

Hadrons et Noyaux

L'objectif de la physique nucléaire est la compréhension de la structure des noyaux à partir des interactions entre les nucléons. L'objectif de la physique hadronique est la compréhension de la structure des nucléons en termes de quarks et de gluons et l'étude du confinement des quarks dans la matière ordinaire.

Pour étudier le confinement, on produit un état de la matière très dense en quarks et en gluons où chaque constituant ne subit plus d'interaction forte (état complètement déconfiné) et on étudie son retour à la matière ordinaire. Cet état très particulier appelé plasma de quarks et de gluons est obtenu à partir des collisions d'ions lourds ultra-relativistes. L'expérience ALICE a spécifiquement été conçue pour l'étude de ce plasma et se déroule actuellement auprès du collisionneur LHC du CERN à Genève. L'équipe du LPSC travaillant sur ALICE est impliquée dans la construction d'un calorimètre électromagnétique destiné à la détection et la sélection des particules neutres et des jets de grande impulsion. Des données ont été acquises en collisions proton-proton, plomb-plomb et proton-plomb, dont une partie est actuellement étudiée au laboratoire.

L'étude des nucléons en termes de quarks et de gluons dans un régime confiné est essentielle à notre compréhension de la matière ordinaire. Actuellement la description des nucléons est basée sur les distributions de partons généralisées (GPDs) qui font l'objet de nombreux programmes expérimentaux. Une équipe du LPSC est impliquée dans un programme de mesure sur des nucléons et les noyaux légers en diffusion inélastique d'électrons auprès d'un accélérateur d'électrons de 6 GeV aux États-Unis. Une avancée considérable des programmes expérimentaux pourrait avoir lieu avec de nouveaux faisceaux de positrons polarisés. Dans ce cadre, le LPSC a proposé la production d'un faisceau de positrons polarisés à basse énergie en utilisant la source intense du même accélérateur d'électrons. Une expérience exploratoire (PePPo) a eu lieu auprès du Jefferson Laboratory pour valider la technique de transfert de polarisation d'un faisceau d'électrons à un faisceau de positrons.

La thématique actuelle de la physique nucléaire est l'exploration d'états extrêmes du noyau que ce soit en asymétrie neutrons/protons (noyaux exotiques), en charge (noyaux super lourds), en vitesse de rotation (noyaux super déformés) ou en énergie d'excitation (noyaux chauds), pour mieux comprendre l'interaction nucléon-nucléon. Pour explorer ces différents phénomènes nucléaires il faut disposer d'accélérateurs d'ions lourds, qui produisent des faisceaux d'énergie pouvant aller de quelques MeV à quelques centaines de MeV par nucléon (GANIL, GSI-FAIR), de faisceaux de protons accélérés à des énergies de l'ordre du GeV (ISOLDE/CERN), de faisceaux de neutrons thermiques produits par réacteur (ILL) et bientôt des faisceaux intenses des ions radioactifs accélérés à quelques MeV par nucléon (SPIRAL-2). Les stations expérimentales sont composées de systèmes de détection de particules et/ou de rayonnements gamma très performants

et/ou, plus rarement, d'électrons de conversion, les produits de réaction pouvant être sélectionnés avant détection à l'aide d'un spectromètre de masse ou d'un séparateur d'isotopes. Une équipe du LPSC travaille sur l'étude des noyaux exotiques riches en neutrons proches des noyaux doublement magiques ^{132}Sn et ^{78}Ni et aussi dans les régions des masses $A \sim 100$ et 150 où des coexistences de forme ont été observées. De nouveaux isomères de durée de vie de l'ordre de 100 ns, ont été identifiés dans les noyaux de rubidium très riches en neutrons. Ces isomères ont été produits par fission induite par les neutrons thermiques du réacteur à haut flux de l'ILL de Grenoble. Ces chemins de décroissances étaient interprétés par des calculs de modèles en couches.

