

Rencontres Jeunes Chercheurs 2014

Monday 17 November 2014 - Friday 21 November 2014

Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien

Recueil des résumés

Contents

Application médicales-Introduction	1
Application of Artificial Neural Network in 3D Imaging with Lanthanum Bromide Calorimeter	1
Calcul Hartree-Fock des déformations nucléaires dans la base du modèle en couche	1
Contrôle balistique d'un traitement d'hadronthérapie à travers la détection de protons secondaires : une étude de sensibilité	2
Demi-vies et rapports d'embranchement de ^{27}Si et ^{23}Mg à partir des décroissances beta	2
Dimuon physics at LHC energies with the ALICE experiment: investigation of possible discrimination of prompt and displaced J/ψ	3
Etude de détecteurs au germanium multi segmenté	3
Etude de l'équation d'état de la matière nucléaire asymétrique	3
Etude de la fragmentation du Carbone 12 pour la hadronthérapie.	4
Etude de réactions nucléaires: Introduction	4
Etude des corrélations gamma-hadrons en collisions d'ions lourds au sein de l'expérience ALICE	4
Etude des performances d'un détecteur pour le contrôle balistique en hadronthérapie	5
Etude des sections efficaces de production de l'antihydrogène ^1H et de l'ion antihydrogène $^1\text{H}^+$ dans l'expérience GBAR	6
Formation of Super-Heavy Elements: Uncertainties in Theoretical Modeling	6
Imagerie Cerenkov	7
Instrumentation: Introduction	8
Isolated photon study in p-Pb collisions in ALICE experiment	8
L'étude des états isomériques des noyaux dits superlourds et d'un détecteur pour la physique nucléaire	8
Magicity of neutron rich isotopes: Lorentz tensor effect	9
Mesure de sections efficaces de réactions $(n,xn \text{ gamma})$ d'intérêt pour l'aval du cycle électronucléaire	9

Modélisation de la fission avec SPY	10
Neutron emission anisotropy in fission	10
New experimental signature for completing the vibrational structure of cluster existence in the ^{212}Po nucleus	11
Nuclei of greatest impact on the composition of neutron-star outer crusts	11
Parameters reconstruction of cosmic ray induced extensive air showers using radio detection	12
Plasma de quarks et de gluons et structure interne des nucléons: Introduction	12
Production of innovative radionuclides for medical applications	13
Présentation AREVA	14
Spectroscopie gamma en ligne du ^{79}Cu	14
Structure interne du nucléon (Proton/Neutron) par la diffusion Compton Virtuelle à basse et haute énergie	14
Structure nucléaire: Introduction	15
The Multi-Reflection Time Of Flight Mass Spectrometer for the S3 collaboration	15
The importance of nuclear structure in heavy-ion fusion at sub-barrier energies	16
Théorie et modèles nucléaires: Introduction	16
Tools for incorporating a D-wave contribution in Skyrme energy density functionals	16
Étude de la désexcitation de différents isotopes de Palladium formés par réactions de fusion	17
Étude des réactions profondément inélastiques à deux fois la barrière coulombienne	17
Étude du pouvoir prédictif du modèle Nambu–Jona-Lasinio de la chromodynamique quantique pour le point critique chiral	18
Étude et caractérisation d'un nouveau système de spectrométrie gamma à bas bruit de fond	18

Applications médicales / 33**Application médicales-Introduction**Samuel Salvador¹¹ *LPC Caen*

...

Instrumentation / 26**Application of Artificial Neural Network in 3D Imaging with Lanthanum Bromide Calorimeter**Aleksandar GOSTOJIC¹¹ *CSNSM***Auteur(s) contact:** aleksandar.gostojic@csnsm.in2p3.fr

Gamma-ray astronomy in the energy range from 0.1 up to 100 MeV holds many understudied questions connected with stellar nucleosynthesis, the active Sun, neutron stars and black holes. To access the physics behind, a significant improvement in detection sensitivity is needed compared to previous missions, e.g. CGRO and INTEGRAL. One of the promising concepts for a future gamma-ray mission is an Advanced Compton telescope. Under the project of creating a prototype of such instrument, we study the perspectives of using a novel inorganic scintillator as a calorimeter part. Modern inorganic crystal or ceramics scintillators are constantly improving on qualities such as energy resolution and radiation hardness, and this makes them a smart choice for a new space-borne telescope. At CSNSM Orsay, we have created a new detection module from a $5 \times 5 \text{ cm}^2$ area and 1 cm thick, cerium-doped lanthanum (III) bromide ($\text{LaBr}_3:\text{Ce}$) inorganic scintillator coupled to a 64 channel multi-anode photomultiplier. The readout of the PMT signals is carried out with the ASIC MAROC, used previously for the luminometer of the ATLAS detector (CERN). Characterization, thorough measurements with various radioactive sources, as well as, single photoelectron detection have been done. Furthermore, we made a comparison of measurements with a detailed GEANT4-based simulation which includes tracking of the optical photons. Finally, we have studied the 3D reconstruction of the first interaction point of incident gamma rays, utilizing a neural network algorithm. This spatial position resolution plays a crucial part in the future implementations and, together with the other measured properties, it makes our detector module very interesting for the next generation of space telescopes operating in the MeV range.

Théorie et modèles nucléaires / 21**Calcul Hartree-Fock des déformations nucléaires dans la base du modèle en couche**BOUNSENG BOUNTHONG¹¹ *Doctorant***Auteur(s) contact:** bounseng.bounthong@iphc.cnrs.fr

- 1) Introduction
- 2) Méthode de calcul
- 3) Exemple de calcul la déformation nucléaire dans la couche sd
- 4) Conclusion

Applications médicales / 29**Contrôle balistique d'un traitement d'hadronthérapie à travers la détection de protons secondaires : une étude de sensibilité**Yusuf Karakaya¹¹ IPHC**Auteur(s) contact:** yusuf.karakaya@iphc.cnrs.fr

Le traitement des patients atteint de cancer par hadronthérapie est une technique novatrice.

Comparée à la radiothérapie conventionnelle, la hadronthérapie présente un double avantage : l'ion carbone et le proton permettent de mieux cibler la tumeur (avantage balistique), et l'ion carbone est plus efficace (avantage biologique).

La connaissance du parcours de l'ion dans le patient est affecté par de nombreuses erreurs comme la conversion de l'image CT en pouvoir d'arrêt, le positionnement du patient...

Il est donc nécessaire d'effectuer un contrôle balistique.

Pour cela nous pouvons utiliser les rayonnements secondaires (positons, protons, ou rayonnement γ) produits par des réactions nucléaires tout au long du parcours des ions carbonés dans les tissus.

Le contrôle balistique durant le traitement avec les ions est un axe de recherche important et en plein essor en hadronthérapie.

La méthode qui nous intéresse est celle qui utilise la détection des protons issus de la fragmentation.

Il s'agit de reconstruire les points de production des protons secondaires (vertex).

La distribution de ces vertex permet de remonter à la position du pic de Bragg.

Cependant la diffusion des protons dans les tissus détériore grandement la résolution sur les vertex.

