



Etrangeté dans le nucléon; hadronisation des quarks en kaons à COMPASS

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 30/09/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [KUNNE Fabienne](#)
+33 1 69 08 43 45
fabienne.kunne@cea.fr

Autre lien <http://wwwcompass.cern.ch/>

Résumé

Le stage consiste en une analyse de données de physique obtenues par l'expérience COMPASS au CERN. Le but est l'étude de l'hadronisation des quarks étranges en kaons, et l'extraction de fonctions de distribution et de fragmentation des partons dans le secteur de l'étrangeté.

Sujet détaillé

Les données inclusives de diffusion profondément inélastique (DIS) où un lepton (un muon par exemple) entre en collision avec un nucléon ($\mu p \rightarrow \mu' X$), sont depuis des années la source principale d'informations sur la structure du nucléon. Analysées dans le cadre de la QCD perturbative (pQCD), et avec l'ajout de seulement quelques données d'autres réactions, elles ont fourni une image complète de la distribution des différents saveurs de parton (up, down, strange...

Parton Distribution Functions, PDF). Cette image est remise en question par l'avènement de données précises du LHC, en particulier dans le secteur de l'étrangeté.

Les données DIS semi-inclusives (SIDIS), où, en plus du lepton diffusé, on détecte les hadrons sortant (par exemple : $\mu p \rightarrow \mu' p K$), ont le potentiel de fournir les éclaircissements requis. Ceci est possible grâce à " l'étiquetage " de la saveur des quarks par les hadrons (un kaon K dans l'exemple ci-dessus). La description du SIDIS dans pQCD nécessite la détermination expérimentale d'un autre ensemble de fonctions, les Fonctions de Fragmentation (FF) des quarks. Les multiplicités de hadrons (kaons, pions, protons) sont les observables requises. Elles sont ensuite analysées dans un fit pQCD simultané des PDF et FF.

L'expérience en cible fixe COMPASS au CERN a entrepris un programme de mesures de ces multiplicité, avec un accent particulier sur la production de kaons, porteurs de quarks de saveur "étrange". Le stagiaire se concentrera sur l'analyse

des données. Il se familiarisera avec les fondamentaux de la physique expérimentale: simulation du dispositif expérimental par les techniques modernes de Monte-Carlo, analyse statistique de données, comparaison avec des calculs théoriques.

Finalement, l'étudiant utilisera un logiciel existant pour extraire les Fonctions de Fragmentation des quarks et des gluons à partir des multiplicités de hadrons mesurées.

Le stagiaire sera intégré dans l'équipe COMPASS du DPhN à Saclay, qui est leader dans ce domaine de physique et a des responsabilités importantes au sein de la Collaboration à la fois dans les activités de construction de détecteurs et d'analyse de données. Du côté de la théorie, il recevra les conseils d'un théoricien du DPhN, expert des techniques pQCD utilisées entre autres par la Collaborationn NNPDF (Neural Network PDF).

Mots clés

physique hadronique, quarks, hadron, nucléon, quark étrange

Compétences

Méthodes fondamentales de la physique expérimentale: Simulation d'expérience par technique moderne de Monte-Carlo, traitement et analyse statistique de grandes quantités de données, comparaison à des calculs théoriques.

Logiciels

C++, Geant, environnement ROOT,

Strangeness in nucleon; quark hadronisation into kaons at COMPASS

Summary

We propose an internship focused on physics data analysis to extract the multiplicities of kaons produced in the COMPASS experiment at CERN. The goal is to study the hadronization of strange quarks into kaons, and extract parton distribution functions and fragmentation functions in the strange quark sector.

Full description

Inclusive Deep Inelastic Scattering (DIS) data where a lepton collides on a nucleon, have been for years the primary source of information on the structure of the nucleon. Analysed in the framework of perturbative QCD (pQCD), and with the addition of only few data from other reactions, they have provided a complete picture of the distribution of the various parton flavours (up, down, strange...) in terms of Parton Distribution Functions (PDFs). This picture is challenged by the advent of precise LHC data, in particular in the strangeness sector.

Semi-Inclusive DIS (SIDIS) data, where in addition to the scattered lepton, hadrons produced in the final state are measured, have the potential to provide the required clarification. This, thanks to the tagging of quark flavours by the outgoing hadrons. The description of SIDIS in pQCD requires the experimental determination of another set of functions, the parton Fragmentation Functions (FFs). Hadron multiplicities are the relevant observables. They are then put to best use in a simultaneous pQCD fit to PDFs and FFs.

The COMPASS fixed target experiment at CERN has undertaken a programme of measurements of these multiplicity observables, with a particular emphasis on the production of kaons, i.e. hadrons with open strangeness. The intern will focus on the analysis of data collected by COMPASS. He will learn and successfully use the fundamentals of the experimental physics: simulation of the experimental equipment by modern Monte-Carlo techniques, statistical analysis of big

samples of data, comparison with theoretical calculations. Finally, the student will use existing software to extract quark and gluon fragmentation functions from the measured hadron multiplicities.

The student will be integrated in the COMPASS DPhN Saclay team, who is a leader in this physics topics and has important responsibilities inside the collaboration both in hardware and analysis activities. On the theory side, he will receive guidance from a theoretician of DPhN Saclay, expert in the pQCD fitting techniques used by the NNPDF

(Neural Network PDF) collaboration.

Keywords

hadronic physics, quarks, hadron, nucleon, strange quark

Skills

Fundamentals methods of experimental physics: simulation of the experimental equipment by modern Monte-Carlo techniques, statistical analysis of big samples of data, comparison with theoretical calculations.

Softwares

C++, Geant, environnement ROOT,



Modélisation des bruits de fond issu de la radioactivité ambiante pour la mesure de la diffusion cohérente des neutrinos sur noyaux avec l'expérience NUCLEUS.

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhP](#)

Candidature avant le 31/12/2021

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Vivier Matthieu](#)

+33 1 69 08 66 26

matthieu.vivier@cea.fr

Résumé

La diffusion cohérente des neutrinos sur noyaux est un processus d'interaction prometteur qui pourrait ouvrir la voie vers la miniaturisation des détecteurs de neutrinos, et aller sonder de la nouvelle physique au-delà du modèle standard de la physique des particules dans un domaine d'énergie encore inexploré, en-dessous du keV. Ce stage se propose de mener une étude poussée des bruits de fond issus de la radioactivité ambiante pour optimiser le potentiel de l'expérience NUCLEUS, dont le déploiement se fera sur la centrale nucléaire de Chooz dans les Ardennes en 2022.

Sujet détaillé

La diffusion cohérente des neutrinos sur noyaux (DCNN) est un processus d'interaction des neutrinos prédit il y a plus de 40 ans dans le cadre de l'élaboration du modèle standard de la physique des particules, et dont la première détection a été réalisée en 2017 par la collaboration américaine « COHERENT ». Ce processus, pouvant présenter des sections efficaces 10 à 1000 fois plus grandes que les canaux d'interaction classiques utilisés pour étudier les propriétés fondamentales du neutrino, offre des perspectives attrayantes pour la miniaturisation des détecteurs et pour la recherche de nouvelle physique (recherche de nouveaux couplages des neutrinos à la matière, recherche de neutrinos stériles, études des propriétés électromagnétiques du neutrino, etc.). L'exploitation de ce nouveau canal de détection n'en est cependant qu'à ses premiers balbutiements, notamment parce que les reculs nucléaires induits sont de très faible énergie (? keV) et nécessitent donc des détecteurs ultra performants avec à la fois un très bas seuil en énergie (? 100 eV) et un excellent rejet des bruits de fond. Notre équipe à l'Irfu s'est orientée vers l'utilisation d'une technologie prometteuse qui à terme permettra d'atteindre simultanément ces deux prérequis, celle des détecteurs cryogéniques (ou bolométriques). Elle a ainsi récemment formé et rejoint la collaboration NUCLEUS, réunissant des partenaires Allemands, Autrichiens et Italiens pour concevoir un système de détecteurs cryogéniques capable de mesurer précisément la DCNN sur la centrale nucléaire de Chooz dans les Ardennes.

Ce stage a pour objectif de modéliser la composante des bruits de fond résiduels provenant de la radioactivité

ambiante dans la pièce où s'installera l'expérience. Cette modélisation s'appuiera sur des mesures réalisées sur site à l'aide d'un spectromètre Germanium haute pureté, et sur un outil de simulation Monte Carlo développé par notre équipe, basé sur les logiciels Geant 4 et ROOT. Les processus électromagnétiques d'interaction des gammas donnent très rarement lieu à des dépôts d'énergie dans la région d'intérêt du signal DCNN, entre 0 et 1 keV. Une difficulté majeure que rencontrent les études de simulation actuelles est donc la faible statistique obtenue, même pour un nombre de tirage Monte Carlo important de l'ordre de $\sim 10^9$. Pour pallier à cette difficulté, le stagiaire s'impliquera donc dans le développement d'une méthode de réduction de variance et à son implémentation dans l'outil de simulation existant. Ce travail se fera en partenariat avec nos collègues du Département de Physique Nucléaire (DPhN) qui ont développé un algorithme de biaisage similaire pour le transport des neutrons en physique des réacteurs. Cet algorithme sera vérifié et validé pour le transport des gammas en comparant les résultats obtenus sur des simulations analogues classiques, et sur des données acquises à l'aide d'un prototype de détecteur cryogénique développé par nos collaborateurs de l'université technique de Munich.

Dans le cadre de cette étude, l'étudiant(e) sera amené(e) à interagir régulièrement avec les membres de la collaboration NUCLEUS. Il(elle) pourra éventuellement participer à des mesures complémentaires de bruit de fond gamma sur site, selon les conditions et les besoins. Nos équipes sont aussi en charge de la conception et de la construction du veto muon de l'expérience. L'étudiant(e) pourra ainsi éventuellement contribuer au montage de ce dispositif, ainsi qu'à ses premiers tests de qualification qui commenceront avant l'été 2021.

Ce travail de stage sera pour lui/elle l'occasion d'approfondir ses connaissances dans différents domaines comme l'interaction rayonnement-matière, l'instrumentation, la conception et la simulation Monte Carlo de détecteurs en physique des particules et l'analyse de données. A l'issue de ce stage, il/elle aura d'autre part acquis des compétences avancées en programmation orientée-objet et en techniques de simulation Monte Carlo.

Une thèse est proposée dans la continuité de ce stage sur l'expérience NUCLEUS.

Mots clés

Physique des particules, physique des neutrinos, physique nucléaire

Compétences

Programmation C++, simulations, analyse de données

Logiciels

C++, Geant 4, ROOT

Modeling of the ambient gamma-ray background for the first measurement of coherent elastic neutrino-nucleus scattering at reactors with the NUCLEUS experiment

Summary

Coherent elastic neutrino nucleus scattering is a promising interaction process which could potentially allow to scale down neutrino detectors, and probe new physics beyond standard model of particle physics. This internship consists in carrying a in-depth study of backgrounds coming from environmental gammas to optimise the physics potential of the NUCLEUS experiment, dedicated to the detection of neutrinos through this process at the Chooz nuclear power plant, in France.

Full description

Coherent elastic neutrino nucleus scattering (CEvNS) is a neutrino interaction process predicted 40 years ago by the standard model of particle physics, and first detected in 2017 by the « COHERENT » collaboration. This process can exhibit interaction cross-sections a factor 10 to 1000 times larger than cross-sections of other neutrino interaction channels used to study the fundamental properties of the neutrino. It would thus offer promising perspectives for miniaturizing the size of current neutrino detectors, and it is also sensitive to new physics beyond the standard model (new interactions, study of the neutrino electro-magnetic properties, etc.). However, this process remains at the current time largely unexploited, mostly because the induced nuclear recoils are of extremely low energies (\sim keV) and hence call for low energy threshold detectors. Our research team therefore focuses on the use of cryogenic detectors and has recently formed an international collaboration with German, Austrian and Italian partners called NUCLEUS for designing and for deploying a neutrino detection experiment using CEvNS at the Chooz nuclear power plant, in France.

The goal of this internship is to conduct a in-depth study of the backgrounds expected from environmental gamma in the NUCLEUS experiment. This study will be conducted using a Geant 4-based Monte Carlo simulation tool, and will use on-site background measurements performed at the Chooz nuclear power plant as well as data collected during the prototyping phase of the cryogenic detectors.

Keywords

Particle physics, nuclear physics, neutrino physics

Skills

C++ programming, simulations, data analysis

Softwares

C++, Geant 4, ROOT



Etude de la structure des kaons via la diffusion profondément inélastique sur de l'hydrogène

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 30/09/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [KUNNE Fabienne](#)

+33 1 69 08 43 45

fabienne.kunne@cea.fr

Autre lien <http://wwwcompass.cern.ch/>

Résumé

Le stage consiste en une analyse de données de physique obtenues par l'expérience COMPASS au CERN, pour tenter d'étudier la structure des kaons via la diffusion profondément inélastique sur le "nuage de mésons" du proton, avec un "étiquetage" adéquat des particules de recul.

Sujet détaillé

Les distributions de partons (quarks 'up' et 'strange') dans le kaon, le méson étrange le plus léger, est actuellement très mal connue. La raison en est que le kaon étant instable, aucune cible de kaon n'existe. Cependant, dans des régions cinématiques spécifiques, le kaon est accessible via la diffusion inélastique profonde de leptons (ici des muons) sur des mésons kaons virtuels qui font partie du «nuage de mésons» du proton. La réaction peut être étiquetée par la détection de la particule de recul associée, ici un Lambda.

Pour un muon incident diffusé sur une cible d'hydrogène (proton p), la réaction est $\mu p \rightarrow \mu' p' \Lambda$, où le Lambda se désintègre en proton et pion ($\Lambda \rightarrow p \pi$). La détection des produits de désintégration p et pi en coïncidence avec le muon mu 'diffusé devrait donc fournir une signature du méson kaon insaisissable.

Des données acquises avec un faisceau de muons diffusé sur une cible d'hydrogène ont été collectées par l'expérience COMPASS au CERN. Les particules de recul ont été identifiées grâce à un détecteur de temps de vol. L'objectif du stage est d'utiliser les données disponibles afin d'identifier les proton et les pions de recul pour reconnaître une particule Lambda.

Mots clés

physique hadronique, quarks, hadron, nucléon, quark étrange

Compétences

Méthodes fondamentales de la physique expérimentale: Simulation d'expérience par technique moderne de Monte-Carlo, traitement et analyse statistique de grandes quantités de données, comparaison à des calculs théoriques.

Logiciels

C++, Geant, environnement ROOT,

Accessing the kaon structure using 'recoil tagged' deep-inelastic muon scattering on hydrogen

Summary

We propose an internship focused on physics data analysis to study the structure of kaons via deeply inelastic scattering on the proton 'meson cloud', with an adequate tagging of recoil particles.

Full description

The structure function of the kaon, the lightest strange meson, accounting for the momentum distribution of its up and strange quarks, is presently unknown. There is a simple reason for that: the kaon being unstable, no kaon target exists. However, in specific kinematic regions, the kaon can be accessed through the deep inelastic scattering of leptons (here muons) on virtual kaon mesons which are part of the 'meson cloud' of the proton. The reaction can be tagged by the detection of the associated recoiling particle, here a Lambda.

For an incident muon scattered on an hydrogen (proton p) target, the reaction is $\mu p \rightarrow \mu' p' \Lambda$, where the Lambda decays into a proton and pion ($\Lambda \rightarrow p \pi$). Detecting the p and pi decay products in coincidence with the scattered muon μ' should therefore provide a clear signature of the elusive kaon meson.

Data with muon beam and hydrogen target have been collected by the COMPASS experiment at CERN. Recoiling particles were detected and identified using a large Time-Of-Flight recoil detector. The objective of the internship is to use the available data in order to identify first the recoiling protons, then the recoiling pions and finally the coincidence between protons and pions that combine into a Lambda particle.

Keywords

hadronic physics, quarks, hadron, nucleon, strange quark

Skills

Fundamentals methods of experimental physics: simulation of the experimental equipment by modern Monte-Carlo techniques, statistical analysis of big samples of data, comparison with theoretical calculations.

Softwares

C++, Geant, environnement ROOT,



Faisabilité des mesures PQG futures au LHC

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LQGP](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

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 dileptons, messagers des premiers instants des collision noyau-noyau. De plus, un travail plus phénoménologique concernant la production de dileptons pourrait être abordé avec des collègues théoriciens.

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 cette approche, l'étude des premiers instants de la collision sont essentiels pour comprendre comment le système se thermalise. Expérimentalement, ces premiers instants sont difficiles à accéder. L'une des sondes privilégiée est la production de dileptons, produits au début de la collision et dont la propagation n'est pas affectée par la présence de PQG.

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 production de dileptons.

L'un des défis de cette mesure expérimentale est le rejet du bruit de fond provenant des désintégrations faibles des hadrons contenant un quark charmé ou un quark beau. Le stage propose de développer de nouvelles méthodes de rejet de bruit de fond basées sur la durée de vie finie des hadrons beaux et charmés. Ce travail se basera sur des outils de simulation Monte Carlo rapides. En fonction de l'intérêt du candidat, un aspect plus phénoménologique pourra être abordé basé sur la description du système thermodynamique avec des concepts d'équilibre thermique local. Le candidat se familiarisera avec la physique du PQG, la physique des détecteurs, la programmation de base en

C++, et les bases de l'analyse des données.

Mots clés

Physique des particules; QGP, LHC, electromagnetic radiation

Compétences

Cinématique relativiste, programmation, simulations 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 dilepton measurements, messengers of the very early phase of the nucleus-nucleus collision. Additionally, a more phenomenological work regarding dilepton production could be addressed with theory colleagues.

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 this description, the early stages of heavy-ion collisions are central to define how the system approaches thermalization. Experimentally, these early stages of heavy-ion collisions are difficult to access. One of the privileged probes is dilepton emission, produced at the beginning of the collision and of which the propagation is unaffected by the presence of the 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. Currently, the group investigates novel probes and new detectors for QGP studies in the LHCb experiment, such as dilepton production.

One of the main challenges of experimental measurement is the rejection of background from weak decays of hadrons containing a charm or a beauty quark. The internship's objective is the development of new background rejection methods based on the finite lifetime of the beauty and charm hadrons. The work will be based on fast Monte Carlo simulation tools. Depending on the candidate's interest, phenomenological aspects could be envisaged based on the successful description of the thermodynamic system with local thermal equilibrium concepts. The candidate will familiarise himself/herself with the physics of the QGP, detector physics, basic C++ programming if wished, and basics in data analysis.

Keywords

Particle physics; QGP, LHC, electromagnetic radiation

Skills

Relativistic kinematics, programming, Monte Carlo simulations

Softwares

C++



Test de techniques d'apprentissage automatique (machine learning) pour l'analyse des propriétés des niveaux nucléaires

Spécialité PHYSIQUE

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 01/03/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [DUPONT Emmeric](#)

+33 1 69 08 75 53

emmeric.dupont@cea.fr

Autre lien

http://irfu.cea.fr/dphn/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=4210

Résumé

L'objectif du stage est d'initier le développement de méthodes et d'outils d'apprentissage automatique (ML) pour l'analyse des propriétés des niveaux nucléaires.

Sujet détaillé

Les noyaux atomiques peuvent se trouver dans différents états (ou niveaux) d'excitation caractérisés par leur énergie et leurs nombres quantiques. Ces niveaux discrets ont été étudiés à travers la carte des nucléides et leurs propriétés sont bien connues en ce qui concerne leur espacement ou leur largeur par exemple. De nos jours, les propriétés de plus de 100000 niveaux discrets sont stockées dans de grandes bases de données internationales telles que le Fichier de données de structure nucléaire évaluées (ENSDF) ou encore divers fichiers de données de réactions nucléaires évaluées (comme ENDF/B, JEFF...).

L'étudiant explorera et recoupera ces bases de données dans le but d'en déduire les propriétés des niveaux en utilisant à la fois des techniques d'apprentissage automatique et des méthodes standard. Le travail comprendra les étapes suivantes,

Compilation et traitement des caractéristiques expérimentales des niveaux nucléaires pour l'ensemble de la carte des noyaux (avec l'analyse ML à l'esprit)

Analyse statistique standard des propriétés des niveaux des noyaux : distribution des largeurs partielles et des espacements de niveaux, densité de niveaux, paramètres moyens, etc.

Etude et application des techniques de ML pour déduire les propriétés des niveaux

Comparaison des deux approches

L'étudiant travaillera à Saclay dans l'équipe n_TOF du Département de Physique Nucléaire (DPhN) avec des physiciens expérimentateurs ayant une forte expertise dans les domaines des réactions nucléaires et de la structure nucléaire.

Mots clés

physique nucléaire, structure nucléaire, réaction nucléaire, données nucléaires

Compétences

apprentissage automatique, statistique, exploration de données, bases de données nucléaires (ENSDF, ENDF)

Logiciels

Investigation of machine learning techniques for the analysis of nuclear level properties

Summary

The objective of the internship is to initiate the development of machine learning (ML) methods and tools for the analysis of nuclear level properties.

Full description

The atomic nuclei may be found in different states (or level) of excitation characterized by their energy and quantum numbers. Those discrete levels have been studied across the nuclide chart and their properties are well known with respect to their spacing or their width for example. Nowadays, the properties of more than 100000 discrete levels are stored in large international databases such as the Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF) or even various evaluated nuclear reaction data files (such as ENDF/B, JEFF...).

The student will explore and cross-check these databases with the aim to infer levels properties using both machine learning techniques and standard methods. The work will consist of the following steps,

Compilation and processing of experimental nuclear level characteristics for the whole nuclide chart (with ML analysis in mind)

Standard statistical analysis of level properties across the nuclide chart: distribution of partial widths and level spacings, level density, average parameters, etc.

Investigation and application of ML techniques to infer level properties

Comparison of the two approaches

The student will work at Saclay in the n_TOF team of the Nuclear Physics Department (DPhN) with experimental physicists having a strong expertise in the fields of nuclear reactions and nuclear structure.

Keywords

nuclear physics, nuclear structure, nuclear reaction, nuclear data

Skills

machine learning, statistics, data mining, nuclear databases (ENSDF, ENDF)

Softwares



Développement d'un détecteur cryogénique de rayons gamma pour la calibration précise des bolomètres destinés à l'étude de la diffusion cohérente neutrino-noyau.

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 17/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [LHULLIER David](#)

+33 1 69 08 94 97

david.lhuillier@cea.fr

Résumé

Le travail proposé consiste à développer et tester un détecteur pour des gamma de 5 à 10 MeV. Il devra fonctionner dans un cryostat à 0.02 °K. Ce détecteur servira à la calibration à très basse énergie (100 eV) de bolomètres utilisés pour l'étude de la diffusion cohérente neutrino-noyau.

Sujet détaillé

La détection de dépôts d'énergie aussi bas que quelques dizaines d'eV est depuis peu accessible avec des bolomètres (détecteurs cryogéniques refroidis à 0.02°K) d'un volume de l'ordre du cm³. En assemblant un nombre raisonnable de ces détecteurs une masse totale de l'ordre de 100 g peut ainsi être constituée et offrir une sensibilité unique pour la recherche de la matière noire légère ou l'étude de la diffusion cohérente des neutrinos. La signature des processus recherchés est en effet très ténue : un seul noyau recule dans le cristal du détecteur, avec une énergie cinétique de typiquement une centaine d'eV. Même si les bolomètres sont capables de capter un tel signal la caractérisation de leur réponse (calibration, linéarité) dans cette gamme d'énergie reste inexplorée. Les techniques habituelles de calibration sont en effet limitées aux énergies supérieures au keV. Le projet CRAB [1] (Calibrated Recoils for Accurate Bolometry) propose une nouvelle méthode qui a le potentiel de combler cette lacune et de fournir aux bolomètres toute la sensibilité nécessaire pour explorer une nouvelle physique. Le principe consiste à envoyer des neutrons thermiques sur le bolomètre. Environ 1 neutron sur 10 se fera capturer par un noyau dans le volume du détecteur, formant un nouveau noyau qui va se désexciter par l'émission d'un rayon gamma de haute énergie, typiquement entre 5 et 10 MeV. A chaque isotope correspond une énergie gamma spécifique et, par conservation de l'impulsion, un recul bien défini du noyau émetteur. Des pics apparaissent ainsi dans le spectre de recul mesuré par le bolomètre permettant de le calibrer précisément. La masse des noyaux fait que leur recul est dans la gamme des 100 eV, tout comme les reculs attendus pour la diffusion de la matière noire ou des neutrinos ! Le rayon gamma émis quant à lui s'échappe aisément du bolomètre et peut être utilisé pour signer sans ambiguïté le processus.

Le travail de stage propose de développer et valider un détecteur pour ces rayons gamma. Les principales spécifications sont d'atteindre une bonne efficacité de détection, une résolution en énergie de 2-3 % (σ) dans la gamme des 5-10 MeV et une atténuation suffisante des bruits de fonds externes, dominés par les rayons cosmiques

et les particules secondaires associées à la source de neutrons. Suite à des études par simulation, le choix se porte sur des cristaux cylindriques de BGO de 3x3 inch placés au plus près du bolomètre, c'est-à-dire à l'intérieur du cryostat utilisé pour toutes les mesures bolométriques. Le premier test en froid (0.02 °K) aura lieu pendant le stage avec le cryostat de nos collègues de l'IJCLab. Il devra valider la faisabilité de la mesure. La lecture du signal BGO se fera par un capteur qui converti la lumière de scintillation du BGO en phonons, avec un temps de réponse relativement long (de l'ordre de la ms). Une lecture plus rapide par fibre optique, qui permettrait de diminuer son temps de réponse à quelque 10 microsecondes, sera testée en parallèle. L'idée est de capter le signal lumineux sur le BGO par les fibres et de le déporter à l'étage chaud du cryostat (300 °K) vers un Silicon-Photo-Multiplier (SiPM). La mise au point de cette nouvelle chaîne de détection se fera au CEA, avec des tests à température ambiante. Pour ces deux campagnes de mesures, une source de gammas de haute énergie récemment développée au CEA pourra être utilisée pour qualifier les performances du BGO dans la gamme en énergie souhaitée. Le(a) stagiaire sera fortement impliqué(e) dans le montage des dispositifs expérimentaux, les prises de données et leurs analyses. Il (elle) pourra être force de propositions, tester ses propres idées dans la mise au point de la lecture par fibre optique et dans les analyses. Ce projet lui permettra d'avoir un aperçu complet d'un travail de physicien expérimentateur.