Expérience ALICE auprès du LHC

J.-S. Real, N. Arbor, G. Conesa Balbastre, J. Faivre, C. Furget, R. Guernane, S. Kox, C. Silvestre Tello

A. Vey, Service Administratif et Financier

C. Bernard, M. Chala, J.-F. Muraz, Service Détecteurs et Instrumentation

J.-L. Bouly, O. Bourrion, G. Marcotte, S. Muggeo, Service Électronique et Acquisition de données

D. Gondrin, D. Fombaron, S. Roudier, Service Études et Réalisations Mécaniques

C. Biscarat, C. Gondrand, Service Informatique

The ALICE experiment is dedicated to the study of the quark-gluon plasma produced in ultra-relativistic heavy ion collisions at the LHC. In this context, the LPSC is involved since 2006 in the construction of two electromagnetic calorimeters, which improve the measurements of high momentum photons and electrons. The laboratory has been in charge of the supermodules' assembly and of their calibration on a dedicated cosmic-ray setup. The LPSC has also been responsible for the construction of the electronics associated to the level 1 trigger, which is now used in ALICE's data-taking. The group is furthermore involved in the calorimeter calibration and physics analysis.

Depuis 2006, notre groupe est impliqué dans l'étude du plasma de quarks et de gluons (QGP) avec l'expérience ALICE dans les collisions de faisceaux d'ions lourds ultra-relativistes auprès du LHC. Nous avons participé, dans le cadre d'une collaboration française, italienne et américaine, à la construction du calorimètre électromagnétique EMCal, ainsi qu'à la construction d'un second calorimètre de technologie identique, DCAL, au sein d'une collaboration française, américaine, chinoise et japonaise. Ces deux calorimètres permettent d'étendre les performances du détecteur ALICE dans le domaine de la physique des jets, des photons et des particules de grande impulsion transverse.

Une des signatures du plasma de quarks et de gluons repose sur le phénomène de jet-quenching : la production des particules de grande impulsion transverse est supprimée en collisions d'ions lourds, à cause de l'interaction des partons de grande énergie avec les quarks et gluons déconfinés. L'expérience ALICE permet une étude systématique de ce phénomène à travers la modification des distributions en impulsion des hadrons du jet (fonctions de fragmentation) entre les systèmes plomb-plomb et proton-proton afin de caractériser le milieu traversé. Cette mesure requiert la mise en œuvre de calorimètres de grande dimension. Ceux-ci sont divisés en unités appelées supermodules, et utilisent la technologie de la calorimétrie à échantillonnage en Pb-scintillateur. Ils permettent d'augmenter l'acceptance de détection des photons et de fournir un déclenchement efficace et non biaisé sur les jets de grande impulsion transverse ainsi que sur les photons et électrons de grande impulsion. Combinés au système de trajectographie d'ALICE, ils permettent d'améliorer la résolution en énergie des jets par la mesure de la contribution des particules neutres.

Durant les années 2012-2013, les six supermodules du calorimètre DCal ont pu être assemblés, testés puis calibrés au LPSC. Ces supermodules seront installés dans l'expérience ALICE d'ici le redémarrage du LHC. La réponse des 1024 tours composant un supermodule est uniformisée avec une dispersion inférieure à 2%, nettement meilleure que les spécifications du cahier des charges (10%). Parallèlement, notre groupe a participé aux tests sous faisceau de modules pour la caractérisation de leur réponse en énergie et de leur résolution spatiale, ainsi

qu'à la modélisation dans l'environnement Geant des conditions expérimentales de ces tests, de manière à comparer les données simulées avec les données réelles issues du banc de test. Cela a permis de déterminer les paramètres de la simulation décrivant le mieux la réponse du détecteur. Parallèlement à ces activités de montage, test et pré-calibration, notre groupe s'est investi dans la calibration des 10 supermodules en place à partir de la détection des pions neutres produits dans les collisions p-p et décroissant en deux photons. Une précision de l'ordre de 1% a été atteinte à ce jour pour la majorité des canaux du détecteur. De multiples activités de programmation ont également été conduites sur l'ensemble de la période, d'une part pour mettre en place des outils de reconstruction, de contrôle-qualité, de simulation des données.

