradiation Facility DEMO Oriented Neutron Source) est une installation en cours de construction à Grenade (Espagne). Elle sera consacrée à l'irradiation et à l'étude des matériaux servant à la structure et à la couverture dans un réacteur de fusion nucléaire. Elle produira un flux de neutrons jamais inégalé sur une gamme en énergie allant jusqu'à 50 MeV. Une grosse partie de ces neutrons n'interagira pas avec les matériaux irradiés et sera perdue. C'est pourquoi il est envisagé d'utiliser une partie de ces neutrons pour d'autres applications dans une salle adjacente dédiée. Les utilisations possibles sont en cours de définition, mais une étude préliminaire menée par notre équipe [1], a montré que IFMIF-DONES aurait le potentiel pour être une installation de première classe.

Dans ce travail de stage, nous proposons de poursuivre le travail entamé dans [1], en étudiant et en définissant des lignes de neutrons pouvant servir à différentes applications comme la radiographie d'objets, pour sonder des matériaux par diffusion neutronique, ou à produire des radioéléments. Le travail consistera à simuler l'ensemble de la chaîne de transport des neutrons, de leur ralentissement dans le modérateur à leur détection, à l'aide du code TOUCAN basé sur Geant4. Il s'agira d'évaluer les performances d'une telle ligne et d'optimiser les combinaisons modérateur-extracteur qui permettront d'améliorer les performances.

Ce travail viendra compléter celui déjà réalisé et sera le point de départ pour choisir et définir les caractéristiques des instruments qui prendront place dans l'installation.

Des connaissances en C++ sont requises pour ce stage qui peut également convenir pour une alternance.

[1] J. Hirtz et al., "Neutron availability in the Complementary Experiments Hall of the IFMIF-DONES facility", Fusion

Engineering and Design 179 (2022) 113133, arXiv:2201.08711

Mots clés

physique nucléaire, sources de neutrons, fusion

Compétences

Transport de particules par simulation Monte Carlo avec Geant4

Logiciels

C++, Geant4, ROOT

Study and simulation of neutron line for the IFMIF-DONES installation

Summary

As part of the IFMIF-DONES project, we propose to study and define the performance of a neutron line dedicated to various applications such as neutron imaging or scattering. These studies will be carried out using the Geant4-based TOUCAN code. They will be used to define the lines that will be installed in the facility.

Full description

The IFMIF-DONES facility (International Fusion Materials Irradiation Facility DEMO Oriented Neutron Source) is currently under construction in Granada (Spain). It will be dedicated to the irradiation and study of materials used for the structure and cladding of a nuclear fusion reactor. It will produce an unprecedented flow of neutrons over an energy range of up to 50 MeV. A large proportion of these neutrons will not interact with the irradiated materials, and will be lost. This is why it is planned to use some of these neutrons for other applications in a dedicated adjacent room. Possible uses are still being defined, but a preliminary study carried out by our team [1] has shown that IFMIF-DONES has the potential to be a first-class facility.

In this internship, we propose to continue the work started in [1], by studying and defining neutron lines that can be used for various applications such as radiography of objects, to probe materials by neutron scattering, or to produce radioelements. The work will involve simulating the entire neutron transport chain, from slowing neutrons down in the moderator to detecting them, using the Geant4-based code TOUCAN. The aim will be to assess the performance of such lines, and to optimize the moderator-extractor combinations that will improve performance.

This work will complement that already carried out, and will be the starting point for choosing and defining the characteristics of the instruments that will take their place in the installation.

[1] J. Hirtz et al., "Neutron availability in the Complementary Experiments Hall of the IFMIF-DONES facility", Fusion Engineering and Design 179 (2022) 113133, arXiv:2201.08711

Keywords

nuclear physics, neutron source, fusion

Skills

Particle transport with Geant4

Softwares

C++, Geant4, ROOT



Développement d'un système de détection gammas appliqué à la calibration à très basse énergie de détecteurs cryogéniques

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 01/06/2024

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [THULLIEZ Loïc](#)
+33 1 69 08 74 53
loic.thulliez@cea.fr