L'essentiel de l'environnement software existe déjà et ne requiert pas de compétence poussée en informatique. L'analyse des données sera faite avec le logiciel ROOT (<https://root.cern>). L'étudiant(e) bénéficiera de l'encadrement rapproché de l'équipe du DPhN (Département de Physique Nucléaire) constituée de 3 permanents et 2 thésards. L'ensemble du travail se fera aussi en proche collaboration avec les équipes de l'IJCLab d'Orsay et du DPhP du CEA-Saclay (Département de Physique des Particules). Le développement du détecteur gamma cryogénique est un point central du projet CRAB et fera l'objet d'une publication. La première application de la méthode CRAB est prévue avec les bolomètres de l'expérience de diffusion cohérente de neutrinos NUCLEUS [2]. L'étudiante aura l'occasion de présenter ses résultats devant cette collaboration internationale.

[1] L. Thulliez, D. Lhuillier et al., Calibration of nuclear recoils at the 100 eV scale using neutron capture, JINST 16, 7 (2021).

[2] J. Rothe et al., Exploring CEvNS with NUCLEUS at the Chooz nuclear power plant, Eur. Phys. J. C 79 (2019) 12, 1018.

Mots clés

Physique des particules, Physique de la matière condensée

Compétences

Logiciels

C++, python, Root, GEANT4

Development of a cryogenic gamma ray detector for the precise calibration of bolometers used in the study of the coherent neutrino-nucleus scattering.

Summary

The proposed work consists in developing and testing a detector for gamma rays of 5 to 10 MeV. It will have to operate in a cryostat at 0.02 °K. This detector will be used for the calibration at very low energy (100 eV) of bolometers used for the study of coherent neutrino-nucleus scattering.

Full description

The detection of energy deposits as low as a few tens of eV is recently accessible with bolometers (cryogenic detectors cooled to 0.02 °K) of a volume of the order of cm³. By assembling a reasonable number of these detectors, a total mass of about 100 g can be constituted and offer a unique sensitivity for the search of light dark matter or the study of coherent neutrino-nucleus scattering. The signature of the searched processes is indeed very tenuous: a single nucleus recoils in the crystal of the detector, with a kinetic energy of typically a hundred eV. Even if bolometers are now able to capture such a signal, the characterization of their response (calibration, linearity) in this energy range remains unexplored. The usual calibration techniques are indeed limited to energies above keV. The CRAB project [1] (Calibrated Recoils for Accurate Bolometry) proposes a new method which has the potential to fill this gap and to provide bolometers with all the sensitivity necessary to explore new physics. Its principle consists in sending thermal neutrons on the bolometer. About 1 neutron out of 10 will be captured by a nucleus in the volume of the detector, forming a new nucleus that will de-excite by emitting a high energy gamma ray, typically between 5 and 10 MeV. Each isotope has a specific gamma energy and, by conservation of momentum, a well-defined recoil of the emitting nucleus. Thus peaks appear in the recoil spectrum measured by the bolometer, allowing it to be calibrated precisely. The mass of the nuclei makes that their recoil is in the range of 100 eV, just like the recoils expected for the diffusion of dark matter or neutrinos! The emitted gamma ray escapes easily from the bolometer and can be used to sign without ambiguity the process.

The proposed internship work is to develop and validate a detector for these gamma rays. The main specifications are to achieve a good detection efficiency, a 2-3% energy resolution (σ) in the 5-10 MeV range and a sufficient attenuation of external background noise, dominated by cosmic rays and secondary particles associated with the neutron source. Following simulation studies, the choice is made for 3x3 inch cylindrical BGO crystals placed as close as possible to the bolometer, i.e. inside the cryostat used for all bolometric measurements. The first cold test (0.02 °K) will take place during the internship in the cryostat of our colleagues of the IJCLab. It will validate the feasibility of the measurement. The reading of the BGO signal will be done by a sensor which converts the scintillation light of the BGO into phonons, with a relatively long response time (of the order of ms). A faster fiber optic readout, which would decrease its response time to about 10 microseconds, will be tested in parallel. The idea is to capture the light signal on the BGO by the fibers and to transfer it to the room temperature stage of the cryostat towards a Silicon-Photo-Multiplier (SiPM). The development of this new detection chain will be done at CEA, with tests at room temperature. For these two measurement campaigns, a high energy gamma source recently developed at CEA will be used to qualify the performance of the BGO in the desired energy range. The student will be strongly involved in the set-up of the experimental devices, the data taking and their analysis. He (she) will be able to make proposals, test his (her) own ideas in the development of the fiber optic reading and in the analyses. This project will allow him/her to have a complete overview of an experimental physicist's work.

Most of the software environment already exists and does not require advanced computer skills. The data analysis will be done with the ROOT software (<https://root.cern>). The student will benefit from the close supervision of the DPhN (Department of Nuclear Physics) team, which is composed of 3 permanent staff and 2 PhD students. The work will also be done in close collaboration with the teams of the IJCLab of Orsay and the DPhP of CEA-Saclay (Department of Particle Physics). The development of the cryogenic gamma-ray detector is a central point of the CRAB project and will be published. The first application of the CRAB method is planned with the bolometers of the NUCLEUS coherent neutrino scattering experiment [2]. The student will have the opportunity to present her results to this international collaboration.

[1] L. Thulliez, D. Lhuillier et al., Calibration of nuclear recoils at the 100 eV scale using neutron capture, JINST 16, 7

(2021).

[2] J. Rothe et al., Exploring CEvNS with NUCLEUS at the Chooz nuclear power plant, Eur. Phys. J. C 79 (2019) 12, 1018.

Keywords

Particle physics, solid state physics

Skills

Softwares

C++, python, Root, GEANT4



Développement d'un détecteur MicroMEGAS 2D léger pour la trajectographie des particules chargées au collisionneur électron-ion (EIC)

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BOSSU Francesco](#)

+33 1 69 08 86 23

francesco.bossu@cea.fr

Résumé

L'objectif principal du stage est la caractérisation des prototypes MicroMEGAS avec différentes conceptions de lecture 2D. Les résultats de ce stage permettront de décider le design final des détecteurs qui seront construits pour les expériences à l'EIC.

Sujet détaillé

Les collisions profondément inélastiques d'électrons avec des protons constituent le moyen le plus propre d'étudier la structure interne des nucléons et des noyaux. L'installation de nouvelle génération qui nous permettra d'étudier les propriétés des constituants fondamentaux de la matière, c'est-à-dire les quarks et les gluons, est le collisionneur électron-ion (EIC). C'est un collisionneur à haute luminosité et à haute énergie qui sera construit au Brookhaven National Laboratory (BNL). À l'EIC, la grande précision requise dans la reconstruction des particules générées dans chaque collision e-p demande des exigences strictes sur les choix technologiques du détecteur. En particulier, la reconstruction des électrons et des photons, observables clés à l'EIC, impose de minimiser la quantité de matière que ces particules doivent traverser afin de réduire les diffusions multiples, les pertes d'énergie radiative et les effets de conversion.

Les MicroMEGAS (MM) sont des détecteurs gazeux légers à granularité élevée qui ont été développés et largement utilisés par le CEA-Saclay dans des expériences de physique nucléaire et de physique des particules dans le monde entier, comme COMPASS et ATLAS au CERN et CLAS12 au Jlab. Pour le détecteur EIC, un ensemble de couches cylindriques de tuiles MM a été proposé pour compléter le vertex tracker en silicium comme solution à bas coût pour couvrir de grandes surfaces. La technologie MM proposée est basée sur le Barrel MicroMEGAS Tracker de l'expérience CLAS12, mais avec la capacité de fournir une information bidimensionnelle de la position du passage de la particule chargée.

L'objectif principal de l'R&D en cours est l'optimisation du design du plan de lecture des détecteurs afin d'obtenir les meilleures résolutions possibles dans les deux dimensions, tout en minimisant le nombre de canaux de lecture et l'épaisseur des matériaux utilisés. Il est prévu que plusieurs solutions différentes soient construites dans de petits prototypes.

Le but du stage proposé est la caractérisation de la résolution spatiale des différents prototypes en utilisant des rayons cosmiques et des sources radioactives. Un télescope à muons sera utilisé pour reconstruire précisément la trajectoire des rayons cosmiques qui traverseront les prototypes testés. L'étudiant(e) sera en charge de la prise de données avec le télescope à muons et de l'analyse des données recueillies. La comparaison des performances des différents types de lecture sera utilisée pour proposer la meilleure solution de design des MM pour le détecteur EIC. L'analyse des données sera effectuée à l'aide du logiciel ROOT, l'outil standard pour les analyses de données en physique nucléaire et des particules, et de Python. La plupart des logiciels sont déjà disponibles et avec la supervision du personnel du DPhN (Département de physique nucléaire) et du DEDIP (Département*), l'étudiant(e) pourra se plonger rapidement dans le projet.

Ce projet de R&D est réalisé en collaboration avec une équipe du BNL. L'étudiant(e) pourra discuter de ses résultats dans des réunions internationales au sein de la collaboration EIC.

Mots clés

Physique des particules, détecteurs, R&D

Compétences

Cinématique relativiste, programmation, simulations Monte-Carlo

Logiciels

Python, C++

Development of a light 2D MicroMEGAS detector for charged particle tracking at the Electron Ion Collider (EIC)

Summary

The main objective of the internship is the characterization of MicroMEGAS prototypes with different 2D readout designs. The results of the internship will drive the decision of the final design for the detectors that will be built for the EIC experiments.

Full description

Deep inelastic collisions of electrons off protons are the cleanest way to investigate the inner structure of nucleons and nuclei. The next generation facility that will allow us to study the properties of the fundamental blocks of matter, i.e. the quarks and gluons, is the Electron Ion Collider (EIC), a high-luminosity high-energy collider set to be built at the Brookhaven National Laboratory (BNL). At the EIC, the high precision required in the reconstruction of the particles generated in each e-p collision directly imposes strict requirements on the detector technology choices. In particular, the reconstruction of electrons and photons, key observables at the EIC, imposes the minimization of the amount of material that these particles have to traverse in order to reduce multiple scattering, radiative energy loss and conversion effects.

MicroMEGAS (MM) are light-weight high-granularity gaseous detectors that have been developed and extensively used by CEA-Saclay in nuclear and particle physics experiments around the world, such as COMPASS and ATLAS at CERN and CLAS12 at Jlab. For the EIC detector, a set of cylindrical layers of MM tiles has been proposed to complement the silicon vertex tracker as a cost-effective solution for covering large surfaces. The proposed MM technology is based on the Barrel MicroMEGAS Tracker of the CLAS12 experiment, but with the ability to provide a two dimensional information of the position of the charged particle crossing.

The main focus of the ongoing R&D effort is, therefore, the optimization of the MM signal readout design to achieve the best possible resolutions on both dimensions, while minimizing the number of readout channels and the total material budget of each detector. It is planned that several different solutions will be implemented in small prototypes.

The proposed internship goal is the characterization of the spatial resolution of the various prototypes using cosmic rays and radioactive sources. A muon telescope will be used to precisely reconstruct the direction of cosmic rays that will cross the prototype under test. The student will be in charge of the data taking with the muon telescope and the analysis of the collected data. The comparison of the performance of the various types of readout will be used to refine the MM design for the EIC detector. The data analysis will be performed using the ROOT framework, the standard tool for nuclear and particle physics data analyses, and Python. Most of the software is already available and with the supervision of the DPhN (Department of Nuclear Physics) and DEDIP (Department of Electronics, Detector and Information technology) staff, the student will be able to quickly dive into the project.

This R&D project is done in collaboration with a team at BNL. The student will be able to discuss her/his results within international meetings.

Keywords

Particle physics, detectors, R&D

Skills

Relativistic kinematics, programming, Monte Carlo simulations

Softwares

Python, C++



Extraction des rendements de fission de l'U-235 via l'analyse des données du spectromètre gamma FIPPS

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 17/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Materna Thomas](#)
+33 1 69 08 40 91
thomas.materna@cea.fr

Résumé

L'étude des rayons gamma émis par les fragments de fission permet de sonder les propriétés les plus fondamentales du processus de fission mais aussi de produire des données importantes pour les simulations des réacteurs nucléaires. L'objet du stage est d'analyser les premières mesures réalisées avec une cible active sur le nouveau spectromètre FIPPS de l'ILL pour en extraire les rendements de fission thermique de l'U-235.

Sujet détaillé

Au sein de l'Irfu, notre laboratoire étudie expérimentalement la réaction de fission avec notamment des spectromètres de haute précision installés sur le réacteur à haut flux de Grenoble. Notre objectif est d'améliorer les modèles de fission et de désexcitation des fragments dans le cadre des simulations des réacteurs nucléaires mais aussi d'explorer des effets peu étudiés expérimentalement, comme l'influence de la forme des noyaux sur le processus de fission, la répartition des spins entre les deux fragments ou encore l'origine des grandes valeurs de spin des fragments de fission.

Ce stage s'inscrit dans l'étude que nous menons pour décrire les propriétés du processus de fission à l'aide des rayons gamma prompts émis par les fragments. L'étudiant(e) participera à l'analyse des dernières campagnes de mesure effectuées avec le nouveau spectromètre FIPPS installé auprès du réacteur de recherche de Grenoble (ILL). FIPPS est constitué d'un grand nombre de détecteurs de rayons gamma entourant une cible fissile placée dans un flux intense de neutrons thermiques. L'étudiant(e) sera en charge d'analyser les données prises avec une cible active d'U-235 pour en extraire les rendements de fission avec une bonne précision.

De bonnes connaissances en physique nucléaire et un attrait marqué pour l'expérimentation et l'analyse des données sont indispensables. L'analyse des données s'effectuera avec un code développé en C++ et basé sur ROOT. Une connaissance du logiciel de simulation Geant4 et de l'environnement ROOT est un atout sans être une obligation.

Mots clés

spectroscopie gamma, fission nucléaire, physique des réacteurs

Compétences

- Spectroscopie gamma avec des détecteurs Germanium et analyse des spectres. - Traitement de larges quantités de données multidimensionnelles. - Programmation en C++ avec l'environnement, les bibliothèques ROOT (CERN). - Simulation des détecteurs avec le code GEANT4

Logiciels

Data analysis from FIPPS gamma-ray spectrometer : extraction of U-235 fission yields

Summary

Studying the gamma-rays emitted by fission fragments is a way to reveal the main properties of the fission process but it gives access as well to important data for nuclear reactor simulations. The internship purpose is to analyze the first experiment performed with a fissile target on the new FIPPS spectrometer of the ILL in order to extract U-235 fission yields.

Full description

Our lab at IRFU performs experimental studies on the nuclear fission reaction with, in particular, high-resolution spectrometers installed at the high-flux reactor of Grenoble. Goals are to improve fission models and description of the fragment de-excitation process used in simulation codes for nuclear reactor design but also to explore experimentally less-studied areas like the influence of the nuclear shapes on the fission process, the repartition of angular momentum between the two fragments or the origin of high spins in fission fragments.

The proposed internship is linked to our study on the properties of the fission process by using the gamma rays emitted by fission fragments. The student will participate to the data analysis of the first experiment campaigns performed with the new FIPPS spectrometer installed at the research reactor of Grenoble (ILL). FIPPS is made of a large array of gamma-ray detectors placed around a fissile target that is irradiated with an intense thermal neutron flux. The student will be in charge of analyzing data taken with an active U-235 target in order to extract fission yields with a good accuracy.

A strong background in nuclear physics and a pronounced interest for experimental work and data analysis is essential. Data analysis will be performed with in-house software developed in C++ and based on ROOT. Knowledge of Geant4 simulation software and the ROOT environment is an asset but not an obligation.

Keywords

gamma-ray spectroscopy, nuclear fission, reactor physics

Skills

- Gamma-ray spectroscopy with HPGe detectors and analysis of gamma-ray spectra. - Processing of large multidimensional datasets. - Programming in C++ using ROOT (CERN) libraries. - Simulation of the spectrometer with Geant4.

Softwares



Analyse des données sur la réaction de fission thermique de l'U-233 avec le spectromètre gamma FIPPS

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 17/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Materna Thomas](#)
+33 1 69 08 40 91
thomas.materna@cea.fr

Résumé

L'étude des rayons gamma émis par les fragments de fission permet de sonder les propriétés les plus fondamentales du processus de fission mais aussi de produire des données importantes pour les simulations des réacteurs nucléaires. L'objet du stage est de traiter les premières mesures réalisées avec une cible active d'U-233 sur le nouveau spectromètre FIPPS de l'ILL à Grenoble.

Sujet détaillé

Au sein de l'Irfu, notre laboratoire étudie expérimentalement la réaction de fission avec notamment des spectromètres de haute précision installés sur le réacteur à haut flux de Grenoble. Notre objectif est d'améliorer les modèles de fission et de désexcitation des fragments dans le cadre des simulations des réacteurs nucléaires mais aussi d'explorer des effets peu étudiés expérimentalement, comme l'influence de la forme des noyaux sur le processus de fission, la répartition des spins entre les deux fragments ou encore l'origine des grandes valeurs de spin des fragments de fission.

Ce stage s'inscrit dans l'étude que nous menons pour décrire les propriétés du processus de fission à l'aide des rayons gamma prompts émis par les fragments. L'étudiant(e) participera à l'analyse des dernières campagnes de mesure effectuées avec le nouveau spectromètre FIPPS installé auprès du réacteur de recherche de Grenoble (ILL). FIPPS est constitué d'un grand nombre de détecteurs de rayons gamma entourant une cible fissile placée dans un flux intense de neutrons thermiques. L'étudiant(e) sera en charge du traitement des données brutes provenant de la cible active d'U-233 et des sources de calibration. Une partie du travail consistera à valider les calibrations en efficacité avec des simulations sous GEANT4.

De bonnes connaissances en physique nucléaire et un attrait marqué pour l'expérimentation et l'analyse des données sont indispensables. L'analyse des données s'effectuera avec un code développé en C++ et basé sur ROOT. Ce stage requiert de très bonnes compétences en programmation. Une connaissance du logiciel de simulation Geant4 et de l'environnement ROOT est un atout sans être une obligation.

Mots clés

spectroscopie gamma, fission nucléaire, physique des réacteurs

Compétences

- Spectroscopie gamma avec des détecteurs Germanium et analyse des spectres. - Traitement de larges quantités de données multidimensionnelles. - Programmation en C++ avec l'environnement, les bibliothèques ROOT (CERN). - Simulation des détecteurs avec le code GEANT4.

Logiciels

C++, ROOT, Geant4

Data analysis from FIPPS gamma-ray spectrometer on the thermal fission of U-233

Summary

Studying the gamma-rays emitted by fission fragments is a way to reveal the main properties of the fission process but it gives access as well to important data for nuclear reactor simulations. The internship purpose is to analyze the first experiment performed with a U-233 target on the new FIPPS spectrometer of the ILL at Grenoble.

Full description

Our lab at IRFU performs experimental studies on the nuclear fission reaction with, in particular, high-resolution spectrometers installed at the high-flux reactor of Grenoble. Goals are to improve fission models and description of the fragment de-excitation process used in simulation codes for nuclear reactor design but also to explore experimentally less-studied areas like the influence of the nuclear shapes on the fission process, the repartition of angular momentum between the two fragments or the origin of high spins in fission fragments.

The proposed internship is linked to our study on the properties of the fission process by using the gamma rays emitted by fission fragments. The student will participate to the data analysis of the first experiment campaigns performed with the new FIPPS spectrometer installed at the research reactor of Grenoble (ILL). FIPPS is made of a large array of gamma-ray detectors placed around a fissile target that is irradiated with an intense thermal neutron flux. The student will be in charge of processing data taken with an active U-233 target and from calibration sources. Part of the work will consist in the validation of the spectrometer calibration with GEANT4 simulations.

A good background in nuclear physics and a pronounced interest for experimental work and data analysis is essential. Data analysis will be performed with in-house software developed in C++ and based on ROOT. This internship requires strong programming skills. Knowledge of Geant4 simulation software and the ROOT environment is an asset but not an obligation.

Keywords

gamma-ray spectroscopy, nuclear fission, reactor physics

Skills

- Gamma-ray spectroscopy with HPGe detectors and analysis of gamma-ray spectra. - Processing of large multidimensional datasets. - Programming in C++ using ROOT (CERN) libraries. - Simulation of the spectrometer with Geant4.

Softwares

C++, ROOT, Geant4



Etudes des propriétés X et gamma de microquasars : le monitoring INTEGRAL de GRS 1915+105

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LEPCHE](#)

Candidature avant le 01/05/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [RODRIGUEZ Jerome](#)
+33 1 69 08 98 08
jerome.rodriquez@cea.fr

Résumé

Le but du stage est d'analyser la grande base de données du satellite INTEGRAL en se focalisant sur le microquasar GRS 1915+105. Des données d'archives mais aussi en cours d'acquisition durant le stages seront systématiquement scrutées

Sujet détaillé

Les microquasars sont des systèmes binaires X contenant habituellement un trou noirs et sièges de jets relativistes. Ils passent la majorité de leur vie en dormance et entrent sporadiquement dans des périodes d'activité, nommées éruptions, durant lesquelles ils deviennent extrêmement lumineux à toutes longueurs d'onde, et en particulier en rayons X et gamma.

Notre équipe mène depuis de nombreuses années des campagnes de suivis de nombreux microquasars afin de comprendre les mécanismes responsables des grandes variations de leur luminosité au cours des éruptions. En sus des diagnostics 'classiques' (variations temporelles, spectroscopie X) INTEGRAL permet de plus de sonder les propriétés de haute énergie (typiquement au-delà de 100 keV) de manière unique, et aussi d'aborder ces émissions sous l'angle de la polarimétrie.

Nous nous intéresserons pendant le stage à GRS 1915+105, un microquasar en activité depuis 30 ans, au comportement assez singulier, et qui a montré depuis 2018 une baisse historique de sa luminosité. L'origine de ce comportement est débattu, et sera l'une des questions principales du stage: la source a-t-elle subit une transition d'état classique vers la dormance ou expérimente-t-on la présence d'un "nuage" absorbant le rayonnement?

Nous nous focaliserons aussi sur la potentielle présence d'une composante dure (au delà typiquement de 50-100 keV) parfois détectée dans ces objets et dont l'origine est largement débattue:

-Couronne d'électrons sources de rayonnement Compton

-Base d'un jet relativiste source de rayonnement Synchrotron

Si le temps le permet les propriétés de polarisation de ce rayonnement seront abordées.

Enfin la campagne de monitoring étant prévue pour continuer en 2022 (l'encadrant de stage est PI du projet), avec notamment des prises de données en général planifiée entre Mars et Juin, ces observations seront d'abord analysées

en temps quasi-réel (2heures de décalage entre l'observation et la réception des données) afin de scruter les variabilités de GRS 1915+105 et des sources du large champ céleste couvert par INTEGRAL (29x29 degrés), et prendre les initiatives appropriées en cas d'événement particulier (Télégramme astronomique, déclenchement de ToO, suivis multi-longueur d'onde...).

Un niveau bac +5 (équivalence de Master II) est requis, ainsi qu'une formation de base en astrophysique. Une poursuite en thèse pourra être envisagée selon l'issue du stage.

Mots clés

Astrophysique des hautes énergies - objets compacts - accréation / éjection

Compétences

Observations et analyses de données Réductions des observations avec pipeline officielles Analyse temporelle Spectroscopie Polarimétrie Développement d'outils spécifiques si nécessaires en python

Logiciels

Linux python

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares

Linux python



Etude théorique et numérique de l'émergence des corrélations spatiales dans les systèmes branchants.

Spécialité Physique statistique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 01/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [DUMONTEIL Eric](#)

+33 1 69 08 56 02

eric.dumonteil@cea.fr

Résumé

Ce sujet de stage propose d'étudier l'apparition de structures spatiales dans les systèmes branchants, à l'aide d'une approche Lagrangienne. Les résultats théoriques seront confortés par des simulations Monte-Carlo.

Sujet détaillé

L'étude des marches aléatoires branchantes permet de décrire de nombreux phénomènes tels que la propagation des épidémies, la transmission génétique au sein de populations, la mécanique quantique ou le transport des neutrons dans les milieux fissiles pour n'en citer que quelques-uns.

Dans ce dernier domaine par exemple, des travaux récents ont montré que des structures spatiales (phénomène de "clustering") pouvaient émerger au sein de la population de neutron présente dans un réacteur nucléaire [1], que l'on caractérise à l'aide de la fonction de corrélation spatiale (ou fonction à deux points). Des approches fondées sur l'utilisation d'outils de la théorie quantique des champs (QFT) ont permis de caractériser cette fonction de corrélation, mais montrent des limites vis à vis de l'étude de certaines grandeurs (notamment concernant le calcul de diverses observables dans la vicinity du point critique).

Ce stage propose par conséquent de mettre au point une approche Lagrangienne dans cet objectif, en calquant une technique élaborée par Doi et Peliti [2] et reprise par Garcia-Millan [3], afin de retrouver les résultats de l'approche QFT puis d'étendre ces derniers à différentes observables. Pour ce faire, il conviendra d'ajouter un opérateur de diffusion au Lagrangien, prenant ainsi en compte le phénomène de transport de l'espèce considérée (neutrons en physique des réacteurs, virus en épidémiologie, configurations en mécanique quantique). Les résultats de ces développements formels pourront alors être confirmés numériquement à l'aide d'un code Monte-Carlo simplifié d'ores et déjà développé en Python. Il conviendra par conséquent d'implémenter dans ce code le calcul de différentes grandeurs d'intérêt (corrélations temporelles, spatiales, taille et fluctuations de la population, ...), et de réaliser une analyse spectrale de la distribution obtenue (calcul des modes propres du système), pour finalement essayer d'extrapoler les résultats obtenus pour des milieux critiques ou sur/sous-critiques.

Le candidat recherché doit être en dernière année d'école d'ingénieur ou en master recherche de physique théorique, de physique fondamentale ou d'ingénierie nucléaire. Il doit avoir des connaissances de base en modélisation mathématique et en physique statistique (ex: probabilités, calcul stochastique, marches aléatoires, transitions de phase) et être capable de réaliser des développements informatiques en C++ ou en Python.

Ce travail sera basé sur le centre de Saclay du CEA (Orme des Merisiers) mais se fera en collaboration étroite avec l'IRSN de Fontenay-aux-Roses (contact: Benjamin Dechenaux). Il peut à ce titre nécessiter des déplacements réguliers entre ces 2 centres.

[1] E. Dumonteil et al. Nature Commun Phys 4, 151 (2021).