La période 2012-2013 aura été une période d'exploitation du LHC particulièrement importante pour le programme de physique de l'expérience ALICE puisqu'elle a vu l'énergie dans le centre de masse des collisions proton-proton portée à 8 TeV, ainsi que l'occurrence des premières collisions proton-plomb. Au cours de cette période riche et intense, le premier niveau du système de déclenchement calorimétrique du détecteur ALICE, développé et mis en service par le LPSC, a constitué une composante clé de la réduction des taux d'événements produits par le LHC, par la sélection de jets et photons de grande impulsion transverse. Dans ce contexte, le travail de l'équipe a consisté en l'optimisation des seuils en énergie, paramètres essentiels gouvernant le déclenchement, dans le but d'atteindre la meilleure efficacité possible dans la limite de la bande passante disponible, ainsi qu'à assurer le suivi opérationnel et le contrôle en ligne de l'électronique. Parallèlement à la prise de données, nous avons également développé les codes d'analyse hors-ligne et de simulation de l'électronique de déclenchement de premier niveau.

L'analyse des corrélations entre d'une part un pion neutre ou un photon (particule-trigger), et d'autre part les autres particules produites dans les collisions entre protons à une énergie de 7 TeV dans le centre de masse, est en cours de finalisation. Les résultats préliminaires ont été présentés à la conférence internationale Quark Matter, la plus importante du domaine, en 2012, et devraient rapidement faire l'objet d'une publication. Cette analyse en collisions de protons renseigne sur la manière dont les hadrons fragmentent. En particulier, la figure 1 montre la distribution du paramètre de balance, c'est-à-dire le produit scalaire entre l'impulsion des particules et la direction opposée à la particule-trigger normalisé par l'impulsion de cette dernière, lorsqu'il s'agit de photons venant majoritairement de processus durs. La poursuite de cette analyse permettra d'établir pour les photons ce que nous avons déjà obtenu pour les pions neutres: le changement de la distribution du paramètre de balance en fonction de l'énergie de la particule-trigger. Sur la figure 2, la pente de cette distribution pour diverses énergies de pion neutre est comparée à des prédictions théoriques, et montre que le pion neutre emporte une grande fraction de l'énergie initiale du parton qui lui a donné naissance. Cette analyse est la référence pour la compréhension de la perte d'énergie des partons dans un milieu coloré – donc des propriétés de l'interaction forte –, notamment dans les collisions entre noyaux de plomb. Les corrélations photons isolés/hadrons dans ce système sont également en train d'être analysées au sein du groupe.

Il est à noter que ALICE est l'un des principaux utilisateurs du nœud de grille de niveau Tier-3, particulièrement important pour la gestion du calcul au LHC (cf. section Plateformes technologiques et d'enseignement).

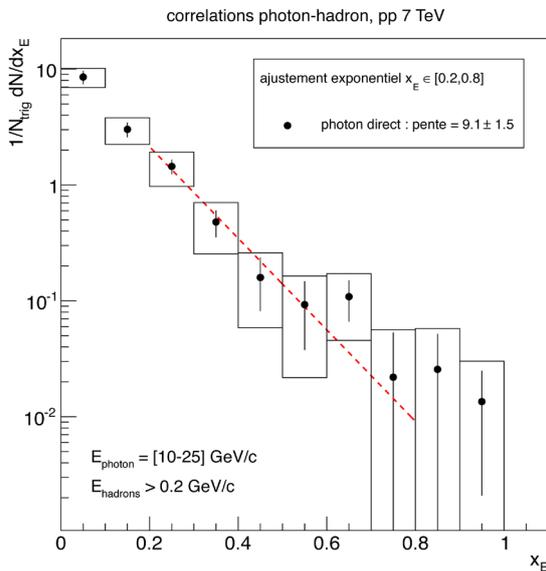


Fig. 1 : Distribution du paramètre de balance extraite des corrélations photon-hadron.

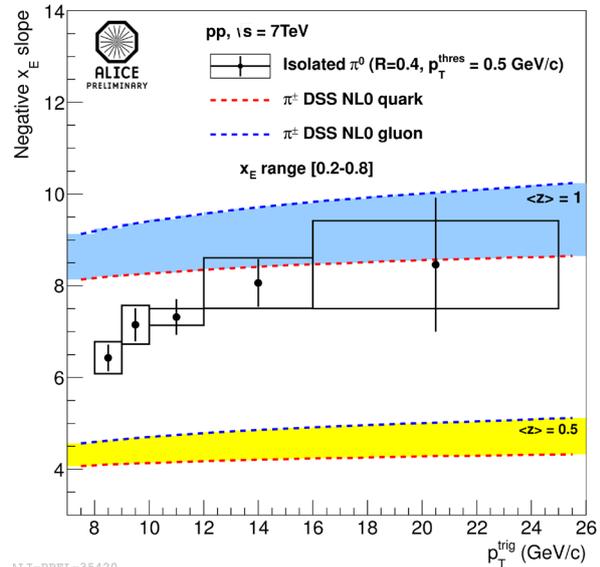


Fig. 2 : Distribution des pentes exponentielles de la distribution du paramètre de balance extraites des corrélations pi0-hadron.