Résumé

Sujet détaillé

La méthode CRAB vise à calibrer les détecteurs cryogéniques utilisés dans les expériences de recherche de matière noire et de diffusion cohérente de neutrinos. Ces expériences ont en commun le fait que le signal recherché est un recul nucléaire de très basse énergie (quelque 100 eV) nécessitant des détecteurs avec une résolution de quelques eV et un seuil de $O(10\text{eV})$, les bolomètres. Or jusqu'à présent il était très difficile de générer des reculs nucléaires d'énergie connue pour caractériser la réponse de ces détecteurs. L'idée principale de la méthode CRAB, détaillée ici [1,2], est d'induire une réaction de capture avec des neutrons thermiques (énergie de 25 meV) sur les noyaux constituant le détecteur cryogénique. Le noyau composé résultant a une énergie d'excitation bien connue, l'énergie de séparation d'un neutron comprise entre 5 et 8 MeV selon les isotopes. Dans le cas où il se désexcite en émettant qu'un seul photon gamma, le noyau va reculer avec une énergie qui est aussi parfaitement connue car donnée par la cinématique à deux corps. Un pic de calibration, dans la gamme recherchée de quelques 100 eV, apparaît alors dans le spectre en énergie du détecteur cryogénique. Une première mesure réalisée, en 2022, avec un détecteur cryogénique en CaWO_4 de l'expérience NUCLEUS (expérience de diffusion cohérente de neutrinos) a permis de valider la méthode [3].

La deuxième phase de ce projet consiste à réaliser une mesure de précision auprès du réacteur Triga-Mark-II à Vienne (TU-Wien, Autriche) en 2024. Cette mesure permettra notamment de tester la linéarité des détecteurs utilisés en ayant accès à plusieurs pics de calibration et d'ouvrir une fenêtre de sensibilité à des effets fins couplant de la physique nucléaire (temps de désexcitation du noyau) et de la physique du solide (temps de recul du noyau dans la matière, création de défauts cristallins produits lors du recul d'un noyau) [4].

Le réacteur Triga-Mark-II fournira un faisceau pur de neutrons thermiques qui sera envoyé sur un cristal de CaWO_4 refroidi à 15 mK placé dans un cryostat. Pour maximiser le rapport signal sur bruit des détecteurs gammas, constitués de cristaux de BaF_2 et BGO, seront placés autour du cryostat pour pouvoir réaliser une mesure en coïncidence entre le signal du bolomètre (détection du recul nucléaire) et le signal dans les détecteurs gammas (détection du gamma de

haute énergie).

Dans ce contexte, le (la) stagiaire participera à la caractérisation de l'ensemble des détecteurs gammas au CEA-Saclay et développera le programme d'analyse associé avec le logiciel ROOT. Ces études expérimentales pourront être appuyées de simulation Geant4. Selon le déroulement des tests, le (la) candidat(e) pourrait être amené à participer à l'installation des détecteurs à l'« Atominstitut » de Vienne (Autriche), pour pouvoir réaliser une première mesure « CRAB haute précision » à l'automne 2024.

L'étudiant(e) pourra être force de propositions, tester ses propres idées et il (elle) aura un aperçu complet d'un travail de développement expérimental. Il(elle) aura aussi l'occasion de présenter son travail à la collaboration internationale CRAB.

Un sujet de thèse est proposé dans la continuité de ce stage.

Références bibliographiques:

[1] L. Thulliez, D. Lhuillier et al. Calibration of nuclear recoils at the 100 eV scale using neutron capture, JINST 16 (2021) 07, P07032 (<https://arxiv.org/abs/2011.13803>)

[2]https://irfu.cea.fr/dphp/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast.php?id_ast=4970

[3] H. Abele et al., Observation of a nuclear recoil peak at the 100 eV scale induced by neutron capture, Phys. Rev. Lett. 130, 211802 (2023) (<https://arxiv.org/abs/2211.03631>)

[4] G. Soum-Sidikov et al., Study of collision and γ -cascade times following neutron-capture processes in cryogenic detectors, Phys. Rev. D 108, 072009 (2023) (<https://arxiv.org/abs/2305.10139>)

Environnement de travail:

Le(La) stagiaire travaillera sur le site du CEA-Saclay, au sein du département de physique nucléaire de l'Irfu au sein du laboratoire des études et des applications des réactions nucléaires (CEA-Saclay/DRF/Irfu/DPhN/LEARN). Des missions seront à prévoir à l'Atominstitut de Vienne (Autriche).