[2] M. Doi, J. Phys. A: Math. Gen. 9, 1465 (1976).

[3] L. Peliti, J. Phys. (Paris) 46, 1469 (1985).

[3] R. Garcia-Millan, Phys. Rev. E 98, 062107 (2018).

Mots clés

Compétences

Logiciels

Python or C++

Formal and numerical study of the emergence of spatial correlations in branching systems.

Summary

This internship topic proposes to study the appearance of spatial structures in branching systems, using a Lagrangian approach. Theoretical results will be confirmed by Monte-Carlo simulations.

Full description

The study of branching random walks allows to describe many phenomena such as the propagation of epidemics, genetic transmission within populations, quantum mechanics or neutron transport in fissile media, just to name a few.

In the latter field, for example, recent work has shown that spatial structures (clustering) can emerge within the neutron population present in a nuclear reactor [1], which can be characterized using the spatial correlation function (or two-point function). Approaches based on the use of quantum field theory (QFT) tools have been used to characterize this correlation function, but show limitations with respect to the study of certain quantities (in particular concerning the calculation of various observables in the vicinity of the critical point).

This internship therefore proposes to develop a Lagrangian approach for this purpose, closely following an approach developed by Doi and Peliti [2] and taken up by Garcia-Millan [3], in order to recover the results of the QFT approach and then to extend them to different observables. To do so, it will be necessary to add a diffusion operator to the Lagrangian, thus taking into account the transport phenomenon of the species considered (neutrons in reactor physics, viruses in epidemiology, configurations in quantum mechanics). The results of these formal developments can then be confirmed numerically using a simplified Monte-Carlo code already developed in Python. It will therefore be necessary to implement in this code the calculation of various quantities of interest (temporal and spatial correlations, size and fluctuations of the population, ...), and to carry out a spectral analysis of the obtained distribution (calculation of the eigenmodes of the system), to finally try to extrapolate the results obtained for critical or over/sub-critical environments.

The candidate should be in the last year of an engineering school or in a research master in theoretical physics, fundamental physics or nuclear engineering. He/she should have basic knowledge in mathematical modeling and statistical physics (e.g. probabilities, stochastic calculus, random walks, phase transitions) and be able to perform computer developments in C++ or Python.

This work will be based at the CEA's Saclay center (Orme des Merisiers) but will be done in close collaboration with the IRSN in Fontenay-aux-Roses (contact: Benjamin Dechenaux). As such, it may require regular travel between these 2 centers.

[1] E. Dumonteil et al. *Nature Commun Phys* 4, 151 (2021).

[2] M. Doi, *J. Phys. A: Math. Gen.* 9, 1465 (1976).

[3] L. Peliti, *J. Phys. (Paris)* 46, 1469 (1985).

[3] R. Garcia-Millan, *Phys. Rev. E* 98, 062107 (2018).

Keywords

Skills

Softwares

Python or C++



Correction des images de la mission TESS (NASA) grâce aux techniques d'ondelettes

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LDE3](#)

Candidature avant le 01/09/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [GARCIA Rafael A.](#)

+33 1 69 08 27 25

rafael.garcia@cea.fr

Autre lien <http://irfu.cea.fr/Pisp/sandrine.pires/>

Résumé

Pendant le stage, l'étudiant se familiarisera avec des techniques innovantes en traitement du signal pour le traitement des données de la mission NASA/TESS actuellement en vol. Le stage servira également d'introduction à la physique stellaire et aux processus physiques qui régissent la rotation des étoiles.

Sujet détaillé

Nous disposons actuellement de millions d'observations d'étoiles par la mission NASA TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) qui n'ont pas encore pu être étudiées en détail à cause des problèmes de calibration des courbes de lumière.

Les images acquises par le satellite TESS présentent des artefacts instrumentaux et environnementaux qui ont des périodicités similaires à la période de rotation des étoiles. La présence de ces artefacts perturbent l'analyse des données et demandent d'aller vers des traitements de pointe.

Dans ce stage, nous proposons d'utiliser de nouvelles méthodes de traitement basées sur des représentation de type ondelettes, ridgelets ou curvelets. Ces méthodes vont permettre de séparer le signal des artefacts de mesure et ainsi permettre l'étude des courbes de lumière stellaires.

Le stage finira par l'étude de la rotation de surface d'un sous-échantillon d'étoile pour valider la méthode.

Pendant le stage, l'étudiant se familiarisera avec des techniques innovantes en traitement du signal pour le traitement des données de la mission TESS actuellement en vol. Le stage servira également d'introduction à la physique stellaire et aux processus physiques qui régissent la rotation des étoiles.

Les résultats de ce stage seront présentées à la réunion de la SF2A (Société Française d'Astronomie et astrophysique) ou au meeting international TESS Asteroseismic Science Consortium (TASC)-2022

Le stage se déroulera au Département d'Astrophysique du CEA/Saclay. Le stage sera encadré par Rafael A. García (DAP/LDE3 -AIM), expert en physique stellaire, et Sandrine Pires (DEDIP/LILAS - AIM), experte en traitement numérique et méthodes statistiques en astronomie.

Mots clés

Traitement numérique, Physique stellaire, Astérosismologie

Compétences

Logiciels

Python 3

Correction of raw images of the NASA/TESS mission using wavelet techniques

Summary

During the internship, the student will become familiar with innovative signal processing techniques for processing data from the NASA/TESS mission currently in flight. The internship will also serve as an introduction to stellar physics and the physical processes that govern the rotation of stars.

Full description

Keywords

Skills

Softwares

Python 3



Etude de la structuration de l'Univers à toutes les échelles avec des quasars dans DESI

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhP](#)

Candidature avant le 04/04/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [YECHE Christophe](#)

+33 1 69 08 70 50

christophe.yeche@cea.fr

Résumé

Le relevé spectroscopique, DESI, dont les observations ont débuté au printemps 2021, va réaliser une carte à 3D de l'Univers en utilisant comme traceur de la matière des quasars. La structuration de l'Univers à toutes les échelles permet d'étudier l'inflation, l'énergie noire et la gravitation.

Sujet détaillé

Les structures observables dans l'Univers à grande échelle (LSS pour Large-Scale Structures) proviennent de la croissance, sous l'effet de la gravitation, de petites fluctuations primordiales de densité. Selon le paradigme le plus communément admis, ces fluctuations de densité auraient été engendrées lors d'une phase initiale d'inflation cosmique. La mesure des propriétés statistiques des LSS à très grande échelle (\sim qq Gpc) permet d'étudier la physique en œuvre lors de l'inflation, à des échelles intermédiaires (\sim 100 Mpc) l'énergie noire avec les Oscillations Baryoniques Acoustiques (BAO) et enfin à des échelles plus petites (\sim 10 Mpc), la gravitation avec les distorsions des structures dans l'espace des redshifts (RSD).

Notre stratégie pour étudier les LLS à toutes les échelles, consiste à utiliser un relevé spectroscopique, DESI, dont l'instrument a été mis en service à la fin de l'année 2019.

DESI observera plusieurs dizaines de millions de galaxies et de quasars. Les observations ont lieu au télescope Mayall de 4 m en Arizona. Après un relevé de validation en 2020 et 2021, depuis le printemps 2021, le projet a débuté une période d'observation sans interruption qui durera 5 ans, ce qui permettra de couvrir un quart de la voûte céleste.

Pour ce projet de thèse (stage), les LSS sont mesurées avec un traceur unique de la matière : les quasars, objets très lointains et très lumineux. Cet unique traceur nous permet de couvrir une large plage en redshift allant de 0.9 à 3.5 et d'étudier la structuration de l'Univers à toutes les échelles, allant de quelques dizaines de Mpc au Gpc.

Au cours de son stage de M2, l'étudiant participera à l'analyse de la première année d'observation (printemps 2021 - printemps 2022). Il étudiera en particulier toutes les sources possibles de biais dans la sélection des quasars qui pourraient contaminer un signal cosmologique. Il modélisera aussi la mesure du redshift des quasars. Cette étude des

effets systématiques potentiels est fondamentale pour la mesure des LLS des quasars à toutes les échelles. Une fois ce travail réalisé, l'étudiant pourra se consacrer à une mesure globale avec des quasars, des paramètres cosmologiques pour la première année d'observation de DESI.

Ce stage peut être poursuivi par un doctorat qui portera sur l'étude du LSS pour les quasars DESI pour les 3 premières années d'observation (printemps 2021-printemps 2024).

DESI est une collaboration internationale regroupant plusieurs centaines de scientifiques. Les réunions de collaboration ont lieu deux ou trois fois par an alternativement en Europe et aux USA, et donneront au doctorant l'occasion de rencontrer les autres membres de DESI et de présenter régulièrement l'avancement de ses travaux. Le doctorant sera amené à travailler plus particulièrement au cours de sa thèse avec le laboratoire de LBNL (Berkeley, USA) et l'Université de Berkeley (UCB). Il assurera aussi des observations auprès du télescope Mayall à Kitt Peak dans l'Arizona.

Le groupe de cosmologie du CEA-Saclay Irfu/DPhP étudie les amas de galaxies, l'énergie noire et la matière noire ainsi que les effets de la gravitation à des échelles cosmologiques. Il a aussi une activité sur l'étude de l'univers primordial à travers la masse des neutrinos et l'inflation. Le groupe comprend une dizaine de chercheurs permanents et autant de doctorants et post-doctorants.

Mots clés

Cosmologie, inflation, énergie noire, gravitation

Compétences

Fonction de corrélation, spectre de puissance, Réseau de neurones, Random Forest

Logiciels

python

Study of quasar clustering at all scales in DESI

Summary

The spectroscopic survey, DESI, whose observations began in spring 2021, will create a 3D map of the Universe using quasars as tracers of the matter. The quasar clustering will allow us to study inflation, dark energy and gravity.

Full description

The Large Scale Structures (LSS) of the Universe come from the growth, under the effect of gravitation, of small primordial fluctuations of density. According to the most commonly accepted paradigm, these density fluctuations would have been generated during an initial phase of cosmic inflation. The measurement of the statistical properties of LSS allow us to study the inflation at very large scales (\sim Gpc), the Dark Energy at smaller scales (\sim 100 Mpc) with Baryonic Acoustic Oscillations (BAO) and the gravity at even smaller scales (\sim tens of Mpc) with Redshift Space Distortions (RSD).

Our strategy for studying the LSS is to use a spectroscopic survey, DESI, whose observations begin in the fall of 2019. DESI is a large spectroscopic survey that will observe tens of millions of galaxies and quasars. The observations take place at the 4-meter Mayall telescope in Arizona. After the survey validation, since spring 2021, the project has started an uninterrupted observation period that will last 5 years and that will cover a quarter of the sky.

For this thesis (internship) project, LSS are measured with a single tracer of the matter: the quasars, very distant and very luminous objects. This single tracer allows us to cover a wide redshift range from 0.9 to 3.5 and to the Universe clustering at all scales, from a few tens of Mpc to Gpc.

During his/her M2 internship, the student will participate in the analysis of the first observation year (from Spring 2021 to Spring 2022). In particular, he/she will study all possible sources of bias in the selection that could contaminate a cosmological signal. He/she will model the measurement of the quasar redshifts. This study of potential systematic effects is fundamental for the measurement of quasar clustering at all scales. Once this work has been completed, the student will be able to devote to a global measurement of the cosmological parameters with quasars for the first year of DESI observation.

This internship can be pursued by a PhD that will focus on the study of LSS for DESI quasars for the first 3 years of observations (spring 2021-spring 2024).

DESI is an international collaboration bringing together several hundred scientists. Collaboration meetings take place two or three times a year alternately in Europe and in the USA. These will give the PhD student the opportunity to meet the other members of DESI and to regularly present the progress of his/her work. The doctoral student will work especially during his/her thesis with the laboratory of LBNL (Berkeley, USA) and the University of Berkeley (UCB). He/she will also observe at the Mayall telescope in Kitt Peak, Arizona.

The CEA-Saclay Irfu/DPhP cosmology group studies galaxy clusters, dark energy and dark matter as well as the effects of gravitation at cosmological scales. It also has an activity on the study of the primordial universe through the mass of neutrinos and inflation. The group includes about ten permanent researchers and as many PhD and post-doctoral students.

Keywords

cosmology, inflation, Dark Energy, Gravity, Large Scale Structures

Skills

Correlation function, power spectrum, Neural Network, Random Forest

Softwares

python



Recherche d'un nouveau type de radioactivité : la double décroissance alpha

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LENA](#)

Candidature avant le 30/05/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [THEISEN Christophe](#)

+33 1 69 08 74 54

christophe.theisen@cea.fr

Résumé

Nous proposons une étude théorique et expérimentale d'un nouveau type de radioactivité nucléaire qui reste à découvrir : la double décroissance alpha. Le stage permettra de se familiariser avec les volets théoriques et expérimentaux en vue de nouvelles expériences qui pourraient mener à la découverte de cette nouvelle radioactivité.

Sujet détaillé

Plus d'un siècle après la découverte de la radioactivité par H. Becquerel, de nombreux modes de décroissance ont été découverts : alpha, beta, fission, neutron, proton, double-proton, double-beta, cluster, etc. Une somme considérable de travaux a été réalisée aussi bien théoriquement qu'expérimentalement. Découvrir un nouveau type de radioactivité est par conséquent complexe mais excitant. La récente prédiction d'un nouveau mode de radioactivité par l'équipe d'accueil [1] – l'émission symétrique de deux particules alphas par le noyau – permet d'envisager sa détection. En effet, les temps de vies prédits, bien que très longs, sont du même ordre de grandeur que ceux d'autres radioactivités rares comme l'émission de cluster.

Le stage permettra de se familiariser avec les calculs théoriques et les techniques expérimentales. L'étudiant approfondira les méthodes microscopiques permettant de calculer divers types de radioactivité. Il prendra en main les outils de calculs. La partie expérimentale permettra une première approche de la détection alpha à l'aide de détecteurs Si segmentés : détecteur, électronique, acquisition et analyse.

De bonnes bases en physique nucléaire théorique (problème à N-corps) et expérimentale sont requises. L'étudiant sera encadré par Ch. Theisen, expérimentateur au CEA/Irfu (Saclay), E. Khan, théoricien à l'IJCLab (Orsay), et par J.-P. Ebran, théoricien au CEA/DAM. La poursuite par une thèse sera proposée avec, selon les compétences et appétences du candidat, une dominante soit théorique, soit expérimentale, dans un contexte international (CERN) riche et stimulant.

[1] F. Mercier, J. Zhao, J.-P. Ebran, E. Khan, T. Nikšić, and D. Vretenar, Phys. Rev. Lett. 127, 012501 (2021)

Mots clés

physique nucléaire, radioactivité, théorie, détecteurs

Compétences

physique nucléaire expérimentale et théorique, programmation

Logiciels

root, C++

Search for a new mode of radioactivity: double alpha decay

Summary

We propose a theoretical and experimental study of a new type of nuclear radioactivity that remains to be discovered: the double alpha decay. The internship will allow to become familiar with the theoretical and experimental aspects in view of new experiments that could lead to the discovery of this new radioactivity.

Full description

More than a century after the discovery of radioactivity by H. Becquerel, many decay modes have been discovered: alpha, beta, fission, neutron, proton, double-proton, double-beta, cluster, etc. A tremendous amount of work has been done both theoretically and experimentally. Discovering a new type of radioactivity is therefore complex but exciting. The recent prediction of a new mode of radioactivity by the team responsible for the present project [1], the symmetrical emission of two alphas by the nucleus, makes it possible to envisage its detection. Indeed, the predicted lifetimes, although very long, are of the same order of magnitude as those of other rare radioactivities such as cluster emission.

The internship will allow the student to become familiar with theoretical calculations and experimental techniques. The student will study microscopic methods for calculating various types of radioactivity. He will learn how to use the software. The experimental part will allow a first approach of the alpha detection using Si segmented detectors: detectors, electronics, acquisition and analysis.

A good background in theoretical (N-body problem) and experimental nuclear physics is required. The student will be supervised by Ch. Theisen, experimentalist at CEA/Irfu (Saclay), E. Khan, theoretician at IJCLab (Orsay), and by J.-P. Ebran, theoretician at CEA/DAM. The continuation with a thesis will be proposed with, according to the competences and interest of the candidate, a main focus either theoretical or experimental, in a rich and stimulating international context (CERN).

[1] F. Mercier, J. Zhao, J.-P. Ebran, E. Khan, T. Nikšić, and D. Vretenar, Phys. Rev. Lett. 127, 012501 (2021)

Keywords

nuclear physics, radioactivity, theory, detectors

Skills

experimental and theoretical nuclear physics, programming

Softwares

root, C++



A la découverte des cycles magnétiques avec la mission Kepler (NASA)

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LDE3](#)

Candidature avant le 01/09/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [GARCIA Rafael A.](#)

+33 1 69 08 27 25

rafael.garcia@cea.fr

Résumé

Au cours de ce stage nous proposons de rechercher des cycles d'activité magnétique. Les étoiles comme le Soleil avec un taux de rotation moyen d'environ 27 jours ont des cycles d'activité d'environ 11 ans. Bien que nous n'ayons que 4 ans de données Kepler, nous proposons d'étudier des proxys d'activité solaire comme le nombre de taches solaires pour lequel plusieurs centaines d'années sont disponibles afin de rechercher des méthodes fiables pour dévoiler la présence d'un cycle magnétique dans des fenêtres de 4 ans dans les données de Kepler. Les méthodes s'appliqueront ensuite aux étoiles de type solaire avec des taux de rotation similaires à ceux du Soleil.

Sujet détaillé

Les étoiles similaires au Soleil avec des enveloppes convectives externes développent des cycles magnétiques à cause de l'interaction entre la rotation, la convection et les champs magnétiques. La mission Kepler de la NASA a été un succès en surveillant pendant 4 années continues environ 190 000 étoiles avec une cadence d'au moins un point toutes les 30 minutes. Avec cette base de données, notre équipe a pu construire le plus grand catalogue de périodes de rotation et d'indicateurs d'activité magnétique pour les étoiles de type solaire, comprenant plus de 55 000 étoiles.

Au cours de ce stage nous proposons de rechercher des cycles d'activité magnétique. Les étoiles comme le Soleil avec un taux de rotation moyen d'environ 27 jours ont des cycles d'activité d'environ 11 ans. Bien que nous n'ayons que 4 ans de données Kepler, nous proposons d'étudier des proxys d'activité solaire comme le nombre de taches solaires pour lequel plusieurs centaines d'années sont disponibles afin de rechercher des méthodes fiables pour dévoiler la présence d'un cycle magnétique dans des fenêtres de 4 ans dans les données de Kepler. Les méthodes s'appliqueront ensuite aux étoiles de type solaire avec des taux de rotation similaires à ceux du Soleil.

Ce stage sera une introduction à la physique solaire et stellaire, en particulier aux processus physiques régissant leur dynamique de surface tout en aidant à mieux comprendre à quel point notre Soleil est commun en termes de propriétés magnétiques de surface.

Présentation des résultats :

Les résultats seront présentés lors de la réunion annuelle 2022 de la Société française d'astronomie et d'astrophysique (SF2A) ainsi qu'un poster lors de la réunion du TESS Asteroseismic Science Consortium (TASC-2022)

Le stage se déroulera au Département d'Astrophysique (DAp) du CEA/Saclay. Il sera dirigé par Rafael A. García (DAp/LDE3-AIM) avec la co-direction d'Angela Santos (U. Warwick, Royaume-Uni) et Savita Mathur (IAC/Tenerife/Espagne).

Mots clés

Magnétisme de surface, Cycles magnétiques, Evolution stellaire, analyse de données

Compétences

Logiciels

Python 3

Unveiling magnetic activity cycles using observations from the NASA/Kepler mission

Summary

During this internship we propose to look for magnetic activity cycles. Stars like the Sun with an average rotation rate of ~27 days, have activity cycles of around 11 years. Although we only have 4 years of Kepler data, we propose to study long solar activity proxies as the sunspot number for which several hundreds of years are available in order to look for reliable methods to unveil the presence of a magnetic cycle in windows of 4 years in the Kepler data, while providing a statistical likelihood of the findings. The methods will then apply to solar-like stars with similar rotation rates to the Sun.

Full description

Stars similar to the Sun with external convective envelopes develop magnetic cycles as a consequence of the interaction between, rotation, convection, and magnetic fields. The NASA Kepler mission has been a success by monitoring during 4 continuous years around 190,000 stars with a cadence of, at least, one point every 30 minutes. With this database our team was able to build the largest catalog of rotation periods and magnetic activity proxies for solar like stars including more than 55,000 stars.

During this internship we propose to look for magnetic activity cycles. Stars like the Sun with an average rotation rate of ~27 days, have activity cycles of around 11 years. Although we only have 4 years of Kepler data, we propose to study long solar activity proxies as the sunspot number for which several hundreds of years are available in order to look for reliable methods to unveil the presence of a magnetic cycle in windows of 4 years in the Kepler data, while providing a statistical likelihood of the findings. The methods will then apply to solar-like stars with similar rotation rates to the Sun.

This internship will be an introduction to solar and stellar physics, in particular to the physical processes governing their surface dynamics while helping to better understand how common our Sun is in terms of its surface magnetic properties.

Presentation of the results:

Results will be presented at the 2022 annual meeting of the French Astronomy and Astrophysics Society (SF2A) as well as a poster at the TESS Asteroseismic Science Consortium meeting (TASC-2022)

The internship will be at the Astrophysics Division (DAp) of the CEA/Saclay. It will be directed by Rafael A. García (DAp/LDE3-AIM) with the co-direction of Angela Santos (U. Warwick, UK) and Savita Mathur (IAC/Tenerife/Spain).

Keywords

Surface magnetism, Magnetic cycles, Stellar evolution, data analysis

Skills

Softwares

Python 3



Étude d'une boucle de circulation diphasique cryogénique avec recondensation interne

Spécialité Thermohydraulique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DACM/LCSE](#)

Candidature avant le 12/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [VALLCORBA ROSER](#)

+33 1 69 08 73 24

roser.vallcorba@cea.fr

Résumé

L'objectif du stage est d'étudier un écoulement d'hélium et de néon diphasique proche de la pression atmosphérique (4,2 K et 27,1 K) dans une boucle de circulation naturelle couplée à un cryo-générateur permettant la recondensation des vapeurs froides. Ce type de système est utilisé pour refroidir des aimants supraconducteurs de petites dimensions.

Sujet détaillé

L'objectif du stage est d'étudier un écoulement d'hélium et de néon diphasique proche de la pression atmosphérique (4,2 K et 27,1 K) dans une boucle de circulation naturelle couplée à un cryo-générateur permettant la recondensation des vapeurs froides. Ce type de système est utilisé pour refroidir des aimants supraconducteurs de petites dimensions. Le dimensionnement thermo-hydraulique de ce type de système diphasique nécessite la connaissance des transferts de masse et de chaleur dans la partie "échangeur de chaleur" de la boucle.

Cette étude s'appuie sur des études expérimentales qui seront réalisées à l'aide d'une station d'essai actuellement en fonctionnement. L'étude a pour but principal de mesurer les différences de température pariétale et de pression le long du tube, la pression, la température, le flux de chaleur afin de caractériser les grandeurs caractéristiques de l'écoulement comme les coefficients d'échange de chaleur et de frottement pariétaux. On étudiera aussi les différents régimes d'écoulement diphasiques en ébullition nucléée et en film et monophasiques. Pendant le stage, l'étude sera focalisée sur l'influence du diamètre des tubes de la partie "échangeur" sur les transferts de chaleur pariétaux pour deux fluides calo-porteurs qui sont l'hélium et le néon. Avec l'aide de l'équipe technique, l'étudiant participera aux sessions expérimentales (montage, instrumentation, prise de données) et analysera les résultats expérimentaux. On étudiera l'influence des différents paramètres de fonctionnement de la boucle comme la pression, la température, le flux de chaleur pariétal et le diamètre des tubes de la partie échangeur. Afin d'extraire les grandeurs de l'écoulement non mesurées comme les débits massiques de liquide et de vapeur, une modélisation, à l'aide de modèles physiques en écoulement diphasique, sera

demandée et implémentée sous Matlab® ou sur Comsol®.

Mots clés

mécanique des fluides, simulation numérique, cryogénie

Compétences

Station expérimentale cryogénique, acquisition de données

Logiciels

LabView, Matlab, Comsol

Study of a cryogenic two-phase circulation loop with internal recondensation

Summary

Full description

Keywords

fluid mechanics, numerical simulation, cryogenics

Skills

Cryogenic test facility, data acquisition

Softwares

LabView, Matlab, Comsol



Étude des performances thermo-hydrauliques d'un caloduc oscillant cryogénique

Spécialité Thermohydraulique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DACM/LCSE](#)

Candidature avant le 12/04/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [VALLCORBA ROSER](#)

+33 1 69 08 73 24

roser.vallcorba@cea.fr

Résumé

L'objectif du stage est d'étudier les performances thermo hydrauliques d'un caloduc oscillant cryogénique avec du néon ou de l'hélium (27,1 K et 4,2 K à la pression atmosphérique) comme fluides caloporteurs.

Sujet détaillé

L'objectif du stage est d'étudier les performances thermo-hydrauliques d'un caloduc oscillant cryogénique avec du néon ou de l'hélium (27,1 K et 4,2 K à la pression atmosphérique) comme fluides calo-porteurs. Le développement de ce dispositif cryogénique de transfert de chaleur passif fournira une solution innovante pour le refroidissement passif des aimants supraconducteurs à haute température.

Le fonctionnement dynamique et thermique des caloducs pulsés n'est pas encore complètement compris. Il est alors nécessaire de développer des outils expérimentaux et numériques pour comprendre les transferts de masse et de chaleur en écoulement capillaire et diphasique pour ce caloduc si particulier. L'étude s'appuie sur une station d'essais, actuellement en fonctionnement, permettant de mesurer les propriétés thermiques d'un caloduc oscillant d'un demi mètre de longueur. Elle permet la mesure de la température et de sa pression en temps réel à différents endroits du caloduc, permettant de caractériser la capacité de transfert de chaleur et prédire les régimes d'écoulement diphasiques correspondants.