Dans ce contexte, un des enjeux est de déterminer la sensibilité de cette méthode en condition clinique.

Pour faire cela, une méthode basée sur le test du χ^2 a été mise en place.

L'objectif de mon travail est de trouver une méthode permettant de déterminer la sensibilité de la mesure sur la position du pic de Bragg en condition clinique à partir des distributions de vertex.

Structure nucléaire / 10**Demi-vies et rapports d'embranchement de ^{27}Si et ^{23}Mg à partir des décroissances beta**Cécile MAGRON¹¹ CENBG**Auteur(s) contact:** magron@cenbg.in2p3.fr

Des mesures de hautes précisions sont nécessaires pour tester le modèle standard de l'interaction faible à travers l'unitarité de la matrice CKM. Pour cela, les demi-vies et rapports d'embranchement gamma de deux noyaux miroirs, ^{27}Si et ^{23}Mg , ont été mesurés sur IGISOL à l'université de Jyväskylä. Ces résultats seront mis dans le contexte des transitions miroirs et des transitions super-permises $0^+ \rightarrow 0^+$ de Fermi.

Plasma de quarks et de gluons et structure interne des nucléons / 17**Dimuon physics at LHC energies with the ALICE experiment: investigation of possible discrimination of prompt and displaced J/ψ** Boris Teyssier¹¹ *IPNL / UCBL / CNRS***Auteur(s) contact:** b.teyssier@ipnl.in2p3.fr

In this talk, I present a specific aspect of the dimuon physics in ALICE after 2019, and especially the discrimination of prompt and displaced J/ψ . In the first step, I set the scene with the theoretical framework. Then, I present the general experimental context for this study, and finally the analysis strategy considered for this study and the first results.

Instrumentation / 28**Etude de détecteurs au germanium multi segmenté**Michael Ginz¹¹ *IPHC-CNRS***Auteur(s) contact:** michael.ginz@iphc.cnrs.fr

La nouvelle génération de multi-détecteur germanium AGATA utilise les concepts d'analyse des formes d'impulsion et de tracking gamma afin de reconstruire le parcours des photons gamma dans le détecteurs.

L'analyse des formes d'impulsions requiert une calibration de la réponse du détecteur: Les bases de

Ce banc consiste en un intense rayonnement gamma de 662 keV, collimaté par un blindage de plomb, pos
En attendant le scan complet d'un détecteur AGATA, des détecteurs segmentés et non segmentés ont été

Structure nucléaire / 25**Etude de l'équation d'état de la matière nucléaire asymétrique**Quentin Fable¹¹ *PHD Student***Auteur(s) contact:** quentin.fable@ganil.fr

Ces dernières années, de nombreux efforts ont été portés sur la compréhension des propriétés de la matière nucléaire asymétrique, à des densités proches mais aussi éloignées de la densité de saturation. La compréhension du terme d'énergie de symétrie dans l'équation d'état a une grande importance sur l'étude de la structure nucléaire proche des drip-lines et différents processus astrophysiques, nous pouvons citer en exemple la nucléosynthèse, les mécanismes d'explosion des supernova, le refroidissement et la composition des étoiles à neutrons.

Les collisions d'ions lourds sont un moyen unique d'explorer et de contraindre l'équation d'état, en soumettant les noyaux à de fortes contraintes en densité, pression, température et moment angulaire. Ils peuvent amener à la formation de noyaux très exotiques avec une grande asymétrie en isospin. Une caractérisation précise des sources d'émission de particules lors d'une collision d'ion lourds est nécessaire pour mieux comprendre les mécanismes mis en jeu. C'est pourquoi ces études s'effectuent à l'aide de détecteurs ayant une grande couverture angulaire.

Le couplage du multi-détecteur INDRA avec le spectromètre VAMOS, aux énergies disponibles au GANIL, permet d'apporter de nouvelles contraintes expérimentales sur l'équation d'état asymétrique de la matière nucléaire.

Applications médicales / 22

Etude de la fragmentation du Carbone 12 pour la hadronthérapie.

Clovis Divay¹

¹ LPC Caen

Auteur(s) contact: divay@lpccaen.in2p3.fr

Dans le but d'améliorer le taux de guérison des cancers radio-résistants, un type alternatif de radiothérapie appelé hadronthérapie est à l'étude. Ce traitement consiste en l'irradiation d'une tumeur par des ions lourds et présente un fort intérêt balistique grâce aux propriétés du dépôt d'énergie des particules chargées. L'utilisation du carbone permet également d'obtenir une efficacité biologique relative deux à trois fois supérieure à celle des protons ou des photons. Cependant, les réactions nucléaires lors de la traversée du corps par le carbone peuvent engendrer la fragmentation du noyau et ainsi disperser la dose en dehors de la tumeur. Pour déterminer les effets biologiques de la dose déposée dans les tissus sains, il est nécessaire de connaître les taux de production et l'énergie des fragments émis. Pour cela, le Laboratoire de Physique Corpusculaire de Caen (LPC Caen) en collaboration avec l'IPHC de Strasbourg a lancé une campagne de mesure de sections efficaces de fragmentation doublement différentielles entre 50 et 400 MeV/A. Les mesures ont commencé au GANIL et se poursuivront lors de l'ouverture du centre de recherche dédié à la hadronthérapie ARCHADE. Le groupe Application Médicales et Industrielles du LPC Caen est en charge de la conception d'un dispositif de détection dédié aux mesures de sections efficaces auprès d'ARCHADE. Ce dispositif nécessite notamment un trajectographe capable d'une résolution spatiale de l'ordre de 150 μm (FWHM). C'est un des objectifs du travail de thèse présenté de déterminer la technologie la plus adaptée pour répondre à ce critère. Après une étude bibliographique de l'état de l'art des trajectographes, des outils de simulation de détecteurs gazeux ont été développés.

Etude des réactions nucléaires / 39

Etude de réactions nucléaires: Introduction

Auteur(s) contact: olivier.dorvaux@iphc.cnrs.fr

Plasma de quarks et de gluons et structure interne des nucléons / 14

Etude des corrélations gamma-hadrons en collisions d'ions lourds au sein de l'expérience ALICE

Astrid Vauthier¹

¹ LPSC**Auteur(s) contact:** astrid.vauthier@lpsc.in2p3.fr

La théorie de la ChromoDynamique Quantique (QCD), qui décrit l'interaction forte entre particules, a prédit l'existence d'une transition de phase de la matière nucléaire ordinaire vers un nouvel état de la matière, où les quarks et les gluons sont déconfinés : le plasma de quarks et de gluons (QGP). Les caractéristiques d'un tel milieu peuvent être étudiées en collisions d'ions lourds ultra-relativistes, par le biais de diverses sondes. Parmi celles ci, les photons directs représentent un choix d'intérêt puisqu'ils n'interagissent pas par interaction forte.

La corrélation d'un de ces photons, émis directement lors de la collision, avec un jet de particules permet d'accéder à l'énergie initiale du parton (quark ou gluon) à l'origine du jet, c'est à dire avant son interaction avec le QGP durant laquelle il perd de l'énergie. Il est ainsi possible d'approcher la fonction de fragmentation de ce parton, qui correspond à la fraction d'énergie du parton emportée par les particules du jet.