Contacts:

loic.thulliez@cea.fr

david.lhuillier@cea.fr

Mots clés

Compétences

Connaissances de base en physique nucléaire, physique des particules, physique du solide et en instrumentation

Logiciels

C++, Python, Knowledge of GEANT4 and ROOT are a plus

Development of a gamma-ray detection system applied to very low-energy calibration of cryogenic detectors

Summary

Full description

The CRAB method is designed to calibrate cryogenic detectors used in dark matter and coherent neutrino scattering experiments. What these experiments have in common is that the signal they are looking for is a very low-energy nuclear recoil (around 100 eV), requiring detectors with a resolution of a few eV and a threshold of $O(10\text{eV})$, known as bolometers. Until now, however, it has been very difficult to generate nuclear recoils of known energy to characterize the response of these detectors. The main idea behind the CRAB method, detailed here [1,2], is to induce a capture reaction with thermal neutrons (25 meV energy) on the nuclei making up the cryogenic detector. The resulting compound nucleus has a well-known excitation energy, the neutron separation energy of between 5 and 8 MeV, depending on the isotope. If it de-excites, emitting a single gamma photon, the nucleus will retreat with an energy that is also perfectly known, as given by two-body kinematics. A calibration peak, in the desired range of some 100 eV, then appears in the energy spectrum of the cryogenic detector. A first measurement carried out in 2022 with a cryogenic CaWO_4 detector of the NUCLEUS experiment (coherent neutrino scattering experiment) validated the method [3].

The second phase of this project involves a precision measurement at the Triga-Mark-II reactor in Vienna (TU-Wien, Austria) in 2024. In particular, this measurement will test the linearity of the detectors used, with access to several calibration peaks, and open a window of sensitivity to fine effects coupling nuclear physics (nucleus de-excitation time) and solid-state physics (nucleus recoil time in matter, creation of crystalline defects produced when a nucleus recoils) [4].

The Triga-Mark-II reactor will supply a pure beam of thermal neutrons, which will be sent to a CaWO_4 crystal cooled to 15 mK and placed in a cryostat. To maximize the signal-to-noise ratio, gamma detectors made of BaF_2 and BGO crystals will be placed around the cryostat to enable coincident measurement between the bolometer signal (nuclear recoil detection) and the signal in the gamma detectors (high-energy gamma detection).

In this context, the trainee will participate in the characterization of all gamma detectors at CEA-Saclay, and develop the associated analysis program with the ROOT software. These experimental studies may be supported by Geant4 simulation. Depending on the progress of the tests, the candidate may be asked to take part in the installation of the detectors at the Atominstitut in Vienna (Austria), so as to be able to carry out a first "high-precision CRAB" measurement in autumn 2024.

The student will be able to make proposals, test his or her own ideas and gain a comprehensive insight into experimental development work. They will also have the opportunity to present their work to the international CRAB collaboration.

A thesis subject is proposed as a continuation of this internship.

Bibliography:

[1] L. Thulliez, D. Lhuillier et al. Calibration of nuclear recoils at the 100 eV scale using neutron capture, JINST 16 (2021) 07, P07032 (<https://arxiv.org/abs/2011.13803>)

[2]https://irfu.cea.fr/dphp/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast.php?id_ast=4970

[3] H. Abele et al., Observation of a nuclear recoil peak at the 100 eV scale induced by neutron capture, Phys. Rev. Lett. 130, 211802 (2023) (<https://arxiv.org/abs/2211.03631>)

[4] G. Soum-Sidikov et al., Study of collision and γ -cascade times following neutron-capture processes in cryogenic detectors, Phys. Rev. D 108, 072009 (2023) accepted (<https://arxiv.org/abs/2305.10139>)

Working environment:

The intern will work at the CEA-Saclay site, in the Irfu Nuclear Physics Department within the Laboratory for Nuclear

Reaction Studies and Applications (CEA-Saclay/DRF/Irfu/DPhN/LEARN). Missions to the Atominstitut in Vienna (Austria) are also planned.