Avec l'aide de l'équipe technique, l'étudiant participera aux sessions expérimentales (montage, instrumentation, analyse des données) et examinera les résultats expérimentaux. Nous étudierons l'influence de différents paramètres de fonctionnement tels que le taux de remplissage du fluide, la charge thermique sur l'évaporateur et la température du condenseur, pour n'en nommer que quelques-uns. Il sera intéressant d'interpréter les performances thermo-hydrauliques au vue de la physique des écoulements diphasiques capillaires, soutenus par une simulation numérique utilisant l'outil de codage Comsol®. L'étudiant sera encouragé à proposer de nouvelles pistes

d'avancement de l'installation actuelle.

Mots clés

mécaniques des fluides, cryogénie, simulation / modélisation numérique

Compétences

station expérimentale cryogénique, acquisition de données

Logiciels

LabView, Matlab, Comsol

Study of the thermal-hydraulic performance of a cryogenic oscillating heat pipe

Summary

Full description

Keywords

fluid mechanics, cryogenics, simulation / numerical modelling

Skills

cryogenic test station, data acquisition

Softwares

LabView, Matlab, Comsol



Qui veut la peau du disque protoplanétaire caché dans B335 ?

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LFEMI](#)

Candidature avant le 30/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [MAURY Anaelle](#)
+33 1 69 08 36 61
anaelle.maury@cea.fr

Résumé

Alors que la communauté astrophysique se mobilise pour scruter les propriétés physico-chimiques des disques protoplanétaires de quelques millions d'années, une équipe franco-allemande se penche sur un problème bien plus "obscur": la caractérisation des disques les plus jeunes, dont l'assemblage commence dans les phases les plus enfouies de la formation des étoiles. A l'aide d'observations menées avec le plus grand radio-télescope de la planète, ALMA, nous vous proposons de vous lancer à la recherche du disque protostellaire dans la proto-étoile B335. Objet prototypique pour la formation des étoiles de type solaire, B335 a révélé récemment sa nature magnétisée, et, fait surprenant, l'absence d'un disque en rotation Képlérienne malgré l'importante rotation observée dans son enveloppe aux plus grandes échelles. De récentes observations menées par notre équipe ont cartographié une cinématique du gaz plus complexe que prévue, et des structures en vitesse jusqu'à maintenant passées inaperçues. L'enquête peut donc être relancée, à la lumière de ces nouvelles connaissances, pour remonter la piste du disque protoplanétaire de B335.

Sujet détaillé

Alors que la communauté astrophysique se mobilise pour scruter les propriétés physico-chimiques des disques protoplanétaires de quelques millions d'années, autour d'étoiles de type T-Tauri, une équipe franco-allemande se penche sur un problème bien plus "obscur": la caractérisation des disques les plus jeunes, dont l'assemblage commence dans les phases les plus enfouies de la formation des étoiles.

Avec l'arrivée récente de nouvelles observations qui ont révélé que les disques de T-Tauri sont très structurés et pourraient donc déjà abriter des planètes, la caractérisation des phases précoces de la vie des disques circumstellaire devient cruciale pour comprendre les premières phases de formation planétaire.

Vous analyserez les observations ALMA de l'émission moléculaire du gaz, pour chercher des signatures cinématiques de la présence d'un disque protostellaire enfoui dans l'enveloppe de la proto-étoile B335.

Objet prototypique pour la formation des étoiles de type solaire, B335 a révélé récemment une enveloppe magnétisée, et, fait surprenant, l'absence d'un disque en rotation Képlérienne malgré l'importante rotation observée dans son

enveloppe aux plus grandes échelles. Ce cas d'école questionne les mécanismes de formation des disques, et aussi des planètes qui devraient s'y former.

De récentes observations menées par notre équipe ont cartographié une cinématique du gaz plus complexe que prévue, et des structures en vitesse jusqu'à maintenant passées inaperçues. Il faut donc revisiter les observations du gaz aux petites échelles pour y inclure ces nouvelles connaissances et relancer l'enquête pour remonter la piste du disque protoplanétaire de B335.

Mots clés

Compétences

Logiciels

Who framed the protoplanetary disk hidden in B335 ?

Summary

While the astrophysical community is mobilizing to scrutinize the physico-chemical properties of proto-planetary disks a few million years old, a Franco-German team is working on a much more "obscure" problem: the characterization of the youngest disks, whose assembly begins in the deepest phases of star formation. With the help of observations carried out with the largest radio telescope on the planet, ALMA, we propose you to search for the protostellar disk in the protostar B335. A prototypical object for the formation of solar-type stars, B335 has recently revealed its magnetized nature, and, surprisingly, the absence of a Keplerian rotating disk despite the important rotation observed in its envelope at larger scales. Recent observations by our team have mapped a more complex kinematics of the gas than expected, and velocity structures that had so far gone unnoticed. The investigation can thus be relaunched, in the light of this new knowledge, to trace the protoplanetary disk of B335.

Full description

While the astrophysical community is mobilizing to scrutinize the physico-chemical properties of proto-planetary disks a few million years old, around T-Tauri stars, a French-German team is addressing a much more "obscure" problem: the characterization of the youngest disks, whose assembly begins in the deepest phases of star formation.

With the recent arrival of new observations revealing that the T-Tauri disks are highly structured and could therefore already host planets, the characterization of the early phases of the life of circumstellar disks becomes crucial to understand the first phases of planetary formation.

You will analyze ALMA observations of the molecular emission from the gas, to search for kinematic signatures of a protostellar disk buried in the envelope of the protostar B335.

A prototypical object for our understanding of star formation, B335 has recently revealed a magnetized envelope, and, surprisingly, the absence of a disk in Keplerian rotation despite the important rotation observed in its envelope at larger scales. This textbook case questions the physical mechanisms responsible for disk formation, and also of the planets that should form therein.

Recent observations by our team have uncovered a more complex gas kinematics than expected, and velocity structures that have been unnoticed until now. It is therefore necessary to revisit the observations of the gas at small scales to include this new knowledge and to revisit the investigation to trace the protoplanetary disk of B335.

Keywords

Skills

Softwares



Apprentissage automatique et modèles de grains interstellaires

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LFEMI](#)

Candidature avant le 13/04/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [GALLIANO Frederic](#)
+33 1 69 08 18 21
frederic.galliano@cea.fr

Résumé

Ce stage propose d'étudier l'efficacité des méthodes d'apprentissage automatique pour calculer des modèles complexes d'émission du milieu interstellaire. Nous concentrerons sur l'application aux modèles de poussières.

Sujet détaillé

La poussière interstellaire est un ingrédient physique clef des galaxies, responsable de l'obscurcissement de la formation stellaire, de la régulation du chauffage et du refroidissement du gaz, et de la croissance de la complexité chimique. La modélisation de l'émission thermique des grains est un outil incontournable pour étudier aussi bien la physique du milieu interstellaire local que la formation d'étoiles enfouie des galaxies distantes.

Notre groupe au CEA a une expertise reconnue sur l'analyse des distributions spectrales d'énergie de poussière. Nous avons développé un code bayésien hiérarchique unique à cet effet (Galliano, 2018, MNRAS, 476, 1445). L'utilisation de ce code requiert de calculer un très grand nombre de modèles de grains (typiquement $1.E11$). Pour le moment, cela se fait en interpolant une grille pré-calculée, ce qui limite le nombre de dimensions de l'espace des paramètres que l'on peut explorer. Nous souhaitons appliquer les techniques d'apprentissage automatique (machine learning) pour pallier à ce problème. Ces techniques ont démontré leur efficacité pour les modèles de photoionisation. L'idée est d'entraîner un algorithme pour reproduire les sorties du modèle. C'est le but du stage.

La première étape consistera à se familiariser avec le modèle physique. Celui-ci prend en compte l'émission d'un mélange de grains de tailles et compositions chimiques différentes. Le spectre émis est calculé à l'aide d'un code de chauffage stochastique, qui permet de décrire le comportement hors-équilibre des plus petits grains. Le spectre prédit est ensuite intégré dans les bandes passantes d'un grand nombre d'instruments (Spitzer, Herschel, Planck, etc.).

La deuxième étape consistera ensuite à déterminer quelle méthode d'apprentissage automatique est la plus adaptée et quels sont les paramètres du réseau de neurones dont nous avons besoin. Le but est de contrôler la précision du résultat. Cela se fera en étudiant la dispersion de plusieurs modèles concurrents.

S'il reste du temps, cette méthode pourra être étendue à des modèles plus complexes, prenant en compte le transfert radiatif, ou à des modèles d'évolution cosmique des grains. En fonction de l'investissement de l'étudiant, le travail de stage peut donner lieu à la publication d'un logiciel d'intérêt général qui pourra servir, entre autres, à l'interprétation des observations du JWST.

Mots clés

Milieu interstellaire - physique des galaxies

Compétences

Apprentissage automatique ; physique statistique.

Logiciels

Fortran et Python.

Machine learning and interstellar grain models

Summary

This internship aims at studying the efficiency of machine learning methods to compute complex models of emission of the interstellar medium. We will focus on their application to dust models.

Full description

Interstellar dust is a key physical ingredient of galaxies, obscuring star formation, regulating the heating and cooling of the gas, and building-up chemical complexity. Modeling thermal grain emission is a unavoidable tool to study both the physics of local interstellar medium and the embedded star formation in distant galaxies.

Our group at CEA has renown expertise on the analysis of dust spectral energy distributions. We have developed a hierarchical Bayesian code to that purpose (Galliano, 2018, MNRAS, 476, 1445). Using this code requires to compute a very large number of grain models (typically $1.E11$). For now, we are interpolating a large pre-computed grid, limiting the number of dimensions of the parameter space that we can explore. We would like to apply machine learning technics to solve this problem. These technics have demonstrated their efficiency in the case of photoionisation models. The idea is to train an algorithm to reproduce the model outputs. This is the goal of this internship.

The first stage will consist in getting used with the physical model. It accounts for the emission of the mixture of grains with different sizes and chemical composition. The emitted spectrum is computed with stochastic heating code, which describe the out-of-equilibrium properties of the smallest grains. The predicted spectrum is then integrated into the filters of a large number of instruments (Spitzer, Herschel, Planck, etc.).

The second stage will consist in determining which machine learning method is the most appropriate and what are the neural network parameters we need. The goal is to control the accuracy of the result. This will be done studying the scatter of several competing models.

If there is more time, this method will be applied to more complex models, accounting for radiative transfer, or to chemical evolution models. Depending on the investment of the student, this internship work can result in the publication of a general interest software which could be useful, among others, to interpreting JWST data.

Keywords

Interstellar medium - physics of galaxies

Skills

Machine learning ; statistical physics.

Softwares

Fortran et Python.



Prévision de la sensibilité de DESI à la matière noire et aux propriétés des neutrinos avec la forêt Lyman-alpha

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhP](#)

Candidature avant le 30/05/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [ARMENGAUD Eric](#)

+33 1 69 08 19 50

eric.armengaud@cea.fr

Autre lien <https://www.desi.lbl.gov>

Résumé

La forêt Lyman-alpha est un outil puissant pour mesurer la distribution de la matière dans l'Univers primitif. Au cours de ce stage, l'étudiant utilisera cette sonde pour étudier la sensibilité du relevé du ciel DESI aux paramètres cosmologiques, et en particulier à la masse des neutrinos.

Sujet détaillé

La distribution de la matière aux échelles cosmologiques peut être prédite dans le cadre du modèle cosmologique standard. Elle dépend entre autres de la masse absolue des neutrinos (encore inconnue) et des propriétés de la matière noire, dont la nature est un grand mystère scientifique. L'équipe de cosmologie de l'IRFU-DPhP est fortement impliquée dans le relevé du ciel DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument). DESI est le premier des projets de nouvelle génération dont le but est de cartographier les structures à grande échelle dans l'Univers. Le télescope DESI, situé en Arizona, a commencé ses observations en 2021 et fournira dans les années à venir une carte 3D sans précédent de l'Univers.

Au cours du stage proposé, l'étudiant se concentrera sur un type spécifique d'observation réalisée avec DESI : la forêt dite Lyman-alpha, qui mesure l'absorption par le milieu intergalactique de la lumière provenant de quasars distants situés à des décalages vers le rouge $z \sim 2 - 4$. Les observations Lyman-alpha fournissent la seule mesure de la distribution de la matière à la fois aux "petites" échelles cosmologiques (\sim megaparsec) et dans l'Univers primitif (il y a 10 à 12 milliards d'années, juste 2 milliards d'années après le Big Bang). Nous proposons à l'étudiant d'utiliser des simulations des observations de Lyman-alpha par DESI, ainsi que des modèles des structures cosmologiques, afin de prévoir la sensibilité de DESI à plusieurs paramètres cosmologiques, liés à la nature de la matière noire et des neutrinos. L'accent sera mis sur la sensibilité à la somme des masses des neutrinos : actuellement, le Lyman-alpha, ainsi que les mesures du fond diffus cosmologique, limitent déjà ce paramètre à moins de ~ 110 milli-eV, alors que la physique des particules nous dit qu'il devrait être de 60 milli-eV ou plus. Peser les particules de matière les plus

légères que nous connaissons dans l'Univers avec les plus grands relevés cosmologiques serait un grand succès, tant en cosmologie qu'en physique des particules. Cette formation permettra à l'étudiant de comprendre la physique de la forêt de Lyman-alpha, et de se familiariser avec les outils et les concepts les plus courants utilisés en cosmologie. Si le temps le permet, l'étudiant pourra également s'impliquer dans l'analyse de données DESI réelles. Ce stage pourra déboucher sur une thèse.

Mots clés

Cosmologie, Physique des particules

Compétences

Analyse de données Simulations numériques Inférence statistique

Logiciels

python

Forecasting DESI sensitivity to dark matter and neutrino properties with the Lyman-alpha forest

Summary

The Lyman-alpha forest is a powerful tool to measure the distribution of matter in the early Universe. During this internship, the student will use this probe to study the sensitivity of the ongoing DESI sky survey to cosmological parameters, and in particular to the neutrino mass.

Full description

The matter distribution on cosmological scales can be predicted within the standard cosmological model. It depends among others on the (yet unknown) absolute neutrino mass and on the properties of dark matter, whose nature is a great scientific mystery. The IRFU-DPhP cosmology team is strongly involved in the DESI sky survey (Dark Energy Spectroscopic Instrument). DESI is the first among next-generation projects whose goal is to map large scale structures in the Universe. The DESI telescope, located in Arizona, started its observations in 2021 and will provide in the coming years an unprecedented 3D map of the Universe.

During the proposed internship, the student will focus on one specific kind of observation carried out with DESI: the so-called Lyman-alpha forest, which measures the absorption by the intergalactic medium of light from distant quasars located at redshifts $z \sim 2 - 4$. Lyman-alpha observations provide the only measurement of the matter distribution both at "small" (~megaparsec) cosmological scales, and in the early Universe (10 - 12 billion years ago, just 2 billion years after the Big Bang). We propose that the student uses simulations of Lyman-alpha observations by DESI, together with models of the cosmological structures, in order to forecast the sensitivity of DESI to several cosmological parameters, related to the nature of dark matter and neutrinos. An emphasis will be put on the sensitivity to the sum of neutrino masses: currently the Lyman-alpha, together with Cosmic Microwave Background measurements, already bound this parameter to be less than ~110 milli-eV, while particle physics tells us it should be 60 milli-eV or more. Weighing the lightest matter particles we know in the Universe with the largest cosmological surveys would be an incredible success in both cosmological and particle physics endeavours. This training will allow the student to understand the physics behind the Lyman-alpha forest, and get familiar with the most common tools and concepts used in cosmology. If time allows, the student may also get involved into the analysis of real DESI data. This internship may lead to a thesis.

Keywords

Cosmology, Particle physics

Skills

Data analysis Numerical simulations Statistical inference

Softwares

python



Première mesure de la résonance pygmée par diffusion inélastique de neutrons. Préparation de l'expérience.

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LENA](#)

Candidature avant le 01/06/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [VANDEBROUCK Marine](#)
+33 1 69 08 73 87
marine.vandebrouck@cea.fr

Résumé

Nous proposons d'étudier la résonance pygmée, mode de vibration du noyau qui correspond à l'oscillation d'une peau de neutrons, en utilisant une approche innovante : la diffusion inélastique de neutrons. L'objectif du stage est de préparer l'expérience qui aura lieu à l'automne 2022.

Sujet détaillé

La résonance géante dipolaire, qui correspond à l'oscillation en opposition de phase des protons et neutrons, est un mode de vibration bien connu du noyau situé entre 12 et 24 MeV d'énergie d'excitation. Dans les noyaux riches en neutrons, une résonance dipolaire additionnelle a été observée proche du seuil d'émission neutron. Cette petite structure, en comparaison de la résonance géante dipolaire, est communément appelée résonance dipolaire pygmée (PDR) et est décrite comme l'oscillation d'une peau de neutrons contre un cœur symétrique en nombre de protons et de neutrons. La PDR a été le sujet de nombreuses études à la fois expérimentales et théoriques [Sav13, Bra19]. En effet, l'étude de la PDR a suscité et suscite toujours beaucoup d'intérêt puisqu'elle permet de contraindre l'énergie de symétrie, un ingrédient important de l'équation d'état de la matière nucléaire [Car10] qui décrit la matière au sein des étoiles à neutrons. De plus, la présence d'une résonance dipolaire proche du seuil d'émission neutron est prédite comme pouvant jouer un rôle clé dans le processus-r (processus qui pourrait expliquer la synthèse des noyaux lourds) via l'augmentation du taux de capture neutronique [Gor04].

Cependant, malgré de nombreux résultats expérimentaux, une description cohérente de la PDR n'a pas pu être extraite [Sav13, Bra19]. Dans ce contexte, nous proposons d'aller étudier la PDR en utilisant une nouvelle méthode expérimentale : la diffusion inélastique de neutrons. Cette nouvelle sonde, élémentaire car composée d'un seul nucléon, non soumise à l'interaction coulombienne car neutre, est une approche originale qui apportera un regard neuf sur la nature de la PDR. Dans le cadre d'une collaboration internationale menée par l'Irfu/DPhN et l'IJCLab, une expérience visant à étudier la résonance pygmée dans le ^{140}Ce a récemment été acceptée au GANIL-SPIRAL2 sur NFS (Neutrons For Science) [Led21] et sera programmée à l'automne 2022. Le dispositif expérimental sera constitué des multi-détecteurs de nouvelle génération PARIS pour la détection des gammas issus de la désexcitation de la PDR

et MONSTER pour la détection des neutrons diffusés. Il s'agira de la première expérience de structure nucléaire auprès du nouvel accélérateur SPIRAL2.

L'objectif de ce stage est la préparation de cette expérience qui fait également l'objet du sujet de thèse associé à ce stage « Première mesure de la résonance pygmée par diffusion inélastique de neutrons ». En effet, dans le cadre de cette proposition d'expérience, un temps de faisceau test nous a été accordé en décembre 2021 pour anticiper le réglage de certains paramètres de l'expérience. Pendant le stage, l'étudiant pourra donc poursuivre l'analyse des données du test. Le stagiaire pourra ainsi se familiariser avec l'analyse de données et les techniques expérimentales qui seront, par la suite, utilisées pendant la thèse de doctorat.

[Bra19] A. Bracco et al. Prog. Part. Nucl. Phys. 106 (2019)

[Car10] A. Carbone et al. Phys. Rev. C 81(R) (2010)

[Gor14] S. Goriely et al. Nucl. Phys. A 739 (2004)

[Led21] X. Ledoux et al. EPJA 57 (2021)

[Sav13] D. Savran et al. Prog. Part. Nucl. Phys. 70 (2013)

Mots clés

Structure nucléaire – Mode de vibration du noyau – Détection neutrons et gammas.

Compétences

Logiciels

C++, ROOT

First measurement of the pygmy resonance using neutron inelastic scattering. Preparation of the experiment.

Summary

We propose to study the pygmy resonance, a vibration excitation of the nucleus that corresponds to the oscillation of a neutron skin, using an innovative approach: the neutron inelastic scattering reaction. The objective of the internship is to prepare the experiment that will be performed in fall 2022.

Full description

The well-known giant dipole resonance, which corresponds to the oscillation of the neutron fluid against the proton fluid, is a broad resonance with a mean energy between 12 and 24 MeV. An additional dipole resonance has been observed at lower energy in neutron-rich nuclei, near the neutron separation threshold. This small-size structure, in comparison to the giant dipole resonance, is commonly known as the pygmy dipole resonance (PDR) and can be described as the oscillation of a neutron skin against a symmetric proton/neutron core. The PDR has been the subject of numerous studies, both experimental and theoretical [Sav13, Bra19]. Indeed, the study of the PDR has raised a lot of interest since it can constrain the symmetry energy, an important ingredient of the equation of state [Car10] which describes the matter in neutron stars. In addition, the enhancement of the dipole strength close to the neutron separation energy is expected to impact the astrophysical r-process (process that could explain the synthesis of heavy nuclei) by increasing the neutron capture rates [Gor04].

However, despite many experimental results, a consistent description of the PDR could not be extracted [Sav13, Bra19]. In this context, we propose to study the PDR using a new experimental method: the neutron inelastic scattering. This new probe which is elementary from a nucleonic point of view and neutral, thus not influenced by the Coulomb interaction, is an original approach that will provide a new perspective on the nature of the PDR. In the framework of an international collaboration led by Irfu/DPhN and IJCLab, an experiment to study the pygmy resonance in ^{140}Ce has recently been accepted at GANIL-SPIRAL2 on NFS (Neutrons For Science) [Led21] and will be scheduled in fall 2022. The experimental set-up will consist of the new generation multi-detectors PARIS for the detection of gammas coming from the PDR de-excitation and MONSTER for the detection of scattered neutrons. This will be the first nuclear structure experiment with the new SPIRAL2 accelerator.

The objective of this internship is the preparation of this experiment which is also the subject of the thesis associated with this internship "First measurement of the pygmy resonance using neutron inelastic scattering". Indeed, within the framework of this experiment proposal, a test beam time has been granted to us in December 2021 to anticipate the tuning of some parameters of the experiment. During the internship, the student will therefore be able to continue the analysis of the test data. This will allow him/her to become familiar with the data analysis and experimental techniques that will later be used during the PhD thesis.

[Bra19] A. Bracco et al. Prog. Part. Nucl. Phys. 106 (2019)

[Car10] A. Carbone et al. Phys. Rev. C 81(R) (2010)

[Gor14] S. Goriely et al. Nucl. Phys. A 739 (2004)

[Led21] X. Ledoux et al. EPJA 57 (2021)

[Sav13] D. Savran et al. Prog. Part. Nucl. Phys. 70 (2013)

Keywords

Nuclear structure – Vibration excitations of the nucleus – Neutron and gamma detection.

Skills

Softwares

C++, ROOT



Conception de circuits innovants analogiques/numériques microélectroniques en technologie XFAB 0.18µm pour application spatiale

Spécialité Microlélectronique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DEDIP/LISETA](#)

Candidature avant le 01/06/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BAUDIN DAVID](#)

+33 6 69 37 92 27

david.baudin@cea.fr

Résumé

L'objectif de ce stage est de concevoir différents nouveaux blocs microélectroniques innovants pour la fabrication d'un prototype de test de performances d'une chaîne de lecture de charge ultra bas bruit. Ce stage vise l'amélioration d'une chaîne existante en technologie XFAB 0.18 µm pour la conception d'un spectro-imageur X dédié à l'astrophysique.

Sujet détaillé

Contexte :

Le DEDIP (Département d'Electronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique) et le DAP (Département d'AstroPhysique) de l'IRFU (Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers) conçoivent des systèmes de lecture et d'acquisition pour les grandes expériences spatiales (Solar Orbiter, SVOM, Ariel...). Ils développent en parallèle dans le cadre de programmes de R&D des capteurs innovants de future génération pour révolutionner les observations d'astrophysique des prochaines décennies.

Le stagiaire sera intégré au sein du laboratoire Système temps réel, électronique d'acquisition et microélectronique (STREAM) du DEDIP développant entre autre des circuits microélectroniques pour la lecture de détecteur semi-conducteur.

La technologie développée dans notre laboratoire consiste à interconnecter un détecteur semi-conducteur en CdTe générant des charges par effet photoélectriques à une chaîne microélectronique de mesure de charge segmentée en multiples pixels indépendants.

Dans ce cadre, un circuit matriciel de lecture de 32x32 pixels de 250x250 µm² a été développé dans le cadre d'une thèse. Ce circuit prototype nécessite une amélioration de ses performances et l'ajout de différents blocs microélectroniques pour avoir un circuit au-delà de l'état de l'art (optimisation de l'amplificateur de charge, amélioration du système de déclenchement, ajout de références de tension internes...). L'ambition est la conception d'un spectro-imageur X à haute densité de pixels pour l'astrophysique parmi les plus performants au monde.

Mission :

Pour poursuivre les développements en cours dans le contexte détaillé précédemment, le stagiaire aura pour mission de :

a) Initier un schéma de circuit intégré (Cadence IC6) comprenant :

- Différentes chaînes d'amplification de charge pour trouver un optimum
- Un circuit DAC de référence de tension programmable
- Un comparateur à double seuil
- Un régulateur 3.3V -> 1.8V
- Autres idées venant du stagiaire

b) Simuler les blocs mentionnés (Cadence - Spectre)

c) Initier le dessin layout des blocs mentionnés (Cadence - Virtuoso)

d) Vérifier l'accord du design avec les règles de la technologie XFAB-0.18 μm (ASSURA - Calibre - LVS / DRC)

Ce stage pourra se poursuivre en un projet de thèse visant à finaliser le circuit réalisé en stage, le fabriquer, le tester, puis d'insérer les blocs étudiés dans une matrice de lecture de 32x32 pixels.

Mots clés

Rayons-X, Physique du solide, électronique analogique, électronique numérique

Compétences

Le candidat est en M2 (école d'ingénieur ou université) spécialisé en microélectronique et cherche un stage de fin d'étude de 6 mois. Les compétences techniques et scientifiques recherchées sont : a) Maîtrise même partiellement la suite de logiciel Cadence Virtuoso : - Schéma microélectronique - Layout de circuit intégré - Simulation électrique (Spectre - SPICE) - Vérification DRC - LVS (Assura ou Calibre) b) Principe, fonctionnement et modélisation des transistor MOS c) Connaissance en électronique analogique - Amplificateurs (architectures cascode, folded cascode, telescopic) - Régulateurs de tension (Dropout voltage regulator) - Architecture de Convertisseur numérique analogique d) Connaissance en électronique numérique - Bascule D - JK - RS - Inverseurs - Portes logiques - Machine de Mealy - Moore e) Connaissances de base de traitement du signal - Théorie de filtrage - Rapport signal à bruit Une connaissance de la physique du semi-conducteur et de la fabrication microélectronique sera considérée comme un plus. Outre ces compétences techniques, le candidat sera curieux, dynamique et prompt à proposer des solutions personnelles.