L'étude de ces corrélations dans divers systèmes de collisions, pp, p-Pb et Pb-Pb, permettra d'observer une modification de la fonction de fragmentation, due à la présence du QGP. Par l'étude de cette modification, il sera possible d'accéder à certaines propriétés du milieu, comme sa densité de perte d'énergie ou encore de tester des prédictions de calculs QCD.

Applications médicales / 1

Etude des performances d'un détecteur pour le contrôle balistique en hadronthérapie

Arnaud Rozes¹¹ LPC Clermont Ferrand**Auteur(s) contact:** rozes@clermont.in2p3.fr

Le cancer, qui est aujourd'hui la première cause de mortalité en France, constitue un enjeu de santé publique majeur. Parmi les alternatives thérapeutiques actuellement pratiquées en milieu clinique, on compte l'ensemble des techniques de radiothérapie externe basées sur l'utilisation des rayonnements ionisants pour détruire les tumeurs. À l'heure actuelle ces techniques utilisent des faisceaux de photons ou d'électrons avec succès mais leurs limites sont bien connues. Les fondements de la radiothérapie sont de détruire au mieux la tumeur tout en épargnant au maximum les tissus sains avoisinants. C'est sur ce second point que des améliorations sont espérées grâce à de nouvelles techniques basées sur l'utilisation de protons et d'ions carbone. Dotées de propriétés balistiques très intéressantes ces particules pourraient venir compléter l'arsenal de la radiothérapie. Dans l'objectif de mieux contrôler le bon déroulement des traitements en routine clinique, de nouveaux outils doivent être mis au point.

Lorsque des protons ou des ions carbone pénètrent dans un milieu ils y interagissent. Parmi ces nombreuses interactions il va en résulter la production de noyaux radioactifs émetteurs β^+ . La concentration en noyaux émetteurs β^+ s'avère être un bon marqueur du rendement en profondeur des hadrons rendant possible la détermination de la profondeur du pic de Bragg. Les positons β^+ émis par ces noyaux vont disparaître peu de temps après leur création en émettant une signature bien particulière : deux photons de 511 keV émis simultanément à 180° l'un de l'autre. La détection de ce type d'événement d'annihilation comme marqueur de la concentration en noyaux émetteurs β^+ est déjà utilisée couramment en imagerie médicale dans les tomographes à émission de positons (TEP). Le DPGA en reprend le principe. Néanmoins, lors d'un traitement en hadronthérapie, la mesure se trouve confrontée à un niveau de bruit très élevé, bien supérieur à ce que peut rencontrer une caméra TEP, surtout si elle est réalisée durant l'irradiation (en ligne). Cela demande d'optimiser toutes les composantes de la chaîne de détection du DPGA pour améliorer le rapport signal sur bruit et aboutir à une mesure précise.

Le DPGA est composé de deux demi-couronnes placées en vis-à-vis, chacune comportant 120 photomultiplicateurs couplés à autant de cristaux scintillants en LYSO. La lecture des détecteurs est assurée par une électronique à échantillonnage rapide basée sur la technologie DRS4. Un soin tout particulier a été porté à la logique de déclenchement (trigger) dont la sélectivité joue un rôle prépondérant dans un contexte de mesure bruitée.

La construction d'un premier système de détection complet est aujourd'hui achevée. Les tests effectués tout au long de la construction dans des conditions expérimentales très diverses nous ont permis de tirer les premiers enseignements sur les performances du système et sur la manière de l'utiliser pour du contrôle balistique en ligne en hadronthérapie.

Théorie et modèles nucléaires / 30

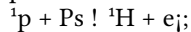
Etude des sections efficaces de production de l'antihydrogene ^1H et de l'ion antihydrogene $^1\text{H}^+$ dans l'expérience GBAR

Mateo Valdes¹

¹ *IPHC*

Plusieurs projets liés à la production et à l'utilisation des atomes d'antihydrogene sont actuellement en cours au CERN [1, 2, 3]. Ces atomes permettent notamment d'étudier de nombreux aspects de l'antimatière. Dans ce contexte, le projet GBAR (Gravitational Behaviour of Antihydrogen at Rest) se propose de réaliser pour la première fois, un test du principe d'équivalence avec de l'antimatière, en mesurant la chute libre d'atomes ultra froids d'antihydrogene. Le premier objectif est de mesurer l'accélération gravitationnelle avec une précision supérieure à un pourcent. A plus long terme, le but est d'atteindre une meilleure précision en utilisant les états quantiques gravitationnels de l'antihydrogene.

Le succès de ce programme expérimental est toutefois lié à la connaissance précise du taux de production de l'ion antihydrogene qui s'effectue selon la séquence des deux réactions suivantes :

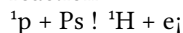


où ^1p désigne l'antiproton, e l'électron et Ps l'atome de positronium.

Dans ce processus, les sections efficaces de production de l'antihydrogene sont très petites. Ceci est dû à l'énergie de collision de l'ordre du keV des antiprotons, qui s'avère très élevée pour ce type

de collisions. Une compréhension théorique du mécanisme de réaction est requise afin d'optimiser les conditions de l'expérience. Par exemple, ces réactions montrent une série de résonances [4] avantageuse à exploiter afin d'obtenir des taux de production plus élevés.

Lors de ce stage, nous proposons le calcul de la section efficace et l'étude des résonances de la réaction :



Cette réaction sera décrite avec un modèle de collision quantique à deux corps. Plusieurs voies de réaction seront considérées. Ce modèle conduira à des équations différentielles couplées du second ordre à une variable qui devront être résolues numériquement.

Théorie et modèles nucléaires / 4

Formation of Super-Heavy Elements: Uncertainties in Theoretical Modeling

Auteur(s): Hongliang LÜ¹

Co-auteur(s): David BOILLEY¹

¹ *GANIL and Normandie University*

Auteur(s) contact: lu@ganil.fr

One of the biggest challenges in nuclear physics is to synthesize new super-heavy elements (SHE) and thus to extend the periodic table. It is commonly known that SHE cannot be found in nature. According the shell model, they have been predicted to exist thanks to a regain of stability. Experimentally, by making use of heavy-ion collisions, SHE can be artificially produced in laboratories. However, owing to extremely low formation probabilities, such experiments become increasingly difficult. More powerful experimental set-ups are therefore needed to overcome this issue. For instance, within the promising project SPIRAL2 at GANIL, the study of super-heavy elements has been selected as one of priority research subjects for the coming years.

On the other hand, the complete reaction mechanism for the synthesis of super-heavy elements still remains unclear. One of the most serious problems is the so-called fusion hindrance phenomenon that is well understood only qualitatively but not quantitatively. Many theoretical attempts have been made over the past few decades. However, there exist large discrepancies in the predictions provided by different theoretical models. More concretely, this might be due to either uncertainties in model parameters or models themselves. Hence, a natural question arises: How to clarify both uncertainty contributions so as to constrain the fusion models?

Using the Monte-Carlo method, we tried to estimate the uncertainties related to the parameters entering the model, in order to investigate whether they can explain such discrepancies observed among various fusion models. Here, we mainly focused on the last phase of the reaction, namely statistical decay of the compound nucleus, by means of the KEWPIE2 code.