Contacts:

loic.thulliez@cea.fr

david.lhuillier@cea.fr

Keywords

Skills

Basic knowledge of nuclear physics, particle physics, solid state physics and instrumentation

Softwares

C++, Python, Knowledge of GEANT4 and ROOT are a plus



Nu-INCL : modélisation de l'interaction neutrino-nucléon dans INCL pour la physique des neutrinos

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 17/04/2024

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [LETOURNEAU Alain](#)
+33 1 69 08 76 01
alain.letourneau@cea.fr

Résumé

Il est proposé d'étendre les fonctionnalités du code de cascade intranucléaire INCL - un code largement utilisé pour traiter des réactions nucléaires - en ajoutant l'interaction neutrino-nucléon. Cet ajout permettra son utilisation par les futures expériences de neutrinos auprès d'accélérateurs pour accroître leur sensibilité.

Sujet détaillé

Des avancées majeures ont été réalisées ces dernières décennies dans l'étude des neutrinos. Petit à petit ces particules furtives révèlent leurs secrets et le secret des symétries fondamentales qui gouvernent notre Univers. Mais compte tenu de leur faible interaction avec la matière, les prochaines générations d'expériences neutrinos vont buter sur la précision avec laquelle nous sommes capables de modéliser leur interaction avec un noyau de l'atome. C'est pourquoi un gros effort est consenti dans ce sens pour développer des modèles d'interaction précis et validés. A l'heure actuelle, les modèles s'appuient sur une décomposition en plusieurs étapes qui commencent par l'interaction du neutrino avec un nucléon du noyau, puis le nucléon résultant de l'interaction est ensuite propagé dans le noyau via une cascade intra-nucléaire. Cette factorisation est extrêmement pratique puisqu'elle permet de découpler les différentes contributions, mais elle ne permet pas d'avoir une modélisation cohérente prenant en charge toutes les corrélations.

Un travail liminaire sur le traitement de l'interaction neutrino-noyau avec le code de cascade intra-nucléaire INCL, que nous développons dans l'équipe et qui est implémenté dans Geant4, a montré l'intérêt d'un tel code pour traiter la complexité de la phase finale de l'interaction [1]. Ce travail a aussi montré les limites de l'utilisation de ce code sous sa forme actuelle : l'interaction neutrino-nucléon n'est pas implémentée dans le code.

Nous proposons dans ce stage de poursuivre le travail initié dans [1] en implémentant une interaction neutrino-nucléon dans le code INCL. Ce travail se fera dans le cas particulier d'une interaction quasi-élastique dans laquelle le nucléon garde son intégrité et sera basé sur un modèle simple d'interaction à quatre corps. Il rendra INCL autonome vis-à-vis du traitement de cette réaction pour les études menées dans le cadre de l'expérience T2K. C'est en effet la réaction dominante dans cette expérience où le faisceau de neutrino est de l'ordre de 600 MeV.

Il s'agira d'écrire la classe en C++ qui permettra de générer les produits finals de la réaction et qui servira d'entrée à la

cascade intranucléaire. Des comparaisons avec des données expérimentales ou des résultats d'autres calculs serviront à valider cette implantation.

[1] A. Ershova, thèse Université Paris-Saclay 2023 ; A. Ershova et al, Physical Review D 106 (2022) 3, 032009, arXiv:2202.10402 and A. Ershova et al, soumis à Physical Review D, arXiv:2309.05410.

Mots clés

Physique des particules

Compétences

Méthode Monte Carlo, programmation numérique

Logiciels

C++, INCL, ROOT

Nu-INCL : neutrino-nucléon interaction modeling in INCL for neutrino physics

Summary

We propose to add new functionalities to the INCL intranuclear cascade code - a widely used code for handling nuclear reactions - by adding the neutrino-nucleon interaction. This will enable its uses to increase the sensitivity of future long-baseline neutrino experiments.

Full description

Major advances have been made in the study of neutrinos in recent decades. These stealthy particles are slowly revealing their secrets, and the secrets of fundamental symmetries that govern our Universe. However, given their weak interaction with matter, the next generation of neutrino experiments will be hampered by the precision with which we are able to model their interaction with an atomic nucleus. This is why a major effort is being made to develop accurate, validated interaction models. At present, these models are based on a multi-step decomposition, starting with the interaction of the neutrino with a nucleon in the nucleus, and then propagating the resulting nucleon into the nucleus via an intra-nuclear cascade. This factorization is extremely practical, since it allows the different contributions to be decoupled, but it does not provide a coherent model that takes all correlations into account.