Logiciels

Python Cadence Virtuoso Cadence Encounter Vhdl

Design of analog/digital microelectronics circuits in the XFAB-0.18 μm technology for space application

Summary

The purpose of this internship is the design of different new microelectronic blocks for the manufacturing of a performance test integrated circuit prototype for charge readout. This internship aims at the improvement of an existing charge measurement chain in the XFAB 0.18 μm technology for the design of X-ray imaging spectrometer for astrophysics.

Full description

Context :

The DEDIP (Département d'Electronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique) and DAP (Département d'AstroPhysique) of IRFU (Institute of research of the fundamental laws of the Universe) design acquisition systems for several space borne missions (Solar Orbiter, SVOM, Ariel...). They also design innovative detection concepts for the next generation of instruments for a breakthrough in astrophysics in the next decades.

The internship will take part on the work among the real time electronics, acquisition and microelectronics laboratory (STREAM) in DEDIP developing microelectronics circuits for semi-conductors readout.

The technology developed in the laboratory is based on hybrid interconnection of a CdTe semiconductor generating electron-hole pairs by photoelectric effect read out by a microelectronic charge measurement chain segmented into multiple independent pixels.

In this framework, a matrix circuit of 32x32 pixel of individually 250x250 μm^2 has been developed. This prototype circuit requires improvement of its performances and additional functionalities to be able to reach the requirement for future space based mission involving the measurement of Hard X-rays (Charge sensitive amplifier optimization, trigger system, internal regulators, ...). The ambition in the design of a hard X-ray imaging spectrometer array with a high density of pixels among the most performant ones in the international scene.

Mission :

To pursue current developments, the intern will have the missions to:

- a) Initiate a schematic (Cadence IC6) of different functionalities :
 - Several charge readout chain for optimization
 - A precise DAC circuit
 - Double threshold comparator
 - 3.3V -> 1.8V Regulator
 - Other ideas proposed by the intern
- b) Simulate the developed circuits (Cadence - Spectre)
- c) Initiate the layout drawing of mentioned blocks (Cadence - Virtuoso)
- d) Verify the accordance between layout and XFAB 0.18 rules (ASSURA - Calibre - LVS/DRC)

The pursuit of its work could lead to a PhD thesis on which the candidate will carry out the launch of the circuit fabrication, the tests and the insertion of the new blocks in the 32x32 matrix readout circuit.

Keywords

X-Rays, solid state physics, analog electronics, digital electronics

Skills

The candidate is currently in EECS Master 2 (or equivalent) specialised in microelectronic design and searched for a 6

month internship. Scientific and technical required competences are: a) Knowledge even partial on the Cadence Virtuoso design suite : - Microelectronic schematic design - Layout design - Electrical simulation (SPICE – Spectre) - Design rules check and Layout Versus Schematic (ASSURA – Calibre) b) Working principle and modelisation of MOS transistors c) Analog electronics knowledge : - Amplifiers (cascode, folded cascode, telescopic cascode architectures) - Voltage regulators (Dropout voltage regulators) - DAC architectures d) Digital electronics knowledge - D – JK – RS flip flops - Inverters – Logic gates - Mealy – Moor machines e) Signal processing basis - Filters theory - Signal to noise ratio Knowledge on semiconductor physics and microelectronic processing will be considered as a bonus. Aside these technical competences, candidate will be curious, dynamic and eager to propose personal solutions.

Softwares

Python Cadence Virtuoso Cadence Encounter Vhdl



Réalisation d'une campagne d'irradiation de protons sur le détecteur X de la mission spatiale SVOM pour prédire son comportement en vol

Spécialité Spectroscopie

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LSAS](#)

Candidature avant le 18/04/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [MEURIS Aline](#)

+33 1 69 08 12 73

aline.meuris@cea.fr

Résumé

L'objectif du stage est la préparation, la conduite et l'exploitation d'une campagne d'essais dans un accélérateur de particules avec le modèle de vol de recharge du plan focal de MXT, instrument à bord de la mission d'astronomie franco-chinoise SVOM lancée en 2023.

Sujet détaillé

SVOM est une mission franco-chinoise qui sera lancée début 2023 pour l'étude des sursauts gamma, événements explosifs d'étoiles les plus énergétiques existants dans l'Univers. Le Département d'Astrophysique du CEA a la responsabilité scientifique du télescope X (MXT) à bord de SVOM pour localiser à la minute d'arc les sources et observer leurs émissions X rémanentes. MXT embarque dans sa caméra un spectro-imageur de type pnCCD de 256 x 256 pixels. L'instrument de vol sera livré en Chine fin 2021.

En 2022, une campagne d'irradiations sous protons doit être organisée avec un détecteur du même lot que le modèle de vol pour prédire le comportement en vol de celui-ci. Les enjeux de ces essais sont de répondre aux questions suivantes :

- Comment se comporte le détecteur lorsqu'il reçoit des particules saturantes pendant son fonctionnement (effets singuliers) ? Quelles sont les anomalies possibles et leur occurrence ?
- Comment se dégradent les performances spectrales après 3 à 5 ans en orbite (effets de dose) ? Quel est l'impact sur l'étalonnage de l'instrument et sur le retour scientifique ?

L'objectif du stage est la préparation, la conduite et l'exploitation d'une campagne d'essais dans un accélérateur de particules, potentiellement le cyclotron Arronax de Nantes. Un modèle de plan focal associé à un cryostat de test et un système d'acquisition seront disponibles pour ces essais. Sous la supervision de la responsable scientifique des essais, l'étudiant aura la responsabilité des tâches suivantes :

- Définition de la configuration des essais (énergie, flux, fluence des protons) par simulations physiques
- Préparation technique des essais, en adaptant les moyens matériels et logiciels existants aux contraintes de

l'infrastructure et à nos objectifs scientifiques

- Coordination logistique et technique des essais (contact avec l'installation et l'équipe projet MXT)
- Conduite d'essais et début de l'exploitation des résultats (analyse de données)

Pour mener à bien ces travaux, l'étudiant sera en forte interaction avec les techniciens, ingénieurs, physiciens instrumentalistes et astrophysiciens associés au projet. Aisance relationnelle, dynamisme et sens de l'organisation seront des atouts appréciables pour atteindre les objectifs.

Mots clés

spectro-imagerie X, environnement spatial, interaction rayonnement-matière, détecteur semi-conducteur

Compétences

simulations, mesures physiques, analyse de données

Logiciels

Python, Labview

Lead of a proton irradiation test campaign with the X-ray detector of the SVOM space astronomy mission to predict its behavior in flight

Summary

The goal of the internship is the preparation, the lead and the exploitation of a test campaign in a particle accelerator with the flight spare model of the focal plan of MXT, instrument on-board the Sino-French astronomy mission SVOM to be launched in 2023.

Full description

SVOM is a Sino-French mission to be launched beginning of 2023 to study the gamma-ray bursts, the most energetic explosive events in the Universe. The Department of Astrophysics has the scientific lead of the X-ray telescope (MXT) in SVOM to localize the sources with the arcminute resolution and observe their X-ray afterglow emission. MXT integrates in its camera a pnCCD-type imaging spectrometer with 256 x 256 pixels. The flight instrument will be delivered to China end of 2021.

In 2022 a proton irradiation campaign shall be organized with a detector of the same fabrication batch of the flight one to predict the behavior in flight of the latter. The motivations for these tests is to answer to some key questions for the mission:

- How behaves the detector when it is bombarded by saturating particles when operated (single events)? Which kind of anomaly can occur and with which probability?
- How does the spectral performance of the detector degrade after 3 to 5 years in orbit (cumulative dose effects)? What is the impact on the spectral calibration and the scientific exploitation?

The goal of the internship is the preparation, the lead and the exploitation of a test campaign in a particle accelerator (probably the Arronax cyclotron in Nantes, France). With the supervision of the scientific responsible of the experiment, the intern will have the following missions:

- Definition of the test configuration (proton energy, flux, fluence) justified with physical simulations
- Technical preparation of the tests, by adapting the existing hardware and software solutions to the facility constraints and the test scientific goals.
- Logistic coordination of the tests (contacts with the facility and the CEA project team)
- Lead of the tests, data reduction and analysis

To carry out this work, the student will be in close interaction with the technicians, engineers and instrumentation physicists and astrophysicists of the project. Interpersonal skills, dynamism and organizational skills will be appreciated assets for the success of the project.

Keywords

X-ray imaging spectroscopy, space environment, light matter interaction, semiconductor detector

Skills

simulations, data acquisition, data analysis

Softwares

Python, Labview



DE NOUVELLES PISTES POUR L'ETUDE DES NOYAUX LOURDS

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LENA](#)

Candidature avant le 19/05/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SULIGNANO Barbara](#)

+33 1 69 08 42 27

barbara.sulignano@cea.fr

Résumé

La chasse aux éléments superlourds est l'un des sujets les plus passionnants et les plus actifs de ces dernières années et a déjà permis de produire de nouveaux éléments tels que les 113, 115, 117 et 118 dans des expériences avec accélérateur. Tous ces noyaux peuvent être produits par des réactions de fusion-évaporation. Cependant, l'utilisation de cette méthode ne permet pas d'atteindre l'îlot de stabilité prédit par les physiciens théoriques et jamais réalisé expérimentalement. Ces dernières années, une nouvelle méthode de production de noyaux lourds a été mise au point. Cette nouvelle méthode est basée sur le transfert de quelques nucléons du faisceau à la cible permettant d'atteindre des noyaux très exotiques.

Sujet détaillé

Jusqu'à présent, les informations sur les éléments les plus lourds ont été obtenues par des réactions de fusion-évaporation. Il est cependant bien connu que les noyaux qui peuvent être obtenus par des réactions de fusion-évaporation sont déficients en neutrons en raison des combinaisons faisceau-cible disponibles [1]. De plus, en raison du nombre limité de combinaisons faisceau-cible, seuls quelques isotopes spécifiques peuvent être produits. Une alternative à la fusion-évaporation peut être fournie par les collisions inélastiques. Des calculs théoriques récents prédisent en effet des sections efficaces élevées (de l'ordre du microbarn) pour la production d'éléments lourds riches en neutrons dans des réactions inélastiques proches de zéro degré [2]. C'est pourquoi nous avons réalisé pour la première fois l'expérience d'étude de réaction de transfert de multinucléons dans la réaction avec un faisceau de ^{136}Xe sur une cible de ^{238}U en novembre 2019 à Argonne en utilisant le spectromètre rempli de gaz AGFA. Cela a fait l'objet d'un travail de thèse terminé en 2021. Ce projet sera consacré à la continuation de ce travail de thèse avec l'extraction des rendements des différents produits MNT et à la comparaison de nos observations avec les prédictions des modèles [2-3].

[1] Walter David Loveland. The synthesis of new neutron-rich heavy nuclei. *Frontiers in Physics*, 7:23, 2019

[2] A. Karpov, V. V Saiko, *Phys. Rev C* 96 (2017) 024618

[3] I. Stefan, B. Fornal et al. *Phy. Lett. B* 779 (2018) 456-45

Mots clés

physique nucléaire expérimentale

Compétences

Logiciels

Familiarité avec les outils d'analyse de données, notamment ROOT ; des compétences en programmation C/C++ sont également souhaitables.

NEW PATHS FOR THE STUDY OF HEAVY NUCLEI

Summary

The hunt for superheavy elements is one of the most exciting and active topics of recent years and has already produced new elements such as 113, 115, 117 and 118 in experiment with accelerator. All these nuclei have been produced up to now via fusion-evaporation reactions. However, the use of this method does not allow to reach the island of stability predicted by theoretical physicists and never realized experimentally. In recent years, a new method for the production of heavy nuclei has been developed based on the transfer of few nucleons from the beam to the target allowing to reach very exotic nuclei, namely multi nucleon transfer reactions (MNT).

Full description

Up to now, the information on the heaviest elements has been obtained via fusion-evaporation reactions. It is, however, well known that the nuclei, which can be reached using fusion-evaporation reactions are neutron deficient due to the available beam-target combinations [1]. Moreover, because of the limited number of beam-target combinations, only few specific isotopes can be produced. An alternative to fusion-evaporation can be provided by deep-inelastic collisions. Recent theoretical calculations indeed predict high cross sections (of the order of microbarn) for the production of neutron-rich heavy elements in deep inelastic reactions close to zero degrees [2]. For this reason we have performed for the first time the study multinucleon transfer reaction experiment in the forward direction using a beam of Xenon(136) on a target of Uranium(238) in November 2019 at Argonne using the Gas-Filled Analyzer (AGFA). That was the subject of a thesis work ended in 2021. This project will be the follow up of the thesis and will be consecrated to the extraction of the yields of various MNT products and compare our observations with model predictions [2-3].

[1] Walter David Loveland. The synthesis of new neutron-rich heavy nuclei. *Frontiers in Physics*, 7:23, 2019

[2] A. Karpov, V. V Saiko, *Phys. Rev C* 96 (2017) 024618

[3] I. Stefan, B. Fornal et al. *Phy. Lett. B* 779 (2018) 456-45

Keywords

Skills

Softwares

Familiarité avec les outils d'analyse de données, notamment ROOT ; des compétences en programmation C/C++ sont également souhaitables.



Tomographie du nucléon : le proton en 3D

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 30/06/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SOKHAN Daria](#)

+33 1 69 08 56 27

daria.sokhan@cea.fr

Résumé

Le projet de stage se concentre sur l'analyse des données d'une expérience récente au Jefferson Laboratory (JLab) aux Etats-Unis, dans laquelle un faisceau d'électrons de 11 GeV a été diffusé sur une cible de protons. La mesure est sensible à la structure interne du proton en trois dimensions.

Sujet détaillé

La diffusion d'électrons de haute énergie sur un proton est l'une des techniques expérimentales les plus performantes dans l'étude de sa structure. Des expériences à l'accélérateur linéaire SLAC dans les années 1950 et 1960, utilisant un faisceau d'électrons et une cible fixe d'hydrogène, ont montré que le proton avait une extension spatiale et possédait des centres de diffusion ponctuels à l'intérieur, appelés partons. L'identification ultérieure de ces centres de diffusion comme quarks a conduit à la compréhension du proton comme un état lié de quarks, confinés par l'interaction forte via l'échange de gluons. La théorie de la chromodynamique quantique (QCD) décrit ces interactions, mais ses équations ne peuvent pas être résolues analytiquement pour calculer les propriétés du proton. Notre compréhension de la structure du proton repose donc fortement sur son étude expérimentale.

Bien que de nombreux progrès aient été réalisés au cours des 65 dernières années, de nombreuses questions fondamentales demeurent : quelle est la composition du spin du proton, comment sa masse est-elle générée à partir de quarks presque sans masse, quelle est la nature du confinement des quarks dans les états liés appelés hadrons ? Caractériser les distributions des quarks et des gluons à l'intérieur du proton apporte des éléments de réponse à ces questions et permet ainsi de mieux comprendre la matière qui constitue plus de 99% de la masse visible de l'univers. Ce thème de recherche fait l'objet d'expériences dans un certain nombre d'accélérateurs à travers le monde, dont JLab [1].

JLab abrite un accélérateur d'électrons de 12 GeV, à partir duquel le faisceau est tiré sur des cibles fixes dans quatre halls expérimentaux. Si le transfert de quantité de mouvement dans l'interaction est suffisamment élevé, l'électron diffuse sur un quark à l'intérieur du proton et peut entraîner la production d'autres particules, comme un photon ou un méson de haute énergie (une paire de quark anti-quark). La reconstruction de ces interactions et la mesure des

distributions des particules diffusées et produites peuvent donner accès aux distributions en position et en quantité de mouvement des quarks à l'intérieur du proton. En particulier, certains processus sont sensibles aux distributions de partons généralisées (GPD), qui peuvent être interprétées comme reliant la position spatiale transversale des quarks à leur quantité de mouvement longitudinale [2]. Celles-ci, à leur tour, fournissent des informations sur la composition des distributions de spin et de pression à l'intérieur du proton [3] et peuvent être utilisées pour construire des images tomographiques 3D de la structure du proton [4].

Le stage se déroulera au Laboratoire de Structure du Nucléon (LSN) de l'Institut de Recherche sur les Lois Fondamentales de l'Univers (IRFU). Il se concentrera sur la mesure d'un processus de diffusion sensible aux GPD à partir d'une analyse de données expérimentales récentes acquises dans le hall B de JLab, qui abrite le détecteur CLAS12. Plus précisément, il s'agira d'utiliser des programmes informatiques pour reconstruire des particules à partir de leurs traces dans les détecteurs, extraire des événements d'intérêt et analyser les distributions avec des applications de techniques statistiques. Il s'agira également d'exécuter et d'analyser des simulations informatiques de l'expérience. Le projet donnera au candidat une compréhension unique du fonctionnement des expériences modernes de physique nucléaire et hadronique, en lui présentant les étapes principales, depuis les traces dans un détecteur jusqu'à la mesure d'une quantité physique d'intérêt.

Une connaissance préalable de la relativité restreinte et de la mécanique quantique est requise. Une expérience préalable en programmation est un avantage, notamment en C++ ou Python. Ce stage s'adresse à des étudiants de niveau master ou Grande École d'Ingénieurs. Sa durée peut être adaptée aux exigences académiques du candidat et peut aller de 3 à 6 mois ou plus. Ce projet de stage peut déboucher sur une thèse.

[1] <https://www.jlab.org/research/science>

[2] Garçon, M. "An introduction to the Generalized Parton Distributions". Eur. Phys. J. A 18, 389–394 (2003).

[3] Kumeri?ki, K. "Measurability of pressure inside the proton." Nature 570, E1–E2 (2019).

[4] Moutarde, H., Sznajder, P. & Wagner, J. "Border and skewness functions from a leading order fit to DVCS data." Eur. Phys. J. C 78, 890 (2018).

Mots clés

physique hadronique, diffusion d'électrons, structure du proton, quarks

Compétences

Le projet s'agira d'utiliser des programmes informatiques pour reconstruire des particules à partir de leurs traces dans les détecteurs, extraire des événements d'intérêt et analyser les distributions (ROOT) avec des applications de techniques statistiques. Il s'agira également d'exécuter et d'analyser des simulations (GEANT4) informatiques de l'expérience.

Logiciels

C++, Python.

Nucleon tomography: the proton in 3D

Summary

The internship project will focus on data analysis from a recent experiment at Jefferson Lab, in which an 11 GeV electron beam was scattered from a proton target. The measurement is sensitive to the internal structure of the proton.

Full description

The scattering of high energy electrons from a proton is one of the most powerful experimental tools in the study of its structure. Experiments at the SLAC linear accelerator in the 1950s and 60s, using a beam of electrons and a fixed hydrogen target, showed that the proton had spatial dimensions and identified point-like scattering centers inside it, called partons. The later recognition of these scattering centers as quarks led to the understanding of the proton as a bound state of quarks, confined by the strong interaction which is mediated by the exchange of gluons. The theory of Quantum Chromodynamics (QCD) describes these interactions, but its equations cannot be solved analytically to calculate the proton's properties. Our understanding of the proton's structure is therefore strongly reliant on its experimental study.

While a lot of progress has been made in the past 65 years, many of the fundamental questions remain: what is the composition of proton spin, how exactly is its mass generated from the almost-massless quarks, what is the nature of quark confinement into bound states, called hadrons? Understanding the distributions of quarks and gluons inside the proton helps to address these questions and thus provide a deeper understanding of the matter which makes up over 99% of the visible mass of the universe. It is the focus of experiments at a number of accelerators around the world, including Jefferson Lab (JLab) in Virginia, USA [1].

JLab is home to a 12 GeV electron accelerator, from which the beam is fired at fixed targets in four experimental halls. If the transfer of momentum in the interaction is high enough, the scattering takes place from a quark inside the proton and may result in the production of other particles: such as a high energy photon and/or meson (quark anti-quark pairs). Reconstructing these interactions and measuring the distributions of the scattered and produced particles can give access to the spatial and momentum distributions of quarks inside the proton. In particular, certain processes are sensitive to Generalised Parton Distributions (GPDs), which can be interpreted as relating transverse spatial position of quarks to their longitudinal momentum [2]. These, in turn, provide information on the composition of proton spin and pressure distributions [3] inside it and can be used to build tomographic 3D images of proton structure [4].

The internship project will take place in the Laboratoire de Structure du Nucléon (LSN) at the Institut de Recherche sur le Lois Fondamentales de l'Univers (IRFU). It will focus on analysing data for a measurement of a GPD-sensitive scattering process from a recent experiment in Hall B of JLab, which houses the CLAS12 detector array. Specifically, it will involve using computer programs to reconstruct particles from hits in the detectors, extract events of interest and analyse the distributions with the applications of statistical techniques. It will also involve running and analysing computer simulations of the experiment. The project will give the candidate a unique understanding of the functioning of modern nuclear and hadron physics experiments, introducing them to the main stages, from hits in a detector to the measurement of a physics quantity of interest.

Prior knowledge of special relativity and quantum mechanics is mandatory. Prior programming experience is an advantage, especially in C++ or Python. This internship is aimed at the master level or at a student from the Grande Ecole d'Ingénieurs. Its duration can be adapted to the academic requirements of the candidate and can last from 3 to 6 months or longer. It may also lead to a PhD thesis.

[1] <https://www.jlab.org/research/science>

[2] Garçon, M. "An introduction to the Generalized Parton Distributions". *Eur. Phys. J. A* 18, 389–394 (2003).

[3] Kumeri?ki, K. "Measurability of pressure inside the proton." *Nature* 570, E1–E2 (2019).

[4] Moutarde, H., Sznajder, P. & Wagner, J. "Border and skewness functions from a leading order fit to DVCS data." *Eur. Phys. J. C* 78, 890 (2018).

Keywords

hadron physics, electron scattering, proton structure, quarks

Skills

The project will involve using computer programs to reconstruct particles from hits in detectors, extract events of interest and analyse the distributions (ROOT) with the applications of statistical techniques. It will also involve running and analysing computer simulations (GEANT4) of the experiment.

Softwares

C++, Python.



Tomographie du nucléon : imager les gluons à l'intérieur du proton

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 30/06/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SOKHAN Daria](#)

+33 1 69 08 56 27

daria.sokhan@cea.fr

Résumé

Le projet se concentre sur des simulations de diffusion d'électrons au collisionneur électron-ion, la prochaine grande installation mondiale de physique des hadrons, qui sera construite aux États-Unis. Les processus de diffusion d'électrons étudiés sont sensibles à la structure interne du proton.

Sujet détaillé

La diffusion d'électrons de haute énergie sur un proton est l'une des techniques expérimentales les plus performantes dans l'étude de sa structure. Des expériences à l'accélérateur linéaire SLAC dans les années 1950 et 1960, utilisant un faisceau d'électrons et une cible fixe d'hydrogène, ont montré que le proton avait une extension spatiale et possédait des centres de diffusion ponctuels à l'intérieur, appelés partons. L'identification ultérieure de ces centres de diffusion comme quarks a conduit à la compréhension du proton comme un état lié de quarks, confinés par l'interaction forte via l'échange de gluons. La théorie de la chromodynamique quantique (QCD) décrit ces interactions, mais ses équations ne peuvent pas être résolues analytiquement pour calculer les propriétés du proton. Notre compréhension de la structure du proton repose donc fortement sur son étude expérimentale.

Bien que de nombreux progrès aient été réalisés au cours des 65 dernières années, de nombreuses questions fondamentales demeurent : quelle est la composition du spin du proton, comment sa masse est-elle générée à partir de quarks presque sans masse, quelle est la nature du confinement des quarks dans les états liés appelés hadrons ? Caractériser les distributions des quarks et des gluons à l'intérieur du proton apporte des éléments de réponse à ces questions et permet ainsi de mieux comprendre la matière qui constitue plus de 99% de la masse visible de l'univers.

Un certain nombre d'expériences sont actuellement en cours dans différents accélérateurs autour du monde, mais leurs énergies dans le centre de masse les spécialisent à l'étude de la région des quarks de valence du proton, c'est-à-dire celle où trois quarks constitutifs partagent également la quantité de mouvement du proton. Cependant, à des énergies de centre de masse plus élevées, il est possible d'accéder à la mer de quarks et de gluons, où le proton semble plutôt se composer de paires quark anti-quark de saveurs différentes et d'un ensemble dense de gluons. Cette région dominée par les gluons a été très peu explorée en diffusion d'électrons, mais un nouvel accélérateur pour

l'étudier avec une précision inégalée sera bientôt construit au Brookhaven National Laboratory aux États-Unis : l'Electron-Ion Collider (EIC) [1].

L'EIC, qui devrait entrer en opération en 2032, collisionnera des faisceaux d'électrons polarisés de haute intensité avec des faisceaux de protons polarisés, d'ions légers et de noyaux lourds non polarisés. Si le transfert de quantité de mouvement dans l'interaction est suffisamment élevé, l'électron diffuse sur un quark à l'intérieur du proton et peut entraîner la production d'autres particules, comme un photon ou un méson de haute énergie (une paire de quark anti-quark). La reconstruction de ces interactions et la mesure des distributions des particules diffusées et produites peuvent donner accès aux distributions en position et en quantité de mouvement des quarks à l'intérieur du proton. En particulier, certains processus sont sensibles aux distributions de partons généralisées (GPD), qui peuvent être interprétées comme reliant la position spatiale transversale des quarks à leur quantité de mouvement longitudinale [2]. Celles-ci, à leur tour, fournissent des informations sur la composition des distributions de spin et de pression à l'intérieur du proton [3] et peuvent être utilisées pour construire des images tomographiques 3D de la structure du proton [4]. Aux énergies accessibles à l'EIC, cela fournira une cartographie du proton dans la région dominée par les gluons. La conception des détecteurs permettant ces mesures est actuellement en cours.

Le stage se déroulera au Laboratoire de Structure du Nucléon (LSN) de l'Institut de Recherche sur les Lois Fondamentales de l'Univers (IRFU). Il se concentrera sur l'étude des processus de diffusion sensibles aux GPD à l'EIC et sur l'optimisation des détecteurs. Plus précisément, il s'agira d'utiliser des programmes informatiques pour exécuter des simulations de processus de diffusion à l'EIC avec différentes configurations de détecteurs et d'analyser, à l'aide de techniques statistiques, les données produites dans une simulation d'expérience. Le projet offre au candidat l'opportunité de participer à la conception des détecteurs du nouveau collisionneur et de contribuer à l'évaluation de son potentiel physique.