Réalisations techniques

Après les années 2010 et 2011, où durant cette période 9 supermodules EMCAL avaient été assemblés, câblés et calibrés au LPSC, les deux années 2012 et 2013 ont également été riches et intenses en terme de réalisations techniques. En effet, au cours de ces deux années, 2 supermodules supplémentaires de taille réduite (un tiers en azimuth) permettant l'extension de la couverture d'EMCAL, ainsi que l'ensemble des 6 supermodules DCal constituant l'extension de la couverture angulaire de la partie inférieure du détecteur ont été assemblés, câblés et calibrés au LPSC. En janvier 2012, la courte fenêtre d'arrêt hivernal du LHC a offert la possibilité de réaliser l'insertion des 2 supermodules extension d'EMCAL, permettant ainsi de compléter la couverture totale de ce détecteur. Le LPSC a participé activement à cette phase d'insertion au CERN en apportant son support technique. À l'été 2013, la fabrication de l'ensemble des supermodules constituant le détecteur DCal étant terminée, tous ont été expédiés au CERN. Cette opération logistique, placée sous la responsabilité du LPSC, a nécessité l'utilisation de moyens de maintenance lourds et la mise en place de procédures douanières complexes, réalisées avec l'appui technique de la cellule logistique du CNRS (ULISSE). Au total, et durant les 4 années qu'aura duré la construction de EMCAL et de son extension DCal, 15 supermodules auront été assemblés, câblés, calibrés au LPSC (8 Américains, 3 Européens, 2 Japonais, 2 Chinois). Ceci représente la calibration en cosmique de 16 000 photodiodes, la mise en place de 2,3 km de câbles et la réception, le montage et l'expédition au CERN de 105 tonnes de matériel. L'insertion des supermodules DCal se déroulera lors du long arrêt actuellement en cours du LHC (LS1).

L'implication des services techniques du laboratoire a été déterminante dans cette réussite. Le Service Détecteurs et Instrumentation a assuré la coordination

technique du projet, participé activement à la construction et à l'expédition des supermodules ainsi qu'à l'insertion des supermodules au CERN.

Par ailleurs, le service électronique, après avoir conçu et mis en service au CERN la carte STU (Summary Trigger Unit) d'EMCal, a réalisé, testé et livré la carte STU de DCal. Ces cartes STU sont des éléments cruciaux pour le bon fonctionnement du calorimètre car elles sont chargées de fournir le signal de déclenchement de niveau 1 associé aux photons et jets de grande impulsion. De plus, le service électronique a apporté les améliorations logicielles nécessaires pour le fonctionnement optimal de la carte STU d'EMCal tout au long des périodes de prises de données. Enfin, le service administratif et financier a assuré la gestion courante des commandes, des factures, des missions, mais aussi le suivi de plusieurs contrats européens (ANR, HP2) relatifs au projet.



Fig. 3 : Stockage des supermodules DCal dans le hall ARIANE avant expédition vers le CERN.

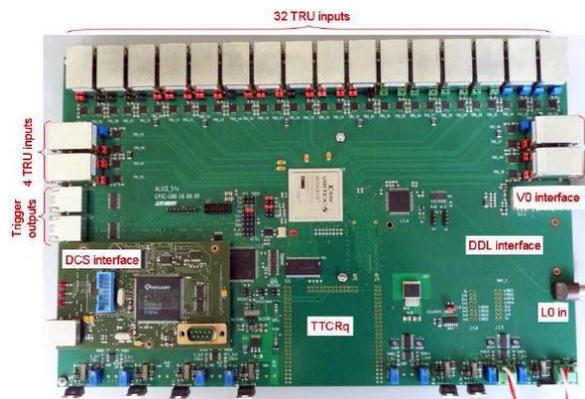


Fig.4 : Carte de déclenchement.

Pour en savoir plus

The ALICE experiment at the CERN LHC, J. Instrum. 3, S08002 (2008).