Preliminary work on the treatment of neutrino-nucleon interaction with the INCL intra-nuclear cascade code, which we are developing in the team and which is implemented in Geant4, has shown the interest of such a code for handling the complexity of the final phase of the interaction [1]. This work has also shown the limitations of using this code in its current form: the neutrino-nucleon interaction is not implemented in the code.

In this internship, we propose to continue the work initiated in [1] by implementing a neutrino-nucleon interaction in the INCL code. This work will be carried out in the special case of a quasi-elastic interaction in which the nucleon retains its integrity, and will be based on a simple four-body interaction model. It will make INCL autonomous in its treatment of this reaction for studies carried out as part of the T2K experiment. This is the dominant reaction in this experiment, where the neutrino beam is of the order of 600 MeV.

The aim is to write the C++ class that will generate the final products of the reaction and serve as the input to the intranuclear cascade. Comparisons with experimental data or the results of other calculations will be used to validate this implementation.

[1] A. Ershova, thèse Université Paris-Saclay 2023 ; A. Ershova et al, Physical Review D 106 (2022) 3, 032009, arXiv:2202.10402 and A. Ershova et al, soumis à Physical Review D, arXiv:2309.05410.

Keywords

Particle physics

Skills

Monte Carlo method, numerical programming

Softwares

C++, INCL, ROOT



Caractérisation de la réponse de chip CMOS pour l'upgrade de l'Upstream Tracker de LHCb.

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+3

Formation DUT/L2

Unité d'accueil [DPhN/LQGP](#)

Candidature avant le 31/05/2024

Durée 2 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [AUDURIER Benjamin](#)

+33 1 69 08 73 08

benjamin.audurier@cea.fr

Résumé

Le projet de stage est d'étudier et de caractériser la fonction de réponse de chips. L'étudiant.e choisi.e devra apprendre à produire des simulations GEANT4 à partir d'un framework existant, reproduisant le montage expérimental utilisé lors des essais faisceaux réalisés au CERN. L'étudiant.e développera et testera par la suite différents modèles de fonction de réponse des chips qu'il/elle comparera aux bases de données.

Sujet détaillé

Le détecteur LHCb est l'un des quatre principaux détecteurs installés sur le Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. Conçu pour étudier la production de quarks lourds dans les collisions proton-proton, Tous ses sous-détecteurs passeront par une phase d'upgrade majeure à l'horizon 2030. Parmi ces détecteurs, l'Upstream Tracker (UT), un trajectographe à quatre stations installées en amont de l'aimant de LHCb, est un élément essentiel de la reconstruction, notamment pour identifier les fausses traces reconstruites par les algorithmes dans les collisions à haute multiplicité de particule produite, telles que les collisions d'ions lourds.

Initialement constitué de strips, la technologie du futur UT sera modifié pour utiliser des pixels afin de faire face au taux de collision élevé prévu au LHC en 2030. Le choix de la future technologie utilisée n'est pas encore déterminé, et des études basées sur la simulation sont nécessaires pour comparer les différentes options technologiques. Un ingrédient clé est la fonction de réponse du chip, qui peut être caractérisée sur la base des simulations GEANT4 et des bases de données de tests faisceaux effectués au CERN. Cette fonction de réponse est en effet nécessaire pour les études de performance des chips, et donc cruciale pour choisir la future technologie de l'UT.

Initialement constitué de strips, la technologie du futur UT sera modifier pour utiliser des pixels afin de faire face au taux de collision élevé prévu au LHC en 2030. Le choix de la future technologie utilisée n'est pas encore déterminé, et des études basées sur la simulation sont nécessaires pour comparer les différentes options technologiques. Un ingrédient clé est la fonction de réponse du chip, qui peut être caractérisée sur la base des simulations GEANT4 et des bases de données de tests faisceaux effectués au CERN. Cette fonction de réponse est en effet nécessaire pour les études de performance des chips, et donc cruciale pour choisir la future technologie de l'UT.

Mots clés

Compétences

Logiciels

CMOS chip response characterization for the future Upstream Tracker of the LHCb collaboration.

Summary

The internship project is to study and characterize the response function of the chip. To achieve this goal, the chosen student will learn to use a GEANT4 simulation reproducing the experimental setup used during the beam tests made at CERN. The student will then test and implement several models for the chip response function and compare them to data.