Une connaissance préalable de la relativité restreinte et de la mécanique quantique est requise. Une expérience préalable en programmation est un avantage, notamment en C++ ou Python. Ce stage s'adresse à des étudiants de niveau master ou Grande École d'Ingénieurs. Sa durée peut être adaptée aux exigences académiques du candidat et peut aller de 3 à 6 mois ou plus. Ce projet de stage peut déboucher sur une thèse.

[1] The Electron-Ion Collider Yellow Report (2021). Executive summary: http://www.eicug.org/web/sites/default/files/EIC_YR_Summary_v1.0.pdf

[2] Garçon, M. "An introduction to the Generalized Parton Distributions". Eur. Phys. J. A 18, 389–394 (2003).

[3] Kumeri?ki, K. "Measurability of pressure inside the proton." Nature 570, E1–E2 (2019).

[4] Moutarde, H., Sznajder, P. & Wagner, J. "Border and skewness functions from a leading order fit to DVCS data." Eur. Phys. J. C 78, 890 (2018).

Mots clés

physique hadronique, diffusion d'électrons, structure du proton, quarks, gluons

Compétences

Le projet s'agira d'utiliser des programmes informatiques pour exécuter des simulations de processus de diffusion à l'EIC avec différentes configurations de détecteurs (GEANT4) et d'analyser, à l'aide de techniques statistiques, les données produites dans une simulation d'expérience (ROOT).

Logiciels

C++, Python

Nucleon tomography: imaging the glue inside the proton

Summary

The internship project will focus on simulations of scattering at the Electron-Ion Collider, the world's next main hadron physics facility, which will be built in the US. The electron scattering processes under study are sensitive to the internal structure of the proton.

Full description

The scattering of high energy electrons from a proton is one of the most powerful experimental tools in the study of its structure. Experiments at the SLAC linear accelerator in the 1950s and 60s, using a beam of electrons and a fixed hydrogen target, showed that the proton had spatial dimensions and identified point-like scattering centers inside it, called partons. The later recognition of these scattering centers as quarks led to the understanding of the proton as a bound state of quarks, confined by the strong interaction which is mediated by the exchange of gluons. The theory of Quantum Chromodynamics (QCD) describes these interactions, but its equations cannot be solved analytically to calculate the proton's properties. Our understanding of the proton's structure is therefore strongly reliant on its experimental study.

While a lot of progress has been made in the past 65 years, many of the fundamental questions remain: what is the composition of proton spin, how exactly is its mass generated from the almost-massless quarks, what is the nature of quark confinement into bound states, called hadrons? Understanding the distributions of quarks and gluons inside the proton helps to address these questions and thus provide a deeper understanding of the matter which makes up over 99% of the visible mass of the universe.

A number of experiments are currently underway at different accelerators around the world, but they are mainly focused on the lower centre-of-mass energies which scan the valence quark region of the proton: where three constituent quarks share the proton momentum equally among them. At higher centre-of-mass energies, however, it is possible to access the quark-gluon sea, where the proton instead appears to consist of quark anti-quark pairs of different flavors and a dense sea of gluons. This glue-dominated region has been largely unexplored in electron scattering but a new accelerator to study it with unprecedented precision will soon begin construction at Brookhaven National Lab in the USA: the Electron-Ion Collider (EIC) [1].

The EIC, expected to start operation in 2032, will collide polarised, high intensity electron beams with beams of polarised protons, light ions and unpolarised heavy nuclei. If the transfer of momentum in the interaction is high enough, the scattering takes place from a quark inside the proton and may result in the production of other particles: such as a high energy photon and/or meson (quark anti-quark pair). Reconstructing these interactions and measuring the distributions of the scattered and produced particles can give access to the spatial and momentum distributions of quarks inside the proton. In particular, certain processes are sensitive to Generalised Parton Distributions (GPDs), which can be interpreted as relating transverse spatial position of quarks to their longitudinal momentum [2]. These, in turn, provide information on the composition of proton spin and pressure distributions [3] inside it and can be used to build tomographic 3D images of proton structure [4]. At the energies accessible at the EIC, this will provide a mapping of the gluon-dominated region of the proton. The design of the detectors to enable these measurements is currently underway.

The internship project will take place in the Laboratoire de Structure du Nucléon (LSN) at the Institut de Recherche sur le Lois Fondamentales de l'Univers (IRFU). It will focus on the study of GPD-sensitive scattering processes at the EIC and on detector optimisation. Specifically, it will involve using computer programs to run simulations of the processes at EIC with different detector configurations and analyse, using statistical techniques, the simulated data in a mock-experiment. The project offers the candidate an opportunity to participate in the design of the detectors for the new collider and contribute to the evaluation of its physics potential.

Prior knowledge of special relativity and quantum mechanics is mandatory. Prior programming experience is an advantage, especially in C++ or Python. This internship is aimed at the master level or at a student from the Grande

Ecole d'Ingénieurs. Its duration can be adapted to the academic requirements of the candidate and can last from 3 to 6 months or longer. It may also lead to a PhD thesis.

[1] The Electron-Ion Collider Yellow Report (2021). Executive summary:
http://www.eicug.org/web/sites/default/files/EIC_YR_Summary_v1.0.pdf

[2] Garçon, M. "An introduction to the Generalized Parton Distributions". Eur. Phys. J. A 18, 389–394 (2003).

[3] Kumeri?ki, K. "Measurability of pressure inside the proton." Nature 570, E1–E2 (2019).

[4] Moutarde, H., Sznajder, P. & Wagner, J. "Border and skewness functions from a leading order fit to DVCS data." Eur. Phys. J. C 78, 890 (2018).

Keywords

hadron physics, electron scattering, proton structure, quarks, gluons

Skills

The project will involve using computer programs to run simulations of the processes at EIC with different detector configurations (GEANT4) and analyse, using statistical techniques, the simulated data in a mock-experiment (ROOT).

Softwares

C++, Python



Inference cosmologique du champ de densité de galaxies dans le relevé spectroscopique DESI

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhP](#)

Candidature avant le 20/04/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [de MATTIA Arnaud / François Lanusse](#)

+33 1 69 08 62 34

arnaud.de-mattia@cea.fr / francois.lanusse@cea.fr

Résumé

L'objectif est d'initier le développement d'une nouvelle méthode d'analyse des données de DESI, reposant sur des simulations numériques du relevé et des nouvelles techniques de machine learning et d'inférence statistique, plus performante que les analyses standards.

Sujet détaillé

DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) est un spectrographe multi-objets monté sur le télescope Mayall à Kitt Peak, en Arizona, qui a récemment commencé à prendre des données. Il va permettre la mesure de 35 millions de redshifts de galaxies et de quasars entre 0.05

L'étude des propriétés statistiques du champ de densité de galaxies (déterminé à partir des positions mesurées des galaxies), permet de contraindre les modèles cosmologiques.

Les analyses standard reposent sur l'estimation de la variance du champ de densité en fonction de l'échelle (ce que l'on appelle spectre de puissance ou fonction de corrélation). Cette mesure est ensuite utilisée pour l'inférence des paramètres cosmologiques. Cependant, le champ de densité de galaxies est fortement non-gaussien, ce qui rend cette compression non optimale.

Dans ce stage, nous proposons au contraire d'explorer une approche théoriquement sans perte pour extraire des informations cosmologiques des relevés de galaxies. Cette technique nouvelle et en plein développement vise à reproduire la densité de galaxies observée à l'aide de simulations. En pratique, un champ de densité initial aléatoire de matière noire est généré dans une boîte cubique. Ce champ de densité est évolué dans le temps selon les équations de la gravité. Un modèle est ensuite utilisé pour relier ce champ de matière noire à un champ de galaxies, puis les effets de sélection du relevé sont appliqués. La vraisemblance du champ de densité des galaxies observé étant donné le champ simulé est calculée, et sa valeur est utilisée pour échantillonner les conditions initiales du champ de densité.

Nous nous appuyerons sur le solveur FlowPM, disponible publiquement, reposant sur TensorFlow (accéléré par GPU). Nous proposons d'y ajouter des modèles pour la connexion matière noire - galaxies et la fonction de sélection du relevé. Il en résultera une première version du modèle qui pourra être comparé à des simulations réalistes de DESI et

à des données réelles.

Mots clés

cosmologie, relevés de galaxies, statistiques, machine learning, analyse de données

Compétences

inférence en grande dimension, machine learning

Logiciels

Python, TensorFlow

Forward modeling of the galaxy density field in the DESI spectroscopic survey

Summary

The goal is to initiate the development of a novel analysis pipeline for DESI galaxy redshift data, based on numerical simulations of the survey and state-of-the-art machine learning and statistical inference techniques to overcome limitations of standard analyses.

Full description

The Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) is a multi-object spectrograph mounted on the Mayall telescope at Kitt Peak, Arizona, which has recently started taking data. It will enable redshift measurements of 35 millions of galaxies and quasars between 0.05

The study of the statistical properties of the galaxy density field, inferred from observed galaxy positions, enables stringent constraints to be put on cosmological models. Standard analyses consist in measuring the variance of the galaxy density field as a function of scale (known as the power spectrum or correlation function) and use the obtained summary statistics as a data vector for further inference of cosmological parameters. Yet, the galaxy density field is highly non-Gaussian, such that the above compression is not optimal.

The Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) is a multi-object spectrograph mounted on the Mayall telescope at Kitt Peak, Arizona, which has recently started taking data. It will enable redshift measurements of 35 millions of galaxies and quasars between 0.05

The study of the statistical properties of the galaxy density field, inferred from observed galaxy positions, enables stringent constraints to be put on cosmological models. Standard analyses consist in measuring the variance of the galaxy density field as a function of scale (known as the power spectrum or correlation function) and use the obtained summary statistics as a data vector for further inference of cosmological parameters. Yet, the galaxy density field is highly non-Gaussian, such that the above compression is not optimal.

In this internship we propose instead to explore a theoretically lossless approach to extracting cosmological information from galaxy surveys. This novel and rapidly developing forward modeling technique aims at reproducing the observed galaxy density with simulations. Namely, an initial random dark matter density field is generated in a cubic box. This field is evolved forward in time following the equations of gravity. The galaxy density field is then modelled on top of the simulated dark matter field and survey selection effects are applied. The likelihood of the observed galaxy density field given the simulated one is computed, and its value is used to iterate over, or to sample, initial conditions of the density field.

We will start from the publicly available GPU-accelerated gravity solver FlowPM in the TensorFlow framework. We propose to integrate in the same framework models for the dark matter - galaxy connection and survey selection function. This will result in a first version of the forward modeling pipeline that may be compared to realistic DESI simulations and real data.

Keywords

cosmology, galaxy surveys, statistics, machine learning, data analysis

Skills

high-dimensional inference, machine learning

Softwares

Python, TensorFlow



Caractérisation 4D de sources astronomiques en rayons X

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingénieur/Master

Unité d'accueil [DAP/LCEG](#)

Candidature avant le 15/02/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [PIERRE Marguerite](#)
+33 1 69 08 34 92
marguerite.pierre@cea.fr

Résumé

Les images des astres en rayons X contiennent à la fois une information angulaire (morphologie des sources), spectrale et temporelle. Le but du stage est d'utiliser toutes ces composantes pour différencier les amas de galaxies, des noyaux actifs de galaxies.

Sujet détaillé

Voir description dans <https://www.cosmostat.org/jobs/xray-4d>

Mots clés

Traitement du signal, parcimonie, ondelettes, deep learning, XMM, Athena

Compétences

Transformation en ondelette, multi-échelle, deep learning

Logiciels

C++, Python

Four-dimensional characterisation of astronomical X-ray sources

Summary

X-ray emission from extragalactic sources conveys information about the shape, the spectrum and the variability of the emitting objects.

The goal of this internship is to extract this information in order to discriminate active galaxies from clusters of galaxies

Full description

Keywords

Skills

Multi-scale wavelet transform, deep learning

Softwares

C++, Python



Mise œuvre et validation du détecteur véto muon pour l'expérience de diffusion cohérente de neutrinos NUCLEUS.

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LEARN](#)

Candidature avant le 29/04/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Lhuillier David](#)

+33 1 69 08 94 97

david.lhuillier@cea.fr

Résumé

Ce stage se déroule dans le cadre de l'expérience NUCLEUS qui cherche à détecter la diffusion cohérente des neutrinos de réacteur sur les noyaux. Il porte sur la caractérisation du véto muon de l'expérience, élément clé de la réjection du bruit de fond.

Sujet détaillé

L'expérience NUCLEUS a pour objectif de réaliser la première détection de la diffusion cohérente des neutrinos de réacteur sur les noyaux atomiques. La mesure précise de ce nouveau couplage des neutrinos avec la matière offre des perspectives uniques de recherche d'une nouvelle physique au-delà du modèle standard. La section efficace d'interaction de ce processus est plusieurs ordres de grandeurs supérieure à celle de la désintégration beta-inverse, utilisée jusqu'à présent par toutes les expériences de détection de neutrinos, mais sa signature se réduit à un infime recul d'un noyau. Dans le cas de NUCLEUS la gamme d'énergie des reculs recherchés est autour de 100 eV seulement. Une énergie détectable par les bolomètres de saphir et de CaWO₄ qui seront utilisés comme cibles car ils atteignent aujourd'hui des seuils de détection de 20 eV. L'installation de l'expérience est prévue en 2023 sur le site EDF de Chooz dans les Ardennes, à environ 80 m des deux cœurs de 4 GW. Un montage complet du dispositif sera réalisé auparavant à Munich pour valider les spécifications de toutes les composantes du dispositif.

Un des principaux challenges de la mesure sera de rejeter les bruits de fond à un niveau nettement en-dessous du faible taux de comptage neutrino attendu, de l'ordre de 1/jour pour la première phase de NUCLEUS avec 10g de cible. Notre institut est en charge du véto muon de l'expérience, un blindage actif disposé autour du détecteur central qui doit signer le passage à proximité du détecteur des rayons cosmiques, principale source de bruit de fond. Il est constitué de 28 modules, assemblés sous forme de cube pour une couverture la plus hermétique possible du dispositif central hébergeant les bolomètres.

La période du stage correspondra à la réception au CEA des modules, actuellement en fabrication. Chaque module contient un panneau de plastique scintillant dont le signal lumineux est capté par des fibres optiques connectées à des Silicon-Photomultipliers (SiPM). L'étudiant(e) participera à l'ensemble de la préparation du détecteur avant son envoi à Munich. Le travail comprendra le montage des modules et leur caractérisation : la calibration des SiPMs,

l'homogénéité de la réponse aux rayons cosmiques, l'efficacité de détection et la réjection du bruit de fond des rayons gammas. En parallèle de la validation des modules, l'étudiant(e) développera une première version du traitement des données de la configuration finale comprenant la procédure d'ajustement des seuils, les conditions de trigger et le suivi automatique des performances des modules.

Ce travail de stage offre donc une formation complète sur un système de détection, depuis son montage jusqu'à l'exploitation de ses données. Il se fera en étroite collaboration avec le département de physique des particules (IRFU-DPhP) et dans le cadre de la collaboration internationale de NUCLEUS, devant laquelle le (la) stagiaire présentera ses résultats. Des aptitudes pour la programmation sont préférables mais non obligatoires. Le stage est ouvert à des étudiants M1 ou M2, dans ce dernier cas une thèse est envisageable dans la continuité.

Mots clés

physique des particules, physique des réacteurs, neutrinos

Compétences

Calibration des scintillateurs Banc de test cosmique Analyses statistiques des données

Logiciels

Langages C++ Logiciels ROOT et GEANT4

Summary

Full description

The NUCLEUS experiment aims at realizing the first detection of coherent scattering of reactor neutrinos on atomic nuclei. The precise measurement of this new coupling of neutrinos with matter offers unique perspectives for the search of new physics beyond the standard model. The interaction cross section of this process is several orders of magnitude larger than that of the inverse beta decay, used so far by all neutrino experiments, but its signature is reduced to a tiny recoil of a nucleus. In the case of NUCLEUS, the energy range of the recoil is around 100 eV only. An energy detectable by the Al₂O₃ and CaWO₄ bolometers which will be used as targets because they reach today detection thresholds of 20 eV. The installation of the experiment is planned for 2023 on the EDF site of Chooz in the Ardennes, about 80 m from the two 4 GW cores. A complete assembly of the device will be carried out beforehand in Munich to validate the specifications of all the components of the experimental setup.

One of the main challenges of the measurement will be to reject the background at a level well below the expected low neutrino count rate, of the order of 1/day for the first phase of NUCLEUS with 10g target. Our institute is in charge of the muon veto of the experiment, an active shielding around the central detector which must sign the passage of cosmic rays, the main source of background noise, near the detector. It consists of 28 modules, assembled in the form of a cube for the most hermetic coverage of the central device hosting the bolometers.

The period of the training course will correspond to the reception at CEA-Irfu of the modules, currently in manufacture. Each module contains a panel of plastic scintillator whose light signal is captured by optical fibers connected to Silicon-Photomultipliers (SiPM). The student will participate in the entire preparation of the detector before it is shipped to Munich. The work will include the assembly of the modules and their characterization: the calibration of the SiPMs, the homogeneity of the response to cosmic rays, the detection efficiency and the rejection of the gamma-ray background. In parallel to the validation of the modules, the student will develop a first version of the data processing of the final configuration including the threshold adjustment procedure, the trigger conditions and the automatic monitoring of the modules performances.

This internship offers a complete training on a detection system, from its assembly to the exploitation of its data. It will be done in close collaboration with the particle physics department (IRFU-DPhP) and in the framework of the international NUCLEUS collaboration, to which the trainee will present his or her results. Programming skills are preferred but not required. The internship is open to M1 or M2 students, in the latter case a thesis is possible afterwards.

Keywords

particle physics, reactor physics, neutrinos

Skills

Calibration of scintillators Cosmic test bench Statistical analysis of data

Softwares

Langages C++ Logiciels ROOT et GEANT4



Cosmologie gamma : Mesures du champ magnétique intergalactique avec les sursauts gamma et CTA

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LEPCHE](#)

Candidature avant le 21/05/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Belmont Renaud](#)
+33169089808
renaud.belmont@cea.fr

Autre lien
http://irfu.cea.fr/en/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast_techique.php?id_ast=3709

Résumé

Ce stage propose de contraindre le champ magnétique intergalactique par la modélisation de la propagation des rayons gamma issus de sursauts (GRB) et l'analyse des futures observations CTA.

Sujet détaillé

Depuis une vingtaine d'années, l'avènement des télescopes Tcherenkov a permis le développement de l'astronomie gamma à très haute énergie (>20GeV), avec des retombées dans beaucoup de domaines de l'astrophysique, et en particulier en cosmologie. La cosmologie gamma repose sur l'absorption, par la lumière infra-rouge des galaxies, des rayons gamma émis par des sources lointaines de l'Univers. Cette absorption est en effet directement liée à l'histoire de la formation stellaire et au modèle cosmologique qui conditionne l'apparition des grandes structures de l'Univers. L'absorption des rayons gamma par les photons infrarouge produit des électrons et des positrons qui interagissent sur le fond diffus cosmologique et produisent à leur tour des rayons gamma. Ces rayons gamma secondaires peuvent eux-mêmes être absorbés, produisant en cascade de nouvelles paires électron-positron. Ces cascades électromagnétiques se développent dans le milieu intergalactique et possèdent différentes signatures qui sont recherchées dans les données : d'une part, les rayons gamma secondaires, d'énergie plus faible, créent un excès sur la partie à basse énergie du spectre ; d'autre part, le champ magnétique intergalactique (Intergalactic Magnetic Field, IGMF) dévie les particules chargées, produisant un halo diffus autour de la source et un retard dans le temps d'arrivée des rayons gamma secondaires. La recherche de ces signatures dans les observations gamma permet d'étudier ce champ magnétique dont l'origine remonte probablement aux premiers instants de l'Univers. Cette méthode permet d'accéder à des très faibles intensités et à des propriétés à grande échelle, inaccessibles aux mesures traditionnelles de champ magnétique.

Le travail de stage s'intéressera à l'étude des cascades issues des sursauts gamma (GRB) et aux contraintes qu'elles peuvent apporter sur l'IGMF en particulier avec l'observatoire CTA en cours de construction. CTA comportera à terme 19 télescopes sur le site Nord (La Palma, îles Canaries), et 99 sur le site Sud (désert d'Atacama au Chili). Le premier grand télescope de 23 m a commencé sa prise de données laissant espérer plusieurs détections dans les années qui viennent.

L'IGMF a déjà été étudié avec une population de noyaux actifs de galaxie (AGN) qui a permis d'établir des limites inférieures sur l'intensité moyenne du champ ($B > 10^{-16}$ G). Les sursauts gamma, très brefs par nature, permettront une approche basée sur les retards temporels, très différente de celle utilisée pour les AGN et donc des contraintes indépendantes et complémentaires sur l'IGMF.

Le travail de ce stage consistera à utiliser des simulations numériques de cascades issues des GRB et à étudier leurs signatures observationnelles. Plus précisément, les cascades simulées seront couplées à la chaîne d'analyse développée dans le groupe pour CTA, permettant ainsi de définir ses capacités à contraindre l'IGMF.

L'étudiant(e) sera intégré(e) à l'équipe LEPCHE du Département d'Astrophysique du CEA Paris-Saclay. Cette équipe est très impliquée à la fois dans les observations de GRB, ainsi que dans la préparation de futur grand télescope Tcherenkov CTA. Les chercheurs de l'équipe sont en particulier chargés de préparer les futures observations de GRB avec CTA.

Mots clés

rayons gamma, astroparticules, cosmologie

Compétences

Modélisation avec des simulations numériques Monte Carlo Analyse de données

Logiciels

python

Gamma cosmology: Measures of the intergalactic magnetic field using gamma-ray bursts and CTA

Summary

This internship proposes to constrain the intergalactic magnetic field by modelling the propagation of gamma rays produced by gamma-ray bursts (GRBs), and analysing future CTA observations.

Full description

In the past 20 years, the advent of Cherenkov telescopes has allowed for the rapid growth of very high energy gamma-ray astronomy, and had provided impacts in many fields of astrophysics including cosmology. Gamma-ray cosmology is based on the absorption of very high energy photons (>100 GeV) from extragalactic sources by infrared photons emitted by stars in galaxies. Such absorption is linked to the history of star formation and to the cosmological model implied in the formation of large-scale structures in the Universe.

The absorption of gamma rays by infrared photons also produces pairs of electrons and positrons that interact with photons from the cosmological microwave background (CMB) and produce more gamma rays. These secondary high energy photons can also be absorbed, generating a cascade of pairs and photons. These electromagnetic cascades develop in the intergalactic medium and provide specific observational signatures that are searched in gamma-ray data. On the one hand, the secondary photons are responsible for an excess emission at lower emission. On the second hand, the intergalactic magnetic field (IGMF) deflects the charged particles, producing an extended halo around point sources and a time delay in the arrival of secondary gamma rays. This large-scale magnetic field is expected to originate from the very first epoch of the cosmic history. The search for these signatures in gamma-ray observations hence allows to probe this relic field at very low intensities, where traditional methods fail.

The work will focus on cascades induced by gamma-ray bursts (GRBs) and on the constrains they can provide on the IGMF. In particular, it will be done in preparation of the future CTA observatory. This array of Cherenkov telescopes will have 19 telescopes in its north site (La Palma, Canary islands) and 99 in its south site (Chili). The first 23m telescope is already operational, promising several GRB detections in the next years.

The IGMF has already be studied using active galactic nuclei (AGN), which has provided lower limits on its intensity ($B > 10^{-16}$ G). The very short duration of GRBs will allow for a very different approach, based on time delays, hence for independent and complementary constrains.

The work will consist in using numerical simulations of gamma-ray induced cascades, using a Monte Carlo simulation code and studying their observational signatures. Namely the simulated cascades will be coupled to the CTA data analysis chain developed in the group in order to predict constrains on the IGMF.

The student will work in the LEPICHE team of the Astrophysics Department at CEA Paris-Saclay. The team is strongly involved in GRB observations and in the preparation of CTA in general. More specifically, its researchers are charged with the preparation for GRB observations with CTA.

Keywords

gamma-rays, astroparticles, cosmology

Skills

Modelling with Monte Carlo numerical simulations, Data analysis

Softwares

python



Mesure de la densité de matière dans les grands relevés de Galaxies SDSS et DESI

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhP](#)

Candidature avant le 02/05/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [BURTIN Etienne](#)

+33 1 69 08 53 58

etienne.burtin@cea.fr

Résumé

Les grands relevés de galaxies sont une des clés pour comprendre le contenu énergétique de l'univers et mesure l'histoire de son expansion. Les méthodes d'analyse de données visant à améliorer la précision sont en cours d'étude. En particulier, prendre en compte la densité de matière apparaît comme une piste très prometteuse que le stage s'emploiera à explorer.

Sujet détaillé

Au cours des 30 dernières années, l'étude de l'Univers a conduit à l'émergence d'un modèle standard de la cosmologie basé sur la relativité générale. Dans ce modèle, l'Univers est formé de matière ordinaire, de matière noire et d'une mystérieuse composante appelée « énergie noire », responsable de l'accélération récente de l'expansion de l'Univers. Le grand relevé spectroscopique de galaxies, DESI (Dark Energy Spectroscopic instrument), qui vient de commencer sa campagne d'observations de 5 ans aux Etats-Unis a pour objectif de réaliser une cartographie de la répartition des galaxies dans l'Univers 10 fois plus précise que les relevés existants.

La communauté scientifique s'organise pour définir les méthodes d'analyse des données afin d'extraire le maximum d'information de ces relevés et d'entrer ainsi dans l'ère de la cosmologie de précision notamment sur la mesure du taux de croissance des structures. Ce stage de M2 propose d'étudier l'approche originale d'utiliser la densité de matière à grande échelle pour améliorer sensiblement la précision sur cette mesure, dans le but de renforcer les tests de la relativité générale.

Le travail de stage consistera principalement en une étude sur des simulations cosmologiques à N-corps afin d'établir comment la densité peut être définie et comment elle peut être utilisée pour modifier les outils d'analyse statistique des données des grands relevés de galaxies. La densité de matière est déduite de la carte des galaxies dont la coordonnée radiale est affectée par les effets de vitesse particulière. Les méthodes dites de "reconstruction" et leur effet sur la précision de la densité seront évaluées. Les algorithmes développés seront ensuite appliqués aux données publiques des relevés de galaxies du Sloan Digital Sky Survey (SDSS).