Moreover, we only have access to very few and poor experimental data. Another interesting question needed to be addressed is that, what can we learn about model parameters from experimental data? As an inverse problem, Bayesian statistics would be a perfect candidate. I will also give a brief introduction to this theory as well as some simple applications. Our recent work will be presented at the end of this talk.

Applications médicales / 5

Imagerie Cerenkov

Arnaud Bertrand¹

¹ *IPHC***Auteur(s) contact:** arnaud.bertrand@iphc.cnrs.fr

L'imagerie Cerenkov consiste à utiliser les rayonnements ionisants dans le cadre de l'imagerie moléculaire optique.

Les particules chargées telles que les rayonnements beta sont susceptibles d'émettre de la lumière par effet Cerenkov. Le spectre d'émission Cerenkov est caractéristique. Il est continu dans l'UV-visible et l'allure est en $1/\lambda^2$.

Le principe de l'imagerie Cerenkov est d'utiliser ce rayonnement lumineux pour obtenir des informations sur la distribution d'un traceur radioactif. Dans le cas où ce traceur est lié à une molécule, il est alors possible d'en déduire le comportement de cette molécule.

Instrumentation / 37**Instrumentation: Introduction**François de Oliveira¹¹ *GANIL*

...

Plasma de quarks et de gluons et structure interne des nucléons / 8**Isolated photon study in p-Pb collisions in ALICE experiment**Lucile Ronflette¹¹ *SUBATECH***Auteur(s) contact:** lucile.ronflette@subatech.in2p3.fr

Quantum ChromoDynamics is the theory associated to the strong interaction in the standard model. It predicts the quarks and gluons behaviour which are confined into hadrons at standard thermodynamic conditions. A deconfined hadronic matter state, the Quark-Gluon Plasma (QGP), is predicted for a high energy density and would have existed in the early state of Universe. ALICE (A Large Ion Collider Experiment) at Large Hadron Collider is dedicated to hadronic matter study in p-p collisions, p-Pb (Pb-p) collisions and Pb-Pb collisions where QGP formation is expected. Photons produced by different mechanisms (hard processes, fragmentation, decay), sensible or not to the medium, are especially interesting to probe the matter.

Photons coming directly from parton-parton hard scatterings can be discriminated in the measurement using the isolation analysis method. In ALICE, EMCAL (Electromagnetic calorimeter) is the main detector dedicated to this analysis where electromagnetic particles lose their energy by combination of Bremsstrahlung and pair production. It covers a range of $|\eta| < 0.7$ in rapidity and $1.4 < \phi < 3.3$ in azimuth.

The isolated photon measurement in p-Pb collisions will enable to test the QCD theoretical predictions in cold nuclear matter. Moreover it will be a reference for further hot nuclear matter analysis in Pb-Pb collisions.

Structure nucléaire / 19

L'étude des états isomériques des noyaux dits superlourds et d'un détecteur pour la physique nucléaire

Pierre Brionnet¹

¹ IPHC

Auteur(s) contact: pierre.brionnet@iphc.cnrs.fr

Un des thèmes majeurs de la physique nucléaire contemporaine est l'étude des éléments superlourds créés par réaction de fusion évaporation avec de très faible section efficace. Cette étude repose sur la prédiction d'un ultime îlot de stabilité au alentour des $Z = 114$ 120 ou 126 et des $N = 174$ ou 182. Cette étude repose aussi sur l'étude des états isomériques des noyaux déformés dans cette région de masse.

Pour effectuer ces études, différents dispositifs expérimentaux existent à travers le monde (à Dubna

Théorie et modèles nucléaires / 27

Magicity of neutron rich isotopes: Lorentz tensor effect

Auteur(s): Jiajie LI¹

Co-auteur(s) Jerome Margueron²; Nguyen Van Giai¹

¹ IPN, Orsay

² IPN, Lyon

Auteur(s) contact: lijiajie@ipno.in2p3.fr

The formation of new shell gaps in neutron-rich nuclei are investigated within relativistic Hartree-Fock-Bogoliubov theory and the role of Lorentz tensor is studied in detail.

We show that the global variation of the single-particle energy is due to the isoscalar component of the effective Lagrangian, while the characteristic behavior of the spin-orbit partner or pseudo-spin partner is due to its Lorentz tensor part.

Based on the Foldy-Wouthuysen transformation, we analyzed the role played by the different terms of the Lorentz tensor in the formation and/or quenching of the $N = 16$, 32 and 34 shell gaps.

It is shown that the Lorentz tensor leads to the increasing of $N = 32$ gap, when going along isotonic chains, from ^{60}Ni to ^{52}Ca . Whereas the increasing of $N = 34$ gap from ^{62}Ni to ^{54}Ca is due, primarily, to the central term.

The relativistic model automatically produces the decreasing of $N = 16$ gap from ^{30}Si to ^{24}O because it naturally includes the spin-orbit interaction and its isospin dependence, also the inclusion of the Lorentz tensor enlarge the energy difference.

Etude des réactions nucléaires / 16

Mesure de sections efficaces de réactions (n,xn gamma) d'intérêt pour l'aval du cycle électronucléaire

Olivier Capdevielle¹

¹ UNISTRA-CNRS

Auteur(s) contact: olivier.capdevielle@iphc.cnrs.fr

Future nuclear reactors developments require high precision measurements, such as $(n, xn\gamma)$ reactions cross sections. Our experimental method is based on prompt gamma spectroscopy and time-of-flight techniques. Measurements are performed at the GELINA facility (IRMM, Geel). The experimental set-up consists in four HPGe detectors and a fission chamber. After a presentation of the general context, setup and analysis procedure for zirconium isotopes will be discussed.

Etude des réactions nucléaires / 7

Modélisation de la fission avec SPY

Auteur(s): Jean-François Lemaître¹

Co-auteur(s) Jean-Luc Sida² ; Noël Dubray¹ ; Stefano Panebianco³ ; Stéphane Hilaire¹

¹ CEA/DAM/DIF

² CEA Saclay

³ CEA Saclay, IRFU/SPhN

Auteur(s) contact: jean-francois.lemaitre@cea.fr

Bien que découverte il y a 75 ans, la fission nucléaire fait toujours l'objet de recherches. En effet, la compréhension de ce phénomène présente encore des difficultés théoriques dues à sa complexité. Ces difficultés proviennent en partie de notre incapacité à observer la fission d'un noyau depuis le noyau composé jusqu'à la formation des fragments. Un laboratoire théorique est nécessaire pour étudier le mécanisme de fission afin d'avoir accès : premièrement à l'impact du noyau composé sur les caractéristiques des fragments telles que leur probabilité de formation ou bien leur énergie cinétique ; deuxièmement à l'influence des effets dynamiques du processus sur la formation des fragments ; troisièmement à la corrélation entre les caractéristiques des fragments et leur structure.