Full description

The LHCb detector is one of the four major detectors installed on the Large Hadron Collider (LHC) at CERN. Designed to study heavy-quark production in proton-proton collisions, the detector will undergo a major upgrade in 2030 of all its sub-detectors. Among them, the Upstream Tracker (UT), a four-station tracker installed upstream of the LHCb magnet, is crucial to distinguish fake reconstructed tracks from good ones, especially in collisions with high particle multiplicity (or high pileup), such as heavy-ion collisions.

Currently using silicon strip detectors, the UT will have to be rebuilt using silicon pixel chips to cope with the high collision rate foreseen at the LHC in 2030. The choice of pixel technology is not settled, and studies based on simulation are required to compare the different options. The chip response function is a key ingredient, which can be characterized based on GEANT4 simulations and databases from beam tests made at the CERN. This response function is mandatory for performance studies and ultimately for choosing UT's future technology.

Keywords

Skills

Softwares



Développement des algorithmes de trajectographie dans les collisions d'ions lourds pour le futur Upstream Tracker de la collaboration LHCb au CERN.

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+3

Formation DUT/L2

Unité d'accueil [DPhN/LQGP](#)

Candidature avant le 31/05/2024

Durée 2 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [AUDURIER Benjamin](#)

+33 1 69 08 73 08

benjamin.audurier@cea.fr

Résumé

Le projet de stage est d'étudier les performances des algorithmes de trajectographie. L'étudiant.e choisi.e utilisera un framework C++ existant et développé au sein du groupe de recherche afin de développer et caractériser les performances de différents algorithmes pour les différentes options technologiques envisagées pour le détecteur.

Sujet détaillé

Le détecteur LHCb est l'un des quatre principaux détecteurs installés sur le Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. Conçu pour étudier la production de quarks lourds dans les collisions proton-proton, Tous ses sous-détecteurs passeront par une phase d'upgrade majeure à l'horizon 2030. Parmi ces détecteurs, l'Upstream Tracker (UT), un trajectographe à quatre stations installées en amont de l'aimant de LHCb, est un élément essentiel de la reconstruction, notamment pour identifier les fausses traces reconstruites par les algorithmes dans les collisions à haute multiplicité de particule produite, telles que les collisions d'ions lourds.

Initialement constitué de strips, la technologie du futur UT sera modifié pour utiliser des pixels afin de faire face au taux de collision élevé prévu au LHC en 2030. Le choix de la future technologie utilisée n'est pas encore déterminé, et des études basées sur la simulation sont nécessaires pour comparer les différentes options technologiques. Un ingrédient clé est la performance des algorithmes de trajectographie, particulièrement dans les collisions d'ions lourds où le nombre de particules produites lors de la collision est très important.

Initialement constitué de strips, la technologie du futur UT sera modifier pour utiliser des pixels afin de faire face au taux de collision élevé prévu au LHC en 2030. Le choix de la future technologie utilisée n'est pas encore déterminé, et des études basées sur la simulation sont nécessaires pour comparer les différentes options technologiques. Un ingrédient clé est la performance des algorithmes de trajectographie, particulièrement dans les collisions d'ions lourds où le nombre de particules produites lors de la collision est très important.

Mots clés

Compétences

Logiciels

Tracking algorithm development in heavy-ion collisions for the futur Upstream Tracker of the LHCb collaboration.

Summary

The internship project is to develop and study the tracking performance of the future UT. To achieve this goal, the chosen student will use a C++ framework developed by the IQGP group at CEA, to develop and test new tracking algorithms for the different scenarios envisaged by the UT.

Full description

The LHCb detector is one of the four major detectors installed on the Large Hadron Collider (LHC) at CERN. Designed to study heavy-quark production in proton-proton collisions, the detector will undergo a major upgrade in 2030 of all its sub-detectors. Among them, the Upstream Tracker (UT), a four-station tracker installed upstream of the LHCb magnet, is crucial to distinguish fake reconstructed tracks from good ones, especially in collisions with high particle multiplicity (or high pileup), such as heavy-ion collisions.

Currently using silicon strip detectors, the UT will have to be rebuilt using silicon pixel chips to cope with the high collision rate foreseen at the LHC in 2030. However, The choice of pixel technology is not settled, and studies based on simulation are required to compare the different options. To answer that question, the development and study of the tracking performance is a key ingredient, especially in heavy-ion collisions where the number of particles produced is extreme.

Keywords

Skills

Softwares