Ce stage se déroulera à l'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers au CEA-Saclay dans le groupe de cosmologie de l'Irfu/DPhP, composé de 10 physiciens et de 4 doctorants. Présent et moteur dans l'expérience DESI, le groupe participe également à Euclid et a eu par le passé une forte contribution dans SNLS, Planck et SDSS (BOSS et eBOSS), toutes expériences organisées en collaborations internationales.

Mots clés

Cosmologie, Univers primordial, origine et évolution des grandes structures de l'Univers et des galaxies

Compétences

Analyse de données, Utilisation de simulation numériques, modélisation de la relation densité-vitesse

Logiciels

python

Mesure of the density of matter in the large scale galaxy surveys SDSS and DESI

Summary

Large-scale surveys of galaxies are one of the keys to understanding the energy content of the universe and measuring its expansion history. Data analysis methods to improve the accuracy are under study. In particular, taking into account the density of matter appears to be a very promising avenue that the internship will explore.

Full description

Over the past 30 years, the study of the Universe has led to the emergence of a standard model of cosmology based on general relativity. In this model, the Universe is made of ordinary matter, dark matter and a mysterious component called "dark energy", responsible for the recent acceleration of the expansion of the Universe. The large spectroscopic survey of galaxies, DESI (Dark Energy Spectroscopic instrument), which has just started its 5-year observation campaign in the United States, aims to map the distribution of galaxies in the Universe 10 times more accurately than existing surveys.

The scientific community is organizing itself to define the methods of data analysis in order to extract the maximum of information from these surveys and to enter the era of precision cosmology, in particular on the measurement of the growth rate of structures. This M2 internship proposes to study the original approach of using the large-scale matter density to significantly improve the accuracy of this measurement, in order to strengthen the tests of general relativity.

The internship work will mainly consist of a study on N-body cosmological simulations to establish how the density can be defined and how it can be used to modify statistical analysis tools for large galaxy surveys. The density of matter is deduced from the map of galaxies whose radial coordinate is affected by particular velocity effects. The so-called "reconstruction" methods and their effect on the accuracy of the density will be evaluated. The developed algorithms will then be applied to the public data of the Sloan Digital Sky Survey (SDSS) galaxy surveys.

This internship will take place at the Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers at CEA-Saclay in the Irfu/DPhP cosmology group, composed of 10 physicists and 4 PhD students. Present and driving force in the DESI experiment, the group also participates in Euclid and had in the past a strong contribution in SNLS, Planck and SDSS (BOSS and eBOSS), all experiments organized in international collaborations.

Keywords

Cosmology, Primordial Universe, origin and evolution of large scale structures of the Universe

Skills

Data analysis, Use of numerical simulations, modelisation of the density-velocity relation.

Softwares

python



Machine Learning pour les modèles de la fonction d'étalement du point basés sur le front d'onde

Spécialité Traitement d'image

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [D'Ap/LCS](#)

Candidature avant le 01/02/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [STARCK Jean-luc](#)
+33 1 69 08 57 64
jean-luc.starck@cea.fr

Résumé

La très large bande passante de l'instrument VIS du télescope spatial Euclid rend la tâche de modélisation de la réponse instrumentale difficile. Le but de ce stage est de reconstruire le front d'onde et la réponse instrumentale simultanément en utilisant des techniques de deep learning.

Sujet détaillé

Le projet spatial Euclid, dont le lancement est prévu en 2023, observera le ciel en optique et en infrarouge et permettra de construire des cartes de très grandes échelles afin de mesurer les distorsions gravitationnelles jusqu'à des redshifts très élevés. Grâce à ces mesures de cisaillement gravitationnel, nous pourrions reconstruire des cartes de matières noires de 20000 degrés carrés, soit la moitié du ciel.

La lentille gravitationnelle faible (weak lensing en anglais) permettra de construire ce type de matière noire. Néanmoins, l'un des problèmes majeurs pour atteindre les objectifs scientifiques est la nécessité de modéliser la fonction d'étalement du point (Point Spread Function ou PSF en anglais) du satellite (PSF) avec une très grande précision.

La très large bande passante de l'instrument VIS d'Euclid rend la tâche de modélisation de la PSF plus difficile. Chaque observation est intégrée dans cette bande qui va des 550nm jusqu'à 900nm, et on les connaît sous le nom d'observations polychromatiques. Néanmoins, la haute précision attendue par la mission Euclid nous oblige à faire une modélisation spectrale de la PSF (en fonction de la longueur d'onde) à partir des observations polychromatiques. Cela est un problème inverse très mal posé.

La nouvelle méthode proposée dans le laboratoire CosmoStat [1] qui construit le modèle de PSF directement dans le front d'onde et se base sur un modèle optique différentiable qui encode les processus physiques pour aller d'un PSF en front d'onde jusqu'à un PSF au niveau des pixels. Ce modèle est très prometteur pour la mission Euclid concernant la modélisation de la PSF basée sur les données (data-driven).

C'est habituel d'utiliser certaines étoiles dans le champ de vue comme échantillons du champ de la PSF. Elles sont utilisées pour contraindre le modèle de PSF basée sur les données. Les étoiles ont une certaine distribution spectrale d'énergie, ou SED pour ses sigles en anglais, qui contribuent à l'observation polychromatique des étoiles. La connaissance de la SED est importante pour pouvoir bien contraindre le modèle de PSF. Néanmoins, on ne sait pas la qualité des estimations des SEDs stellaires et comment des erreurs dans la SED vont impacter le modèle de PSF proposé dans [1].

Une étude [2] a déjà montré qu'on peut classifier des SEDs stellaires que à partir des images VIS d'Euclid grâce à l'aide des nouvelles techniques de machine learning, plus spécifiquement apprentissage profond ou deep learning. Ce stage de fin d'études peut commencer par une étude courte sur l'impact des erreurs de la SED dans le modèle de PSF. Ensuite, on peut reprendre les travaux de [2] et se familiariser avec la classification des SEDs stellaires. Après, on pourra utiliser les résultats de la classification comme point de départ des SEDs pour faire une estimation jointe des SED et du modèle de PSF dans le champ de vue à partir des observations des étoiles. L'idée est de concevoir et développer un nouvel algorithme basé sur le modèle de PSF [2] qui permet d'estimer la PSF et les SED stellaires d'une façon jointe

L'environnement scientifique :

Le stage se déroulera au sein du groupe de recherche pluridisciplinaire, CosmoStat , au Département d'Astrophysique (DAp) du CEA, sous la direction de Jean-Luc Starck et de Tobias Liaudat. L'équipe est très impliquée dans le weak lensing. L'équipe a une très forte expertise dans différents domaines (mesure de PSFs, Machine Learning, optimisation, mesure de formes, problèmes inverses, weak lensing, etc.) qui faciliterons le déroulement du stage.

Références

- [1] Liaudat, T., Starck, J.-L., and Kilbinger, M. (2021). Rethinking the modeling of the instrumental response of telescopes with a differentiable optical model. In *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*. Accepted in the Machine Learning and the Physical Sciences workshop.
- [2] Kuntzer, T., Tewes, M., and Courbin, F. (2016). Stellar classification from single-band imaging using machine learning. *A&A*, 591:A54.

Mots clés

machine learning, astrophysique

Compétences

Moyens techniques/informatiques Le stage nécessitera des connaissances et expérience en Machine Learning et apprentissage profond. Des connaissances en traitement du signal et d'images sont un plus.

Logiciels

Une bonne maitrise du langage de programmation Python est attendu.

Machine learning to reconstruct the wavefront error of the point spread function

Summary

Full description

Keywords

machine learning, astrophysique

Skills

Softwares

Une bonne maitrise du langage de programmation Python est attendu.



Exploitation du flot Intel HLS pour programmation d'algorithme sur FPGA pour l'analyse de données de l'expérience Atlas au CERN (LHC)

Spécialité Électronique numérique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DEDIP/STREAM](#)

Candidature avant le 04/05/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [MOLINA GONZALEZ Emmanuel](#)
+33 1 69 08 92 45
emmanuel.molina-gonzalez@cea.fr

Résumé

Il est prévu de traiter en temps réel les données numérisées à l'aide de FPGA à la pointe de la technologie (Stratix 10 Intel). Une des fonctions du firmware sera de mesurer la luminosité du LHC en temps réel, à partir des données du calorimètre.

Sujet détaillé

Si la découverte du boson de Higgs intervenue au LHC (CERN) en 2012 est un éclatant succès pour le Modèle Standard de la physique des particules, elle n'apporte pas toutes les réponses à de nombreuses questions toujours ouvertes dans le domaine de la cosmologie et la physique des particules. Parmi celles-ci, on peut mentionner la nature de la matière et de l'énergie noire, l'origine du potentiel de Higgs et le fait que le Modèle Standard n'explique pas de manière satisfaisante les très petites masses des neutrinos. Les solutions naturelles à ces questions pourraient provenir de l'existence de nouveaux types d'interactions et de nouvelles particules. C'est pourquoi depuis la découverte du boson de Higgs, les efforts sont focalisés sur la recherche de phénomènes nouveaux, au-delà du Modèle Standard. Un des aspects importants dans la comparaison entre les observations et la théorie est d'être capable de normaliser aussi précisément que possible les observations par rapport à la théorie, donc de mesurer aussi précisément que possible la luminosité (une grandeur proportionnelle au nombre de collisions à un instant donné) de l'accélérateur. L'objectif est d'atteindre une précision meilleure que 1% au cours des prochaines années, ce qui est un facteur deux à trois meilleur que la précision atteinte actuellement.

Les expériences LHC disposent actuellement de plusieurs techniques et de sous-détecteurs spécialisés pour mesurer la luminosité. Toutefois, ces techniques sont entachées de divers problèmes de stabilité et de linéarité, qui en compliquent l'exploitation.

Le DEDIP (Département d'Electronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique) de l'Irfu (l'Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers) conçoit des systèmes

d'acquisition de données pour les grandes expériences de la physique fondamentale et d'astrophysique, du détecteur de particules à l'électronique d'acquisition des signaux.

MISSION :

Intégré(e) au sein de l'équipe d'électronique (labo STREAM) pour les upgrade phase 2 du détecteur ATLAS au CERN, le stagiaire est en charge de :

- Prendre en main les logiciels (Intel Quartus et ModelSim) pour l'implémentation et simulation du firmware sur cible stratix10
- Prendre en main l'implémentation de firmware avec intel HLS.
- Comprendre l'algorithme à implémenter:
- Implémentation HLS
- Implémentation classique RTL
- Optimiser l'algorithme
- Evaluer la consommation des ressources selon l'implémentation,
- Optimiser les ressources du FPGA,
- Interfacer le bloc algorithmique avec le système déjà en place,
- Documenter et présenter régulièrement l'avancement du travail effectué.

Lien vers réalisation de projets très fortement apprécié.

Possibilité de déplacement au CERN (en fonction des contraintes sanitaires)

Mots clés

VHDL,C/C++,TCL,BASH,LINUX

Compétences

Les compétences recherchées sont : - Maitrise des concepts de programmation VHDL, langage C/C++, script TCL, - Aisance avec l'environnement Linux, - Première expérience dans l'implémentation de firmware sur cible FPGA (TP, Stage...), - Une première expérience avec les logiciels de versionning (gitLab) est un plus, - Une connaissance du logiciel ModelSim n'est pas requise mais est un plus, - Une connaissance du logiciel Quartus n'est pas requise mais est un plus, - Maitrise de l'anglais à l'oral est un plus.

Logiciels

VHDL,C/C++,TCL,BASH,LINUX

Intel HLS firmware development for real time measurement of the luminosity of the LHC luminosity

Summary

It is planned by end 2025 to fully re-design the readout electronics of the ATLAS Liquid Argon calorimeter. Among other aspects, it is foreseen to process in real time the digitized data using high end FPGAs (Intel Stratix 10). One of the functionalities of the firmware will be to measure online the LHC luminosity using the data from the calorimeter.

Full description

The discovery of the Standard Model Higgs boson in 2012 is undoubtedly a bright success for the Standard Model of particle physics. This discovery however does not bring any answer to many of the questions that are still open in cosmology and particle physics. Among others, there is the nature of dark matter and dark energy, the origin of the Higgs potential, and the fact that the Standard Model does not provide an explanation for the very small masses of the neutrinos. Natural solutions to these problems could come from the existence of new interaction types or new particles.

This is why, since the discovery of the Higgs boson, efforts are focused on the search for new phenomena, beyond the Standard Model. One of the important aspects of the comparison between experimental measurements and theory is the need to normalize as precisely as possible experimental results to theory. This means in practice being able to measure as precisely as possible the luminosity of the LHC. The goal is to reach a precision better than 1% within the next few years. This is a factor two or three better than the precision that has been reached up to now.

LHC experiments are equipped with dedicated luminosity measurement subsystems, and several observables can be used to measure the luminosity. However, the techniques used have various stability and linearity issues, that complicate their exploitation.

DEDIP (Département d'Electronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique), which is part of Irfu (l'Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers) designs data acquisition systems for fundamental physics and astrophysics experiments, going from the particle detector to the data acquisition electronics.

Within the electronics development team (STREAM group) involved in the phase 2 upgrades of the ATLAS detector at CERN, the different tasks of the intern will be:

- Get acquainted with the software toolchain (Intel Quartus and Modelsim) needed to implement and simulate firmware on a Stratix 10 target.
- Get acquainted with the Intel HLS concept and development suite.
- Understand the algorithms to be implemented :
 - RTL classical/standard implementation
 - HLS Implementation
- Evaluate the resource consumption for each implementation,
- Optimize the algorithm,
- Optimize the FPGA resource usage,
- Interface the designed bloc with other existing blocks,
- Document and present progress on work on a regular basis

References or links to project realizations will be strongly appreciated.
Travel possibility to CERN (Geneva), if sanitary constraints allow

Keywords

VHDL,C/C++,TCL,BASH,LINUX

Skills

- VHDL, C/C++ language, TCL scripting. - Linux environment, - Firmware implementation on FPGA, - Some experience with versioning software (gitLab) is a plus. - ModelSim knowledge is not required but would be a plus. - Knowledge of Quartus is not required but would be a plus. - English (spoken and written) is a plus.

Softwares

VHDL,C/C++,TCL,BASH,LINUX



Cartographie de paramètres physiques dans les vestiges de supernova par machine learning

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LEPCHE](#)

Candidature avant le 30/01/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Acero Fabio](#)

+33 1 69 08 47 05

fabio.acero@cea.fr

Autre lien <https://github.com/facero/sujets2022>

Résumé

Le but de ce stage est d'implémenter un outil d'apprentissage, intitulé Interpolation Auto-Encoder (IAE), pour la cartographie des paramètres physiques (e.g. température, indice spectral, etc) d'un cube de données en rayons X avec une contrainte de régularisation spatiale.

Sujet détaillé

Contexte: Les spectro-imageurs en rayons-X permettent de mesurer la position, l'énergie et le temps d'arrivée pour chaque photon incident. Cette liste de photons permet de créer des cubes de données (X, Y, Energie) où un spectre est accessible pour chaque pixel de l'image. En dépit de la richesse des archives en rayons X et du bond en performance des missions à venir, nos méthodes d'analyses n'ont que trop peu évolué dans les dernières décennies et ne peuvent extraire la richesse d'informations scientifiques contenue dans ces données.

Ce projet s'intéressera en particulier aux méthodes de traitement du signal pour la cartographie des paramètres physiques (ex: température, métallicité, et vitesse du plasma) dans les sources étendues telles que les vestiges de supernova (voir Figure 1) ou les amas de galaxies. Cela consiste à obtenir pour chaque pixel ou groupe de pixels, une série de paramètres physiques à partir de leur information spectrale.

Les méthodes classiques d'ajustement spectral d'un cube de données sont lentes et bruitées, un facteur limitant l'analyse des données à très haute résolution spectrale des satellites à venir XRISM en 2023 et Athena X-IFU en 2034.

Objectif: Nous proposons d'explorer de nouvelles méthodes pour la cartographie de paramètres physiques en mettant à profit de récents développements méthodologiques dans notre laboratoire s'appuyant sur les concepts de parcimonie, d'analyse en ondelettes et d'apprentissage profond afin d'obtenir une méthode rapide et robuste. En particulier, l'objectif du stage sera d'implémenter un outil d'apprentissage, intitulé Interpolation Auto-Encoder (IAE, [3]), pour la cartographie des paramètres d'un cube de données avec une contrainte de régularisation spatiale [1]. L'algorithme ainsi développé sera tout d'abord évalué sur des données simulées, puis testé sur données réelles

suivant l'avancement du stage.

Candidat/Candidate: La personne recrutée doit être en formation de Master 2 (ou équivalent) et devra posséder de bonnes connaissances en traitement du signal/des images, ainsi qu'en apprentissage automatique (machine learning). Idéalement, le langage Python devra être connu et la connaissance du module d'apprentissage JAX et d'outils d'optimisation convexe est un plus.

Le candidat / la candidate acquerra une expertise en traitement du signal parcimonieux (notamment de données multi-valuées) et en apprentissage automatique.

Le stage (5-6 mois) se déroulera au sein du département d'Astrophysique du CEA par Fabio Acero et Jérôme Bobin (Groupe d'analyse de données du DEDIP - CEA Saclay).

Contact: fabio.acero@cea.fr et jerome.bobin@cea.fr

Les candidatures sont attendues avant le 30 janvier 2022

Mots clés

cartographie ; machine learning

Compétences

Logiciels

Python JAX

Mapping physical parameters in supernova remnants with machine learning

Summary

The goal of this internship is to implement a machine learning tool called Interpolation Auto-Encoder (IAE) in a method to extract a map of physical parameters from X-ray data cube.

Full description

Keywords

Skills

Softwares

Python JAX



Analyse cosmologique de l'effet de lentille gravitationnelle faible avec le relevé UNIONS

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DAP/LCS](#)

Candidature avant le 28/02/2022

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Kilbinger Martin](#)
+33 1 69 08 17 53
martin.kilbinger@cea.fr

Autre lien
http://www.cosmostat.org/uncategorized/stage_wl_ia_unions_2022

Résumé

Sujet détaillé

Voir http://www.cosmostat.org/uncategorized/stage_wl_ia_unions_2022 pour plus de détails.

Mots clés

cosmologie

Compétences

Analyse d'image, calcul de corrélations, statistique Bayésienne

Logiciels

python, C

Cosmological analysis of weak gravitational lensing with the Ultraviolet Near-Infrared Optical Northern Sky (UNIONS) survey

Summary

The goal of this M2 stage is to carry out statistical analyses of weak-lensing data from (UNIONS). The student will compute the galaxy shape correlations, and assess the contribution of intrinsic galaxy alignment.

Full description

See this page for details: http://www.cosmostat.org/uncategorized/stage_wl_ia_unions_2022

Keywords

cosmology

Skills

Image processing, correlation computation, Bayesian statistics

Softwares

python, C



Développement d'un plugin embarqué dans KiCad pour la génération de fichiers de production et archivage de carte électronique

Spécialité CHIMIE

Niveau d'étude Bac+2

Formation Ingenieur

Unité d'accueil [DEDIP/LISETA](#)

Candidature avant le 15/05/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [BAUDIN DAVID](#)

01 69 08 36 47

david.baudin@cea.fr

Résumé

L'objectif de ce stage est de concevoir un outil d'archivage de cartes électroniques développées sur le logiciel Kicad. Cet outil prendra forme d'un plugin python permettant de générer les différents fichiers de fabrication d'un circuit imprimé.

Sujet détaillé

Contexte :

Le DEDIP (Département d'Electronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique) de l'IRFU (Institut de Recherche sur les lois Fondamentales de l'Univers) conçoivent des systèmes de lecture et d'acquisition pour les grandes expériences de la physique fondamentale et d'astrophysique. Ces systèmes de lectures et d'acquisition permettent de lire des détecteurs innovants afin de comprendre l'univers de l'infiniment grand à l'infiniment petit.

Le stagiaire sera intégré au sein du Laboratoire d'Intégration des Systèmes Electriques de Traitement et d'Acquisition (LISETA) développant entre autre des circuits imprimés permettant l'acquisitions de grandes expériences de la physique.

Ces circuits imprimés sont principalement développés dans l'environnement Cadence Orcad. En parallèle, pour les détecteurs de particules et des circuits moins complexes ayant besoin d'une grande réactivité entre l'étape de développement et la fabrication, nos équipes travaillent aussi avec le logiciel Kicad depuis près de deux ans. Aujourd'hui, les étapes de génération des fichiers de fabrication et d'archivage des cartes développées se fait manuellement via le logiciel. Afin de gagner du temps et d'améliorer la qualité et l'homogénéité des archives, nous proposons de développer lors de ce stage un utilitaire d'archivage automatique de ce type de fichiers.

Mission :

Pour poursuivre les développements en cours dans le contexte détaillé précédemment, le stagiaire aura pour mission de :

o Prendre en main les scripts développés au sein du laboratoire pour Kicad, et comprendre le système d'archivage utilisé pour le logiciel Cadence comme référence de travail.

-
- o Développer l'outil d'archivage à proprement parler et l'embarquer dans KiCad:
 - ? Création de numérotation de carte automatique
 - ? Génération de fichiers de fabrication
 - ? Archivage des composants, documentation présent dans la conception
 - ? Interface graphique d'utilisation
 - o Vérifier la portabilité sur différents systèmes d'opérations et différentes versions de Kicad
 - o Rédiger une documentation de l'interface développée

Mots clés

Electronique, programmation orientée objet

Compétences

Le candidat est en M1 (école d'ingénieur ou université) spécialisé en électronique et/ou informatique et recherche un stage de 3 mois. Les compétences techniques recherchées sont :
o Maîtrise de Python orienté Objet,
o Une expérience en wxPython ou PyQt est fortement appréciée,
o Une connaissance générale de la conception de circuits imprimés est un plus
o Une expérience avec le logiciel de gestion de versions GitHub/GitLab est un plus
Le candidat est rigoureux, fait preuve de dynamisme et curiosité pour le domaine, et démontre des capacités d'adaptation, d'écoute et de synthèse afin d'intégrer les besoins utilisateurs à l'interface graphique. Outre ces compétences techniques, le candidat sera curieux, dynamique et prompt à proposer des solutions personnelles.

Logiciels

Kicad GitHub / GitLab Python 2.7 Python 3.x

Design of dedicated KiCad plugin for PCB manufacturing files generation and archival

Summary

The purpose of this internship is to develop an archive tool for printed circuit boards developed with Kicad software. This tool will be a python plugin embedded into the Kicad interface allowing the generation of the different manufacturing files required for the production of printed circuit board.

Full description

Context :

The DEDIP (Electronic, detectors and computing division) of IRFU (Institute of research of the fundamental laws of the Universe) designs readout and acquisition systems for fundamental physics and astrophysics. These readout and acquisition systems allow reading innovative detector for understanding the infinite small and large universe.

The internship will take part on the work among the electrical acquisition and treatment system integration laboratory (LISETA) developing among others, MicroMegas particle detectors and printed circuits boards allowing the acquisition of different physics experiments

These printed circuit boards are mainly developed within the Cadence Orcad environment. In parallel, for MicroMegas particle detector and circuits with less complexity and requiring reactivity between the design and fabrication steps, our teams work with the Kicad software for about two years. Today, the steps required for the generation of manufacturing files and archiving is done manually within the software. In order to improve the reactivity, homogeneity and quality of generated files, we propose within this internship to develop an automatic tool.

Mission :

To pursue current developments, the intern will have the missions to:

- o Understand the already developed scripts and the archive system, taking the work done for Cadence Orcad as a reference
- o Develop a graphical user interface and embed it into KiCad for:
 - ? automatic printed circuit boards numbering
 - ? manufacturing files generation,
 - ? components footprints and symbols archiving,
- o Verify plugin compatibility among different operating systems and Kicad versions
- o Write the plugin user guide

Keywords

Electronics, object oriented programming

Skills

- Required profile The candidate is currently in EECS Master 1 (or equivalent) specialised in electronic and or computer science and searches for a 3 months internship. Technical required competences are:

- o Python object oriented development
- o Knowledge in wxPython or PyQt is recommended
- o General knowledge of printed circuit board design
- o Knowledge with GitHub/Gitlab is a plus.

Softwares

Kicad GitHub / GitLab Python 2.7 Python 3.x



Stage en micro-électronique pour la conception de convertisseurs analogique-numérique pour la physique fondamentale

Spécialité Microlélectronique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DEDIP/STREAM](#)

Candidature avant le 07/03/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [Bouyjou Florent](#)
+33 1 69 08 74 50
florent.bouyjou@cea.fr

Résumé

Aujourd'hui, le développement de nouveaux convertisseurs analogique numérique (ADC) performants dans des environnements potentiellement extrêmes, en particulier en termes de niveau de radiations (effets de dose et effets singuliers) est indispensable. Les ADCs sont au cœur des chaînes d'acquisition des expériences de physique, nous cherchons à améliorer leurs performances notamment grâce au développement de nouvelles architectures dans des technologies microélectroniques de plus en plus fines.

Sujet détaillé

Intégré/e au sein de l'équipe d'électronique et microélectronique (labo STREAM), le ou la stagiaire étudiera, modélisera pour finalement concevoir certaines parties principales d'un nouvel ADC afin de les valider. Cette architecture sera vraisemblablement à approximation successive fonctionnant typiquement à 100 MSPS pour une résolution de 12 bits. Après une étude bibliographique, l'étudiant/e sera amené/e à élaborer un modèle de haut niveau du dispositif puis à étudier les architectures et les blocs critiques de cet ADC pour en déterminer les performances principales (rapidité, bruit, linéarité)

La conception et la simulation électronique au niveau transistor des différents sous-ensembles seront effectuées en utilisant la chaîne de conception Cadence.

Ce stage peut éventuellement déboucher sur une proposition de thèse.

Mots clés

Compétences

Maitrise de l'électronique générale et connaissances de base en micro-électronique nécessaires. Une connaissance

pratique de l'environnement logiciel CADENCE microélectronique serait un plus.

Logiciels

C, C++, Python (pour usage scientifique) CADENCE

Internship in microelectronics for the design of analog-to-digital converters for fundamental physics

Summary

Today, development of new analog-to-digital converters (ADCs) potentially operating in extreme environment, in particular in terms of radiation levels (dose and transient effects) is essential. The ADCs being at the heart of the acquisition chain of physics experiments, we seek to improve their performance, in particular through new architectures in increasingly fine microelectronic technologies.