Mon travail de thèse consiste à étudier le rôle de la structure nucléaire des fragments dans le mécanisme de fission via le développement du modèle de fission SPY (*Scission Point Yields*). Le modèle SPY détermine les caractéristiques des fragments de fission dans le cadre d'une description statistique du processus de fission au point de scission. En ce point, les fragments ont des propriétés bien définies et définitives. Dans ce modèle, les propriétés de structure nucléaire des fragments sont issues de calculs microscopiques. Cela permet d'étudier la fission de noyaux très exotiques ce qui est impossible pour nombre de modèles de fission actuels. Grâce à la rapidité de calcul de SPY, on a pu calculer les caractéristiques des fragments pour environ 3000 noyaux fissionnants de $Z=70$ à $Z=109$ et de la *drip-line* proton à la *drip-line* neutron. Cela nous a permis de mettre en évidence des tendances globales et de produire des résultats utiles pour comprendre la nucléosynthèse stellaire dans des sites astrophysiques très riches en neutrons.

Après une introduction sur le processus de fission, je présenterai les caractéristiques principales du modèle SPY. Puis l'étude de la fission induite de l'Uranium 235 et de la fission spontanée du Californium 252 sera détaillée. Finalement j'exposerai des résultats les plus marquants aussi bien pour la fission des actinides que pour celle des noyaux les plus exotiques.

Etude des réactions nucléaires / 6

Neutron emission anisotropy in fission

Andreina Chietera¹

¹ Doctorante

Auteur(s) contact: andreina.chietera@iphc.cnrs.fr

Neutron experimental distribution is investigated in fission process.

Is well known that during fission process the bulk of prompt neutrons is evaporated from the fully accelerated rotating fragments.

Neutrons evaporation theory states that the emission is isotropic in center of mass of moving fragments (C.M.) , but if we compare the experimental angular distribution with a pure isotropic evaporation one, same discrepancies appear.

To understand the source of these deviations it was introduced a contribution to neutron angular distribution dues to neutrons ejected at an early stage of the fission process, at the scission point.

But also adding scission neutrons and taking in the account the anisotropy effect dues to the kinematical focussing, the excess of neutrons observed at small angle around heavy and light fragment remains.

So it was assumed that the anisotropy appears also in the system C.M. and this effect reinforces the kinematical anisotropy in the laboratory system.

There are theoretical arguments and calculation that claims that this anisotropy exist , but there isn't any direct observation, because the contribution to the kinematical focusing due to the C.M. anisotropy is very weak .

To show this feature of neutron evaporation in C.M. a new method was developed by the collaboration. In fact Cora experiment consist in the measure of the triple coincidences between any fission fragment and two ejected neutrons . With this trick we can disentangle in the laboratory system the contribution to the anisotropy dues to the kinematical focusing to the effect of the predicted C.M. anisotropy.

Structure nucléaire / 12

New experimental signature for completing the vibrational structure of cluster existence in the ^{212}Po nucleus

Auteur(s): Guillaume Maquart¹

Co-auteur(s) Alain Astier² ; Clement Mancuso¹

¹ IPNL

² CSNSM

In 2011 an experiment was made with the EUROBALL IV array @Strasbourg.

The main research goal was to study of the fission products using ^{18}O

beam and ^{208}Pb as target. Nevertheless, the experiment lead also to the discovery

of broadened γ -rays belonging to the ^{212}Po nucleus. These γ -rays are

affected by Doppler broadening and indicates that the lifetime of the states are

lower than the stopping time of the ^{212}Po in the target (~1.4ps). The values

found in the [0,1-0,6]ps range lead to very enhanced E1 transitions and the

states with non-natural parity [8-; 6-; 4-] could be explained by an alpha + ^{208}Pb

structure. However this experiment cannot highlight the 2- state expected in

many theoretical calculations. This is why we made a new experiment @ JYFL

laboratory (Jyväskylä, Finland) with JUROGAM II. Our hypothesis was that

the cascade of the 2- state has only two gammas in coincidence, which is also

the challenging issue in this analysis. This candidate has all required features

for our hypothesis, but more investigations are needed for a complete confirmation.

In this presentation we will discuss the analysis method and the main

challenges of the experiment.

Théorie et modèles nucléaires / 18

Nuclei of greatest impact on the composition of neutron-star outer crusts

Irene Dedes¹¹ IPHC

Neutron stars are the cold, dead remnants of the gravitational collapse of massive stars that ended their lives in violent supernova explosions. With a mass around 1.5{2 times the mass of our Sun packed within a typical radius of about 10 km, neutron stars are among the most compact objects in the universe. This makes neutron stars unique natural laboratories for testing the physical theories of dense matter.

In this work we study the outer crust of cold, nonaccreting neutron stars, and more specifically the nuclear composition of the outer crust. We intend to probe the sensitivity of the crustal composition to the nuclear masses that are not experimentally available and need to be predicted using nuclear models. Mapping the composition of the outer crust is strongly dependent on neutron-rich nuclides with atomic numbers $Z \approx 50$ near the $N = 50$ and $N = 82$ neutron shell closures. However, the actual value of the proton and neutron numbers of the nuclides that populate the bottom layers of the outer crust is something that until today remains elusive. It is due to the fact that such an information is contingent on the masses of exotic neutron-rich isotopes that are not yet measured. The

present study aims to elucidate the nuclear species that have the greatest influence on the composition

of a neutron-star crust after the last nuclides with known masses, and to identify at the same time the most critical new masses to be measured. The results of this type of studies may have practical significance for both nuclear and astrophysical research.

1

Instrumentation / 9

Parameters reconstruction of cosmic ray induced extensive air showers using radio detection

Florian Gaté¹¹ SUBATECH UMR 6457**Auteur(s) contact:** florian.gate@subatech.in2p3.fr

We call cosmic rays the particle stream received on Earth with extraterrestrial origin. They have a wide energy spectrum and their flux decreases quickly with the energy. For the most energetic events (above 10^{17} eV), the mass composition is not well known, due to shower to shower fluctuations. The knowledge of the mass composition would allow us to constrain theoretical models which predict different types of source and acceleration mechanisms according to the mass of the particle. The only way to study such rare events is to observe the extensive air shower (EAS), composed of the secondary particles produced in the atmosphere after the interaction between the primary cosmic ray and the atmosphere's constituents. The EAS is mainly composed of electrons, positrons and photons. Different ways of detection exist to determine an EAS parameters. The fluorescence detectors receive the light emitted by the atmosphere constituents after being excited by the EAS charged particles. Cerenkov tanks sample the particles on the ground. Radio antennas record the electric field induced by the systematic deviations of the charged particles, caused by the Lorentz force, in presence of the geomagnetic field. These detection methods are able to reconstruct some of the EAS parameters such as the energy of the primary particle, the EAS core position on the ground and the atmospheric depth at which the number of particles is maximum. This latter quantity is strongly correlated to the primary mass. The radio signal is recently perfectly understood and its description via the simulation is successful. In this context, we show how the radio detection is able to reconstruct the EAS parameters on its own by comparing data to simulations.

Plasma de quarks et de gluons et structure interne des nucléons / 36

Plasma de quarks et de gluons et structure interne des nucléons: Introduction

Antonin Maire¹

¹ CNRS - IPHC

...

Applications médicales / 3

Production of innovative radionuclides for medical applications

Auteur(s): Charlotte DUCHEMIN¹

Co-auteur(s) Arnaud GUERTIN² ; Ferid Haddad³ ; Nathalie MICHEL³ ; Vincent METIVIER²

¹ Laboratoire SUBATECH UMR 6457

² Laboratoire SUBATECH

³ Laboratoire SUBATECH - GIP ARRONAX

Auteur(s) contact: charlotte.duchemin@subatech.in2p3.fr

Nuclear medicine is a medical specialty using radioactive isotopes for therapy or diagnosis of diseases such as cancers. Currently, only few radio-isotopes are routinely used. Among them, Iodine-131 is used for the treatment of diseases related to thyroid, Yttrium-90 for liver cancer therapy, Technetium-99m and Fluorine-18 allow to detect and to localize cancer cells for diagnosis.

Most of the time, radionuclides are vectorized to target the cells of interest. It is then important to match the radionuclide properties with those of the vector molecule (peptide, antibody...). For that purpose, radionuclides with different half-life must be available. Since few years, there is an interest in personalized medicine:

The goal is to combine diagnosis and therapy in order to adjust the administered dose to each patient in order to get the best benefit. To do that, pairs of radioactive isotopes, one for diagnosis and the other one for therapy, can be used such as Copper-64/Copper-67 or Yttrium-86/Yttrium-90, the administered dose can be adjusted to get the best benefit for the patient.

In addition and depending on the disease, it can be of interest to have access to radionuclides with different emitted radiations (β^- , α , Auger electrons emitters). Therefore, a panel of new radioactive isotopes has to be available. Physicists have to define optimum production methods for these innovating radioisotopes.

During my PhD thesis, I explore the production of new radioactive isotopes for medical applications and identify the constraints related to their production. I focus my work on radio-isotopes that can be produced using the ARRONAX2 cyclotron. Four elements have been identified: Thorium-226 (α emitter) has a great potential for leukemia therapies³; Rhenium-186 (β^- emitter) has shown successful results on bone metastases palliation⁴; Terbium-155 could be used in therapy using Auger electrons and Scandium-44 (γ/β^+ emitter) is the heart of the "three-gamma imaging" concept⁵ developed at the SUBATECH laboratory (Nantes).

I first made cross section measurements associated to the production of these radioisotopes using deuterons⁶ as projectiles and the stacked-foils technique. In addition to direct production⁷, I looked at the fission fragments obtained during the irradiation of a thorium target. Among these products, several isotopes of medical interest are present: Molybdenum-99, Iodine-131 and Cadmium-115g. Their production yield has been determined up to 34 MeV with deuterons and up to 70 MeV with protons. These data allow us to compare both production routes. The irradiation of natural thorium by light charged particles could be an alternative to nuclear reactors for the production of medical isotopes, minimizing the long lived radioactive waste generation.

Experiments on the production of Terbium-155 are in progress using a deuteron beam impinging a

natural gadolinium target. In addition to the medical yield applications, these experimental values will help nuclear theoretical physicists to validate and/or improve their analytical models.

1 FDA-Approved radiopharmaceuticals, review n°9 3.1.14, (2003).

2 Haddad, F. et al., Arronax a high-energy and high-intensity cyclotron for nuclear medicine. Eur. J. Nucl. Med.Mol. Imaging, 35, 1377-1387 (2008).

3 Friesen, C. et al., Radioimmunotherapy using anti-CD33 antibodies radiolabeled with thorium-226 or bismuth-213 overcome chemo and radioresistance in myeloid leukemia cells, Haematologica ; 94 ; [suppl.2]:329 (2009).

4 Palmedo, H. et al, Painful Multifocal Arthritis: Therapy with Rhenium 186 Hydroxyethylidenediphosphonate(186Re HEDP) after Failed Treatment with Medication -Initial Results of a Prospective Study.Radiology;221:256–60 (2001).

5 C. Grignon et al., “Nuclear medical imaging using beta+ gamma coincidences from Sc-44 radionuclide with liquid xenon as detector medium,” Nucl. Instrum. Meth. A 571, 142-145 (2007)

6 Guertin, A. et al, Measurements of 186Re production cross section induced by deuterons on natW target at ARRONAX facility., Nucl Med Biol (2013).

7 Duchemin, C. et al, $^{232}\text{Th}(d,4n)^{230}\text{Pa}$ cross-section measurements at ARRONAX facility for the production of ^{230}U , Nucl Med Biol (2014).

Session speciale / 40

Présentation AREVA

Jean-Christophe Dalouzy¹

¹ AREVA

Structure nucléaire / 24

Spectroscopie gamma en ligne du ^{79}Cu

Louis Olivier¹

¹ IPN Orsay

Auteur(s) contact: olivierlouis@ipno.in2p3.fr

D'importants réarrangements de la structure nucléaire ont été observés ces dernières années pour certains noyaux loin de la vallée de stabilité, menant à des nombres magiques parfois différents de ceux des noyaux stables. L'expérience SEASTAR, ayant eu lieu récemment au laboratoire RIKEN (Japon), cherche à investiguer la région du ^{78}Ni , supposé être doublement magique. Dans cette expérience, les noyaux d'intérêt sont créés par knock-out, et la cible d'hydrogène liquide MINOS est utilisée. Le noyau étudié ici est le ^{79}Cu , qui correspond à $^{78}\text{Ni} + p$ et dont l'étude permettra de déterminer la taille du gap $Z = 28$ autour du ^{78}Ni . Le dispositif expérimental ainsi que les premières étapes de l'analyse seront présentés.

Plasma de quarks et de gluons et structure interne des nucléons / 31

Structure interne du nucléon (Proton/Neutron) par la diffusion Compton Virtuelle à basse et haute énergie

MERIEM BENALI¹

¹ *LPC_Clermont-FD*

La réaction d'électro production de photon sur le nucléon $eN \rightarrow eN\gamma$, « diffusion Compton virtuelle », est l'une des expériences qui sont réalisées dans le monde pour mieux comprendre la structure interne du nucléon.

Dans ce but on a étudié cette réaction à deux régimes d'énergie :

Dans le régime de haute énergie, on peut accéder à des informations nouvelles sur la structure en quarks et en gluons du nucléon, ces sont les distributions de parton généralisées notées GPDs. Cette partie était l'objectif d'une expérience effectuée à l'accélérateur d'électrons, Hall A du Jefferson Laboratory (VA, USA) (énergie de faisceau 6 GeV, $Q^2=1.75 \text{ GeV}^2$), pour déterminer la section efficace de la réaction de diffusion Compton profondément virtuelle sur le neutron ($en \rightarrow en\gamma$). Dans cette partie, nous avons calibré l'énergie du calorimètre électromagnétique qui est l'un des détecteurs utilisés pendant l'expérience. Ensuite, nous avons procédé à la sélection des événements DVCS sur le neutron, en analysant les données $H(e,e'g)X$ prises sur une cible d'Hydrogène et les données $D(e,e'g)X$ prises sur une cible de deutérium. Puis, on a soustrait les coïncidences accidentelles et la contamination π^0 . Finalement, on est arrivé à extraire la section efficace de neutron n_DVCS et de deuteron cohérent $d-DVCS$ par un ajustement des données expérimentales avec des données de la simulation. On a obtenu des résultats qui montrent pour la première fois l'existence d'une section efficace n_DVCS ($d-DVCS$) positive non nulle.