Full description

As a member of the electronics and microelectronics team (STREAM lab), the intern will study, model and finally design some main parts of a new ADC in order to validate them. The ADC architecture will probably be based on the successive approximation techniques targeting 100 MSPS operation and a 12-bit resolution. After a bibliographic survey, the student will develop a high-level model of the device and then study the architectural options and main blocks of this ADC to determine the critical performances (speed, noise, linearity).

The design and the electronic simulation at transistor level of the different sub-assemblies will be done using the Cadence design flow.

This internship may lead to a thesis proposal.

Keywords

Skills

Mastery of general electronics and basic knowledge of microelectronics is required. A working knowledge of the CADENCE microelectronics software environment would be a plus.

Softwares

C, C++, Python (pour usage scientifique) CADENCE



Détermination de l'arrière-plan galactique de l'interféromètre gravitationnel LISA

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+4/5

Formation Ingénieur/Master

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 30/06/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [MOUTARDE Herve](#)

+33 1 69 08 73 88

herve.moutarde@cea.fr

Autre lien <https://www.elisascience.org>

Résumé

Les estimations actuelles prévoient environ 60 millions de systèmes binaires galactiques émettant de manière continue. LISA devrait permettre d'en caractériser environ 25000, les autres formant un bruit de confusion. L'un des défis de l'analyse des données du futur observatoire LISA est la séparation entre les signaux issus de systèmes binaires identifiables individuellement et ce bruit de confusion.

Sujet détaillé

En 2016, l'annonce de la première détection directe d'ondes gravitationnelles a ouvert une ère durant laquelle l'univers sera sondé d'une manière inédite. Simultanément, le succès complet de la mission LISA Pathfinder a validé certaines technologies retenues pour le projet LISA (Laser Interferometer Space Antenna). Cet observatoire spatial serait constitué de trois satellites éloignés de 2.5 millions de kilomètres et permettrait la détection directe d'ondes gravitationnelles indétectables par les interféromètres terrestres. Son lancement est prévu par l'ESA pour 2034.

A la différence des observatoires au sol, sensibles à de rares signaux d'ondes gravitationnelles et soumis à un bruit de mesure dominant, un interféromètre spatial sera en permanence alimenté par un grand nombre de signaux distincts et caractérisés théoriquement à divers degrés de précision. Les estimations actuelles des quantités et types de source prévoient entre autres 60 millions de systèmes binaires galactiques émettant de manière continue. LISA devrait permettre d'en caractériser environ 25000. Parmi les objectifs scientifiques de la mission LISA figure la livraison d'un catalogue de ces systèmes binaires galactiques résolus, chacun étant caractérisé par une dizaine de paramètres (dont la position dans le ciel ou la fréquence de rotation). Les nombreux autres systèmes échappant à une détection individuelle formeront un fond stochastique, ou bruit de confusion.

Jusqu'à présent les méthodes d'analyse des mesures se fondent sur l'estimation des signaux issus de systèmes binaires galactiques détectables à partir de données bruitées. Distinguer le bruit instrumental du bruit de confusion, et donc estimer ce bruit de confusion, est essentiel au succès de cette démarche.

L'un des défis de l'analyse des données du futur observatoire LISA est la séparation entre signaux issus de systèmes binaires identifiables individuellement et bruit de confusion. Cet objectif peut être atteint en trois étapes :

1. La modélisation statistique du bruit de confusion constitué des signaux gravitationnels issus des systèmes binaires galactiques non résolus.
2. Le développement d'une méthode d'analyse conjointe permettant de discriminer les signaux provenant de systèmes binaires galactiques (détectables individuellement ou pas) et le bruit instrumental. Ce travail étendra un algorithme de détection parcimonieuse des systèmes binaires galactiques pour prendre en compte le bruit de confusion au moyen de sa modélisation statistique.
3. L'évaluation sur des simulations réalistes du futur observatoire LISA.

La méthode proposée repose sur la modélisation parcimonieuse des signaux, et n'a pas encore été étudiée dans ce contexte. Cette approche permet d'exploiter les différences de formes ou de morphologie entre ces signaux et le bruit pour la résolution de problèmes inverses. Au travers des trois étapes ci-dessus, le candidat adaptera les algorithmes tirant parti de cette diversité morphologique, les implémentera et analysera leur apport sur des données simulées réalistes associées à LISA.

Comme dans toute expérience, les données réelles seront soumises à un certain nombre de bruits et d'artefacts à prendre en compte pour optimiser le potentiel scientifique de la mission. Une extension naturelle de ce programme de travail consisterait à prendre en compte des données lacunaires suivant une méthode précédemment explorée. Des périodes d'interruption de prises de données sont en effet attendues, par exemple pour des raisons de maintenance ou d'instabilité de sous-systèmes. Une autre extension envisageable serait l'estimation des paramètres des systèmes binaires galactiques résolus et l'évaluation de la perturbation induite par le bruit de confusion sur cette estimation. En fonction de la durée du stage, de ses connaissances et de ses centres d'intérêt, le candidat pourra explorer l'une de ces extensions.

Dans l'ensemble, il faut préciser que si ce sujet comporte une part importante de traitement du signal et des aspects de programmation soignée, un effort devra être porté sur la physique, la compréhension fine du contenu des signaux ou des différentes sources de bruit, et les moyens à mettre en œuvre pour la réalisation des objectifs de physique de la mission LISA.

Ce stage pourra déboucher sur une thèse.

Mots clés

Onde gravitationnelle, représentation parcimonieuse, interféromètre LISA, analyse statistique de données

Compétences

Des connaissances de base en analyse numérique, probabilités et traitement du signal sont requises. Une expérience de la programmation en Python sera un atout pour l'utilisation des outils de simulation existants. Ce stage s'adresse à des étudiants de niveau M1, M2 ou grande école.

Logiciels

Python

Determination of the galactic background of the LISA gravitational interferometer

Summary

Current estimates predict about 60 million continuously emitting galactic binary systems. LISA should be able to characterize about 25,000 of them, the others forming a confusion noise. One of the challenges of the analysis of data from the future LISA observatory is the separation of signals from individually identifiable binary systems from this confusion noise.

Full description

In 2016, the announcement of the first direct detection of gravitational waves ushered in an era in which the universe will be probed in a way never before possible. Simultaneously, the complete success of the LISA Pathfinder mission validated some of the technologies selected for the LISA (Laser Interferometer Space Antenna) project. This space observatory would consist of three satellites 2.5 million kilometers apart and would allow the direct detection of gravitational waves undetectable by ground-based interferometers. Its launch is planned by ESA for 2034.

Unlike ground-based observatories, which are sensitive to rare gravitational wave signals and subject to dominant measurement noise, a space-based interferometer will be continuously fed by a large number of distinct signals theoretically characterized to varying degrees of accuracy. Current estimates of source quantities and types include 60 million continuously emitting galactic binary systems. LISA should be able to characterize about 25,000 of them. Among the scientific objectives of the LISA mission is the delivery of a catalog of these resolved galactic binaries, each one being characterized by about ten parameters (including the position in the sky or the rotation frequency). The many other systems that cannot be detected individually will form a stochastic background, or confusion noise.

Until now, the methods of measurement analysis have been based on the estimation of signals from detectable galactic binary systems from noisy data. Distinguishing the instrumental noise from the confusion noise, and thus estimating the confusion noise, is essential to the success of this approach.

One of the challenges of data analysis of the future LISA observatory is the separation of signals from individually identifiable binary systems from confusion noise. This objective can be achieved in three steps:

1. Statistical modeling of the confusion noise constituted by the gravitational signals from unresolved galactic binary systems.
2. The development of a joint analysis method to discriminate between signals from galactic binary systems (individually detectable or not) and instrumental noise. This work will extend an algorithm of sparse detection of galactic binary systems to take into account the confusion noise through its statistical modeling.
3. Evaluation on realistic simulations of the future LISA observatory.

The proposed method is based on sparse signal modeling, and has not yet been studied in this context. This approach allows to exploit the differences in shape or morphology between these signals and the noise for the solution of inverse problems. Through the three steps above, the candidate will adapt algorithms taking advantage of this morphological diversity, implement them and analyze their contribution on realistic simulated data associated with LISA.

As in any experiment, the real data will be subject to a number of noises and artifacts to be taken into account to optimize the scientific potential of the mission. A natural extension of this work program would be to take into account data gaps following a previously explored method. Periods of interruption of data taking are indeed expected, for example for maintenance reasons or instability of subsystems. Another possible extension would be the estimation of the parameters of resolved galactic binary systems and the evaluation of the perturbation induced by the confusion noise on this estimation. Depending on the duration of the internship, the candidate's knowledge and interests, he/she could explore one of these extensions.

Overall, it should be noted that if this subject includes an important part of signal processing and aspects of careful programming, an effort should be made on the physics, the fine understanding of the content of signals or different sources of noise, and the means to be implemented for the realization of the physics objectives of the LISA mission.

This internship could lead to a thesis.

Keywords

Gravitational wave, sparse representation, LISA interferometer, statistical data analysis

Skills

Basic knowledge of numerical analysis, probability and signal processing is required. Experience in Python programming will be an asset for the use of existing simulation tools. This internship is aimed at students at the Master M1, M2 or Grande Ecole level.

Softwares

Python



Construction et caractérisation de détecteurs MicroMEGAS pour le tracker externe de l'expérience sPHENIX

Spécialité Physique nucléaire

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhN/LSN](#)

Candidature avant le 20/05/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [FRANCISCO Audrey](#)
+33 1 69 08 70 07
audrey.francisco@cea.fr

Résumé

L'objectif du stage est la construction et la caractérisation de détecteurs MicroMEGAS avec des rayons cosmiques. Ces détecteurs équiperont l'expérience sPHENIX dont l'installation est prévue durant l'été 2022

Sujet détaillé

Le laboratoire de Structure du Nucléon (LSN) au CEA-Saclay invite à postuler pour travailler sur l'expérience sPHENIX au laboratoire Brookhaven National Laboratory dans le collisionneur RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider). Le candidat retenu sera impliqué dans la construction et les tests du détecteur TPOT pour la collaboration sPHENIX.

L'expérience sPHENIX est le premier nouveau détecteur au RHIC en 20 ans. Elle sera dédiée à l'étude des jets, saveurs lourdes et quarkonia dans les collisions pp, p-Au et Au-Au à 200GeV avec une précision inégalée et un intervalle cinématique étendu. Le démarrage est prévu début 2023. Le programme de physique de sPHENIX adressera à la fois l'étude du plasma de quarks et de gluons et l'étude de la QCD froide, pavant ainsi le chemin vers le futur collisionneur electron-ion. Le dispositif expérimental va permettre la mesure de particules via la reconstruction et l'identification de particules chargées au sein de la chambre à projection temporelle (TPC). Un des défis majeurs de la TPC est la reconstruction des distorsions de la distribution de charges en son volume qui fluctuent rapidement. La réalisation du programme de physique de sPHENIX nécessite une précision de la calibration de la TPC en dessous de 100 μ m.

Le détecteur MicroMEGAS TPOT (TPC Outer-Tracker) aidera à surmonter les difficultés liées aux effets de distributions de charge en fournissant un point spatial fixe sur les trajectoires des particules. Les MicroMEGAS (Micromesh Gaseous Structure) sont des détecteurs gazeux légers avec une haute granularité. La technologie a été développée au CEA et est depuis utilisée dans plusieurs expériences de physique nucléaire et des particules autour du monde. TPOT consiste en 2 sets de 4 modules, chacun comprenant deux détecteurs 1D qui fournissent respectivement une mesure dans la direction longitudinale (z) et azimutale (?).

Le détecteur sera entièrement construit au CEA au sein du Département d'Électronique, des Détecteurs et d'Informatique pour la Physique (DEDIP) qui détient une forte expertise de la technologie MicroMEGAS. L'étudiant-e travaillera avec des physiciens et ingénieurs du DEDIP et du Département de Physique Nucléaire (DPhN). Le démarrage de la construction des détecteurs est prévu début 2022 et les détecteurs seront envoyés en mai prochain sur le site expérimental du Brookhaven National Laboratory.

Le stage sera dédié à la construction et à la caractérisation des détecteurs TPOT au CEA. L'étudiant-e mesurera notamment les performances du détecteur en termes de résolution spatiale (L'étudiant-e devra être à l'aise en anglais pour travailler dans le contexte d'une grande collaboration scientifique internationale). Il devra montrer de l'intérêt pour le développement et la construction de détecteurs et la programmation informatique.

L'étudiant-e sera envisagé pour une poursuite en thèse qui débutera en octobre 2022.

Mots clés

Physique des particules, détecteurs

Compétences

Cinématique relativiste, programmation

Logiciels

Python, C++

Construction and testing of MicroMEGAS detectors for the outer tracker of the sPHENIX experiment

Summary

The main objective of the internship is the construction and characterization of MicroMEGAS detectors with the cosmic ray test bench.

Full description

The Laboratoire de Structure du Nucléon (LSN) at CEA-Saclay invites applications to work on the sPHENIX experiment at Brookhaven National Laboratory's Relativistic Heavy Ion Collider. The successful applicant will be expected to get involved in the construction and testing of the TPOT detector for the sPHENIX collaboration.

The sPHENIX experiment is the first new detector at RHIC in 20 years and will be dedicated to the study of jets, heavy flavor and quarkonia in pp, p-Au and Au-Au collisions at 200GeV with an unmatched precision and an extended kinematic range. The start is planned for early 2023. The physics program of sPHENIX will address both the study of the quark-gluon plasma and the study of cold QCD, laying the groundwork for the future electron-ion collider. The experimental setup will allow the measurement of particles through the reconstruction and identification of charged particles in the time projection chamber (TPC). One of the main challenges of the TPC is the reconstruction of rapidly fluctuating space-charge distortions in the TPC volume. The completion of sPHENIX physics program requires an accuracy below 100 μ m for the TPC calibration.

The TPOT (TPC Outer-Tracker) MicroMEGAS detector will assist overcoming issues related to space-charge effects by providing a fixed space point on particle trajectories. MicroMEGAS (Micromesh Gaseous Structure) are light gaseous detectors with a high granularity. The technology was developed at CEA and has been used in several nuclear and particle physics experiments around the world. TPOT is made of 2 sets of 4 modules, each module consisting of two 1D detectors that provide a measurement in the longitudinal (z) and azimuthal (ϕ) directions respectively.

The detector will be entirely built at the CEA in the Department of Electronics, Detectors and Computing for Physics (DEDIP) with a strong expertise of the MicroMEGAS technology. The student will be expected to work with both physicist and engineers from the DEDIP and from the Department of Nuclear Physics (DPhN). The construction of the detectors is scheduled to start early 2022 and the detectors will be shipped in May 2022 to the experiment site at Brookhaven National Laboratory.

The internship will be dedicated to the construction and testing of the detector at CEA. The student will assess the detector performances in terms of spatial resolution (

The student is expected to be fluent in English to work in the context of a large international scientific collaboration. He/she will have to show interest in detector hardware and software programming.

The student will be considered for a Phd thesis starting October 2022.

Keywords

Particle physics, detectors

Skills

Relativistic kinematics, programming

Softwares

Python, C++



Banc de test et infrastructure embarquée pour le logiciel de vol des processeurs d'événements de l'instrument X-IFU sur le télescope spatial ATHENA

Spécialité Systèmes temp réel

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DEDIP/LILAS](#)

Candidature avant le 31/01/2022

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [ANVAR Shebli](#)
+33 1 69 08 78 32
shebli.anvar@cea.fr

Résumé

Développement et intégration de modules logiciels assurant la transmission des données et des commandes par réseau SpaceWire pour un banc de test distribué consacré au test et à la validation du logiciel de bord des processeurs d'événement (EP) de l'instrument X-IFU.

Sujet détaillé

Le stagiaire sera en charge du développement et de l'intégration de modules logiciels pour un banc de test distribué consacré au test et à la validation du logiciel de bord des processeurs d'événement (EP) de l'instrument X-IFU. L'objectif principal du stage est le développement des couches logicielles assurant la transmission des données et des commandes par réseau SpaceWire. Ces modules logiciels incluent du code embarqué sur le processeur LEON 4 s'appuyant sur un RTOS de (VxWorks ou RTEMS), ainsi que sur processeur ARM sous Linux (cartes « System On Chip » de type ZedBoard). Les langages de programmation principaux seront le C++ moderne (2017), Python et C. Le stagiaire devra s'intégrer au sein d'une équipe de développement constituée d'experts en développement logiciel et en électronique ainsi que des scientifiques de l'IRFU.

Mots clés

C++, Embarqué, System on chip, Spatial, Systèmes distribués, Génie logiciel

Compétences

Programmation, compilation croisée, Linux embarqué, RTOS, Middleware Ice, C++ avancé, programmation réseau, SpaceWire

Logiciels

C++, Python

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares

C++, Python



Développement et caractérisation d'une source infrarouge polarisée de type corps noir

Spécialité Instrumentation

Niveau d'étude Bac+3

Formation DUT/L2

Unité d'accueil [DEDIP/DEPHYS](#)

Candidature avant le 15/01/2022

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse non

Contact [NAVICK Xavier-Francois](#)
+33 1 69 08 94 42/22 06
xavier-francois.navick@cea.fr

Résumé

Il s'agit de mettre en oeuvre et caractériser une source de rayonnement infrarouge polarisé dans un cryostat à dilution, afin de valider les performances d'un détecteur bolométrique sensible à la polarisation

Sujet détaillé

Dans le cadre du développement de la caméra bolométrique BBOP, qui sera sensible à la polarisation du rayonnement, l'étudiant participera à la mise en oeuvre d'une source de rayonnement infrarouge polarisé de type corps noir, pouvant être portée à une température comprise entre 2K et 40K au sein d'un cryostat à dilution fonctionnant à 50mK. La variation de la puissance de cette source devra être de l'ordre d'un facteur 1000. L'étudiant participera également à la définition d'une source complémentaire permettant de descendre la puissance émise par cette source autour de 1 aW (10-18 Watt).

Un fort goût pour l'instrumentation et le travail en laboratoire est un prérequis.

Mots clés

infrarouge ; bolomètre ; source de calibration ; polarimétrie ; cryogénie ; échanges thermiques à basse température

Compétences

Cryogénie ; Techniques du vide ;

Logiciels

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Excitation stochastique des ondes gravito-inertielles dans les étoiles de masses intermédiaires et massives: effet de la sphéricité et de la modification de la convection par la rotation

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Ingenieur/Master

Unité d'accueil [DAP/LDE3](#)

Candidature avant le 01/06/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [MATHIS Stephane](#)

+33 1 69 08 49 30

stephane.mathis@cea.fr

Résumé

L'astérosismologie a révolutionné notre connaissance des intérieurs stellaires et de leur dynamique interne. Dans ce cadre, les ondes gravito-inertielles ont émergé aux côtés des ondes acoustiques et des ondes de gravité comme une sonde puissante de la rotation stellaire interne. L'objectif de ce stage est de construire le premier modèle théorique pour leur excitation en géométrie sphérique prenant en compte la modification de la convection par la rotation de manière cohérente.

Sujet détaillé

L'astérosismologie a révolutionné notre connaissance des intérieurs stellaires et de leur dynamique interne. Dans ce cadre, les ondes gravito-inertielles ont émergé aux côtés des ondes acoustiques et des ondes de gravité comme une sonde puissante de la rotation stellaire interne (Ouazzani et al. 2020, Saio et al. 2021). La dynamique de ces ondes est conduite par l'accélération de Coriolis et la stratification et leur détection donne donc un accès direct à la rotation des régions où elles se propagent. Par exemple, la détection des ondes gravito-inertielles dans les étoiles gamma-doradus permet maintenant d'avoir une vision de la rotation de ces étoiles depuis leurs régions radiatives jusqu'à leur cœur convectif (Ouazzani et al. 2020, Saio et al. 2021).

Au delà de la compréhension de leur spectre fréquentiel, se pose maintenant la question de la prédiction/compréhension de leur amplitude et de leur amortissement. En particulier, leur excitation stochastique par la convection turbulente doit être comprise et quantifiée. Dans ce cadre, la prise en compte de la modification de la convection par la rotation doit être prise en compte (Vasil et al. 2021). Trois premiers pas ont été effectués récemment: en premier lieu, Neiner et al. (2020) ont évalué l'excitation stochastique des ondes gravito-inertielles dans les étoiles massives en géométrie sphérique mais en négligeant l'impact de la rotation sur la convection. En second lieu, Augustson, Mathis & Astoul (2020) ont évalué l'excitation stochastique des ondes gravito-inertielles avec prise en compte de la modification de la convection par la rotation mais en coordonnées cartésiennes. Enfin, Deckx Van Ruyskenvelde et al. (in prep.) ont étudié l'impact de la modification de la convection par la rotation sur l'excitation stochastique des ondes acoustiques pour les étoiles de type solaire. L'objectif de ce stage sera donc d'aller au delà de

ces preuves de concept et d'évaluer le taux d'injection d'énergie par la convection turbulente dans les ondes gravito-inertiellees et de l'évaluer pour les étoiles de masses intermédiaires et massives. Nous prendrons en compte simultanément la modification de la convection par la rotation et la sphéricité du problème pour la première fois.

Augustson, Mathis & Astoul 2021, ApJ, 903, 90

Deckx Van Ruyskenvelde et al., en préparation pour Astronomy & Astrophysics

Neiner et al. 2020, A&A, 644, A9

Ouazzani et al. 2021, A&A, 640, A49

Saio et al. 2021, MNRAS, 502, 5856

Vasil et al. 2021, PNAS, 118, 2022518118

Mots clés

Mécanique des fluides, physique théorique et mathématique

Compétences

Physique théorique et mathématique Modélisation numérique

Logiciels

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares



Astro-COLIBRI : une application smartphone pour l'astrophysique multi-messenger

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhP](#)

Candidature avant le 07/06/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [SCHUSSLER Fabian](#)
+33 1 69 08 30 20
fabian.schussler@cea.fr

Autre lien <https://astro-colibri.com>

Résumé

Nous avons développé une plateforme multi-messagers moderne (<https://astro-colibri.com>) et l'utilisons pour mener des observations multi-messagers avec des observatoires de rayons gamma de très haute énergie comme H.E.S.S. et CTA. Dans le cadre de ce stage, nous allons étendre les fonctionnalités d'Astro-COLIBRI concernant les observations de suivi des événements d'ondes gravitationnelles.

Sujet détaillé

Le but du stage est d'étendre les fonctionnalités de la plateforme Astro-COLIBRI pour les campagnes de suivi multi-observatoires. En particulier, la recherche de contreparties électromagnétiques d'événements d'ondes gravitationnelles (OG) est un défi en raison des grandes zones d'incertitude de localisation fournies par les observatoires OGs Ligo/VIRGO/KAGRA. Des algorithmes dédiés ont été développés au sein du groupe à l'IRFU / CEA Paris-Saclay. Ces algorithmes prennent en compte la localisation tridimensionnelle des événements OG, les combinent avec des catalogues de galaxies, et utilisent les paramètres individuels des instruments de suivi (par exemple le champ de vision, les contraintes de visibilité, la sensibilité, etc) pour déterminer un schéma d'observation optimal. Ces outils ont été utilisés de manière extrêmement efficace ces dernières années avec les observatoires de rayons gamma à haute énergie H.E.S.S. et CTA.

Au cours de ce stage, nous adapterons et inclurons ces algorithmes dans l'API Astro-COLIBRI. Les plannings d'observation qui en résulteront seront ensuite visualisés sur le Web et dans les applications pour smartphones afin de permettre une organisation efficace des observations de suivi par un large éventail d'instruments dans le monde entier. Des tests approfondis avec des événements GW réels détectés au cours des dernières années, ainsi que des alertes simulées en temps réel, précéderont le déploiement des nouvelles fonctionnalités dans Astro-COLIBRI (y compris la soumission aux app stores de Google et Apple). Cela facilitera une manière nouvelle et collaborative de mener ces observations cruciales lors du prochain cycle de prise de données (O4, débutant fin 2022).

Le stage sera donc une introduction et une préparation parfaites au projet de thèse de doctorat proposé par le groupe

à l'IRFU, qui améliorera encore les algorithmes avant de les utiliser activement dans la recherche de contreparties gamma VHE aux événements GW avec H.E.S.S. et CTA. Voir <https://irfu.cea.fr/Pisp/fabian.schussler/index.html> pour plus de détails.

Mots clés

multimessenger, ondes gravitationnelles, rayons gamma

Compétences

Logiciels

Python

Astro-COLIBRI: a smartphone app for multi-messenger astrophysics

Summary

We have developed a modern multi-messenger platform (<https://astro-colibri.com>) and are using it to conduct multi-messenger observations with very-high-energy gamma-ray observatories like H.E.S.S. and CTA. In this internship we will expand the functionalities of Astro-COLIBRI concerning follow-up observations of gravitational wave events.

Full description

The aim of the internship is to expand the functionalities of the Astro-COLIBRI platform for multi-observatory follow-up campaigns. Especially the search for electromagnetic counterparts of gravitational wave events is challenging due to the large localization uncertainty areas provided by the GW observatories LIGO/VIRGO/KAGRA. Dedicated scheduling algorithms have been developed within the group at IRFU / CEA Paris-Saclay. These algorithms take into account the 3-dimensional localization of the GW events, combine them with catalogs of galaxies, and use the individual parameters of the follow-up instruments (e.g. field-of-view, visibility constraints, sensitivity, etc.) to derive an optimal observing pattern. These tools have been used extremely efficiently over the last years with the H.E.S.S. and CTA high-energy gamma-ray observatories.

During this internship we will adapt and include these algorithms within the Astro-COLIBRI API. The resulting observing patterns will then be visualized in the web and smartphone apps to allow for an efficient organization of follow-up observations by a large range of instruments around the world. Extensive testing with real GW events detected over the last years, as well as simulated real-time alerts will precede the deployment of the new functionalities within Astro-COLIBRI (incl. submission to the Google and Apple apps stores). This will facilitate a novel and collaborative way of conducting these crucial observations during the next data taking run (O4, starting end 2022).

The internship will thus be a perfect introduction and preparation of the PhD thesis project proposed in the group at IRFU that will further improve the scheduling algorithms before actively using them in searches for VHE gamma-ray counterparts to GW events with H.E.S.S. and CTA. See <https://irfu.cea.fr/Pisp/fabian.schussler/index.html> for details.

Keywords

multimessenger, gravitational waves, gamma rays

Skills

Softwares

Python