Dans le régime de basse énergie, les observables qu'on extrait dans cette partie sont les polarisabilités généralisées « PGs ». Ces observables peuvent nous donner une idée sur la déformation de nucléon quand il est soumis à un champ électromagnétique appliqué. La réaction étudiée ici est la diffusion Compton virtuelle VCS ($\gamma^*P \rightarrow \gamma P$). L'expérience a été réalisée à l'accélérateur d'électrons de Mayence, en Allemagne pour ($Q^2=0.5 \text{ GeV}^2$). Un ajustement de χ^2 entre les données expérimentales et les données théoriques, en utilisant le modèle théorique DR « Formalisme Relation de Dispersion », nous permet d'extraire les polarisabilités généralisées $\alpha E(Q^2)$ et $\beta M(Q^2)$ du proton à $Q^2=0.5 \text{ GeV}^2$.

Structure nucléaire / 34

Structure nucléaire: Introduction

David Verney¹

¹ *IPN Orsay*

Auteur(s) contact: verney@ipno.in2p3.fr

...

Instrumentation / 13

The Multi-Reflection Time Of Flight Mass Spectrometer for the S3 collaboration

Auteur(s): Pierre Chauveau¹

Co-auteur(s) Gilles De France¹ ; Pierre Delahaye¹ ; Yvan Merrer²

¹ *GANIL*

² *LPC Caen*

Auteur(s) contact: pierre.chauveau@ganil.fr

A Multi-Reflection Time Of Flight Mass Spectrometer (MRTOFMS) is an electrostatic ion beam trap used for fast mass measurement and mass separation. Mass-resolving power above 10^5 can be reached within a few milliseconds or less, which makes this technique ideal for on-line mass separation, even for short lived nuclei. A MRTOFMS is currently studied for the S3 collaboration (Super Separator Spectrometer) dedicated to the study of very heavy and super heavy nuclei.

Structure nucléaire / 0

The importance of nuclear structure in heavy-ion fusion at sub-barrier energies

Auteur(s): Dominique Bourgin¹

Co-auteur(s) Florent Haas¹ ; Sandrine Courtin¹

¹ IPHC, UMR7178 IN2P3-CNRS, Université de Strasbourg

Auteur(s) contact: dominique.bourgin@iphc.cnrs.fr

We recently measured the fusion cross sections of the $^{40}\text{Ca}+^{58}\text{Ni}$ and $^{40}\text{Ca}+^{64}\text{Ni}$ reactions at energies around and below the Coulomb barrier. This experiment was performed at Laboratori Nazionali di Legnaro (LNL, Italy), using high-quality and intense $^{40}\text{Ca}^{9+,10+}$ beams from the XTU Tandem accelerator and the LNL electrostatic deflector in its upgraded setup mode. The fusion excitation functions and barrier distributions were extracted from the data and compared to coupled-channels calculations. The main goal of our study was to investigate the influence of the nuclear structure of the colliding nuclei on their fusion cross sections.

Théorie et modèles nucléaires / 38

Théorie et modèles nucléaires: Introduction

Thomas Lesinski¹

¹ CEA Saclay, DSM/Irfu/SPhN

Auteur(s) contact: thomas.lesinski@cea.fr

...

Théorie et modèles nucléaires / 23

Tools for incorporating a D-wave contribution in Skyrme energy density functionals

Auteur(s): Pierre BECKER¹

Co-auteur(s) Alessandro PASTORE² ; Dany Davesne³ ; Jacques MEYER³ ; Jesús Navarro⁴

¹ IPNL

² Institut d'Astronomie et d'Astrophysique, Université Libre de Belgique

³ *Institut de Physique Nucléaire de Lyon*

⁴ *IFIC (CSIC & University of Valencia)*

Auteur(s) contact: pbecker@ipnl.in2p3.fr

The possibility of adding a D-wave term to the standard Skyrme effective interaction has been already considered in the past. Such a term has been shown to appear in the next-to-next-to-leading order of the Skyrme pseudo-potential.

We developed the necessary tools to incorporate this term in a fitting procedure: first, a mean-field equation written in spherical symmetry in order to describe spherical nuclei and second, the response function to detect unphysical instabilities.

Moreover, the D-wave has already given some promising results : its flexibility allows, for instance, to reproduce both nuclear channels and global equation of state, thus constraining the new parameters.

Etude des réactions nucléaires / 15

Étude de la désexcitation de différents isotopes de Palladium formés par réactions de fusion

Lou AUGÉY¹

¹ *LPC CAEN*

Auteur(s) contact: augey@lpccaen.in2p3.fr

Lorsqu'il y a fusion de deux noyaux, un noyau chaud excité est créé et il peut se désexciter en émettant des particules légères jusqu'à devenir un noyau plus stable, qu'on appelle résidu d'évaporation. Pour étudier ce processus et ses propriétés, une expérience a été faite avec le multi-détecteur INDRA couplé avec le spectromètre VAMOS. Le premier détecteur permet de mesurer les particules légères évaporées alors que le spectromètre lui va mesurer le résidu. Différents faisceaux d'Ar ont été utilisés avec différentes cibles de Ni pour produire plusieurs noyaux chauds de Pd : ^{92}Pd , ^{94}Pd , ^{96}Pd , ^{100}Pd et ^{104}Pd .

L'étude de ces noyaux composés va permettre de déterminer l'influence du rapport N/Z sur leur désexcitation. Les premiers résultats sont présentés ici et sont axés sur la mesure de la température apparente des noyaux chauds de Pd ainsi que la détermination de leur paramètres de densité de niveaux. Pour cela, les données seront comparées au code de simulation GEMINI++.

Structure nucléaire / 20

Étude des réactions profondément inélastiques à deux fois la barrière coulombienne

Claire Portail¹

¹ *IPNO*

Auteur(s) contact: portail@ipno.in2p3.fr

Après une description des réactions nucléaires dites « profondément inélastiques », je présenterai une expérience réalisée au GANIL en 2010 à l'aide du spectromètre VAMOS et du détecteur Gamma EXOGAM. L'utilisation d'un faisceau de ^{48}Ca à 10 MeV par nucléon sur une cible de ^{238}U permet de produire ce type de réaction et d'en étudier le mécanisme. Une distribution angulaire de plus de 30° est nécessaire pour étudier les produits, notamment la dépendance angulaire de leur section efficace de production.

Etant au début de l'analyse, la méthode d'identification des noyaux par VAMOS sera présentée. Le

couplage de ce spectromètre avec EXOGAM permettra aussi de faire, par coïncidence, la spectroscopie gamma des noyaux produits. Enfin, les perspectives de cette étude seront abordées : une expérience future et complémentaire prévue pour 2015 avec le spectromètre LISE et l'impact des résultats de ces deux expériences pour le spectromètre S3 actuellement en construction à Caen.

Théorie et modèles nucléaires / 2

Étude du pouvoir prédictif du modèle Nambu–Jona-Lasinio de la chromodynamique quantique pour le point critique chiral

Auteur(s): Alexandre Biguet¹

Co-auteur(s) Hubert Hansen ; Pedro Costa ² ; Pierre Borgnat ³ ; Timothée Brugière ⁴

¹ Institut de physique nucléaire de Lyon (IPNL)

² Centro de Fisica Computacional de Coimbra

³ Ecole normale supérieure de Lyon

⁴ Institut de Physique nucléaire de Lyon

Auteur(s) contact: a.biguet@ipnl.in2p3.fr

La propriété de liberté asymptotique de la chromodynamique quantique (QCD) fait que ses phases hautes densités et hautes températures sont dominées par les partons (les quarks et les gluons), plutôt que par les hadrons. Le modèle Nambu–Jona-Lasinio (NJL) est un modèle effectif de la QCD considérant les quarks comme degrés de libertés fondamentaux, les gluons étant, eux, gelés. Ce modèle permet d'étudier les effets de la brisure/restauration de la symétrie chirale à température et densité finies, et d'obtenir des informations sur les propriétés thermodynamiques de la QCD. Il permet notamment d'étudier le diagramme de phase de QCD dans le plan température-densité, où il est attendu qu'un point critique (*critical end point*, ou CEP) existe.

Bien que les paramétrisations standards du modèle NJL prédisent l'existence d'un CEP chiral, est-il possible de quantifier la sensibilité de ces prédictions par rapport aux paramètres ? Pour répondre à cette question, nous avons utilisé un outil mathématique bien connu en physique nucléaire mais assez peu utilisé en physique hadronique : le problème inverse. Se donner un ensemble de paramètres et utiliser un modèle pour faire des prédictions est appelé résoudre le problème direct. Se donner un ensemble de données et trouver la meilleure paramétrisation revient à résoudre le problème inverse. En général, le problème inverse n'est pas soluble exactement, et l'on cherche le minimum d'une fonction de vraisemblance. Dans le cas d'une version simpliste du modèle NJL, nous avons trouvé une méthode de résolution exacte du problème inverse.

Le pouvoir prédictif du modèle concernant la position du CEP est alors étudié en s'autorisant une variation sur les données expérimentales utilisées dans la résolution du problème inverse. L'étude statistique que nous avons menée a conduit à la conclusion que, dans le cadre du modèle utilisé, la prédiction est peu robuste : la position du CEP étant très sensible à la paramétrisation.

Instrumentation / 11**Étude et caractérisation d'un nouveau système de spectrométrie gamma à bas bruit de fond**Thomas DESCHLER¹¹ IPHC

Le développement et la mise au point des méthodes d'analyse multi-élémentaires dans l'environnement est l'une des principales activités de recherche de l'équipe RaMsEs (Radioprotection et Mesures Environnementales) de l'Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC) de Strasbourg. Cette activité englobe les mesures et les analyses de la radioactivité naturelle et artificielle par différentes méthodes de spectroscopie (, et).

La spectrométrie utilisant les détecteurs semi-conducteurs GeHP (Germanium Hyper Pur) permet une analyse aussi bien quantitative que qualitative des radioéléments émetteurs présents dans un échantillon. Cette technique performante et non destructive permet de déterminer avec une très bonne précision l'activité d'un

échantillon si on tient compte de tous les phénomènes d'interaction photon-matière. L'atténuation des photons dans l'échantillon (phénomène d'auto-absorption) et les interférences dues aux pics sombres sont les deux facteurs déterminants dans l'analyse quantitative des échantillons volumineux. Ces phénomènes conduisent à une variation du nombre de coups comptés par le détecteur, biaisant l'efficacité de la mesure à cette énergie.

Ce travail a porté sur l'étude de l'auto-absorption d'échantillon conditionnés d'une nouvelle géométrie de conteneur de la forme d'une boîte de Petri (type FP80). En effet, il a été montré lors de recherches précédentes que

le conteneur FP80 permettait de réduire le phénomène d'auto-absorption. L'étude s'est faite avec une nouvelle chaîne de mesure qui n'était jusque là utilisée que pour l'analyse multi-élémentaire.

La première partie de ce travail a été consacrée à l'étude de l'influence de la densité et du numéro atomique effectif (Z_{eff}) des échantillons conditionnés en géométrie FP80 sur leur auto-absorption. Elle a été menée par simulations grâce au code MCNPX (Monte Carlo N-Particle eXtended).

L'exploitation des résultats de simulation a permis d'établir des abaques à trois dimensions présentant l'autoabsorption en fonction de la densité et du Z_{eff} de l'échantillon pour différentes énergies d'émission comprises entre

50 keV et 2 MeV. Il ressort de ces graphiques que l'influence du Z_{eff} sur l'auto-absorption devient négligeable au-delà de 400 keV, alors qu'elle reste fonction de la densité indépendamment de l'énergie d'émission de l'échantillon.

Ces abaques permettent ainsi de retrouver facilement l'auto-absorption d'un échantillon de composition connue, mais si l'échantillon est de composition inconnue seule sa densité est mesurable, il n'est donc possible de déterminer son auto-absorption avec les abaques qu'au-delà de 400 keV.

La seconde partie du travail a donc été consacrée à l'étude de l'auto-absorption d'échantillons de composition inconnue sous 400 keV en utilisant un nouveau dispositif expérimental conçu et réalisé durant cette étude.

L'auto-absorption aux énergies inférieures à 400 keV a été calculée en utilisant la méthode développée par Cutshall et al. [1]. Cette méthode repose sur la loi de Beer-Lambert, loi ne s'appliquant qu'à un flux de photons monoénergétiques

parallèles. Ainsi, il a été nécessaire de créer un dispositif de collimation s'adaptant sur la chaîne de mesure pour limiter la divergence du faisceau de photons. Pour réduire au maximum le temps de comptage de

chaque échantillon, le dispositif expérimental a été optimisé par simulation (MCNPX).

Les résultats expérimentaux obtenus par la méthode de transmission sont très encourageants. En effet, la plupart

des coefficients d'atténuation linéique mesurés ont un écart avec la valeur théorique inférieur à 5% permettant

ainsi de retrouver l'auto-absorption avec une bonne précision.

Cette étude a entre autres permis d'améliorer le calcul de l'auto-absorption des échantillons conditionnés en géométrie

FP80 grâce à la création d'abaques de l'auto-absorption permettant de se passer du calcul par simulation

pour un échantillon aux caractéristiques connues et à la mise en place d'un protocole expérimental pour la mesure

du coefficient d'auto-absorption d'échantillons inconnus donnant des bons résultats avec un faible temps de

comptage.

Ces travaux doivent encore être complétés par des tests d'intercomparaison, tests indispensables pour intégrer le

nouveau protocole expérimental dans la démarche qualité du groupe RaMsEs.

1.

1. N.H. Cutshall, I.L. Larsen et C.R. Olsen. Direct analysis of 210 Pb in sediment samples : self-absorption corrections. Nuclear Instruments

and Methods in Physics Research, vol. 206, no. 1-2, pages 309-312, 1983