N. Arbor, thèse de l'université de Grenoble.

N. Arbor for the ALICE collab., Nucl. Phys. A 904-905 (2013) 697c-700c.

Structure des Hadrons

J.-S. Réal, E. Fanchini, Y. Perrin, E. Voutier

M. Marton, J.-F. Muraz, Service Détecteurs et Instrumentation

C. Geraci, J. Giraud, S. Roni, Service Études et Réalisations Mécaniques

G. Bosson, Service Électronique

M. Baylac, E. Froidefond, Service Accélérateurs

C. Martin, Service Administratif et Financier

Collaboration Internationale CLAS, Collaboration Internationale PEPPo, INFN Turin

Lepto-production of real photons in the deep inelastic regime allows to access novel features of the parton structure of hadrons encoded within the concept of Generalized Parton Distributions (GPD). Our team pursued the study of these distributions at the Jefferson Laboratory by measuring the deeply virtual Compton scattering reaction (DVCS) off helium and developing the phenomenology of the competing Bethe-Heitler process. In this perspective, a large part of our effort has been devoted to the development of a new concept of polarized source of positrons (PEPPo) to be used in the next accelerator generation as well as at low energies for Condensed Matter studies.

Distributions Généralisées de Partons

Structure en Partons de l'Hélium

La diffusion Compton profondément inélastique (DVCS) induite par un faisceau de leptons correspond à l'absorption d'un photon virtuel par l'un des constituants du hadron, suivi de l'émission d'un photon réel alors que le hadron sondé reste intact. La section efficace expérimentale est alors sensible à l'état initial du parton décrit par les GPD qui dépendent de l'impulsion longitudinale et de la position transverse du parton ainsi que des états de spin des objets impliqués dans la réaction. La déconvolution des parties réelles et imaginaires des facteurs de forme Compton (FFC) caractérisant le processus DVCS permet d'extraire l'information sur ces distributions. La structure en partons des cibles scalaires, telle que le noyau d'hélium, présente l'intérêt de n'être représentée que par une seule GPD. Dès lors, la mesure de la sensibilité de la réaction de production de photons réels à la polarisation du faisceau initial de leptons permet d'isoler les parties réelle et imaginaire du facteur de forme Compton.

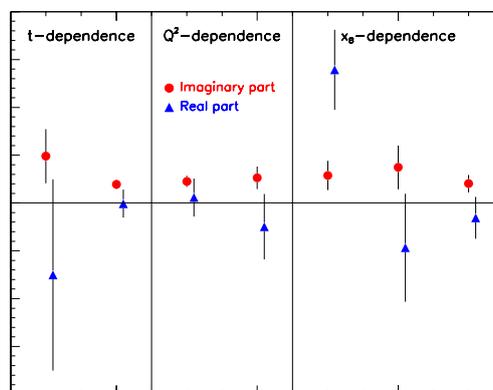


Fig. 1 : Résultats préliminaires de la mesure du FFC de l'expérience He-DVCS (système d'unité arbitraire).

L'expérience He-DVCS effectuée dans le Hall B du Jefferson Laboratory (JLab) avec le détecteur CLAS est une étude exploratoire de la réaction DVCS sur l'hélium visant à démontrer la faisabilité d'un programme DVCS dédié sur les

noyaux. L'analyse des données réalisée dans le cadre de la thèse de doctorat de Y. Perrin (Fig. 1) a fourni une première mesure mondiale des parties réelles et imaginaires du FFC de l'hélium et a établi les bases d'un futur prometteur pour un programme DVCS sur les noyaux à JLab12.

Le Processus Bethe-Heitler

Le processus Bethe-Heitler (BH) où le photon réel est rayonné par l'électron incident ou diffusé, est compétitif du processus DVCS mais exactement calculable par l'électrodynamique quantique, supposant la connaissance des facteurs de forme électromagnétique acquise pour le nucléon à petit transfert d'impulsion. Bien que la polarisation du faisceau initial permette d'isoler en partie le terme d'interférence entre les amplitudes BH et DVCS, l'interprétation quantitative des données expérimentales demande une connaissance très précise de la section efficace BH.

En collaboration avec l'INFN Turin, l'influence de la masse des leptons initiaux et finaux sur les observables expérimentales a été étudiée, en développant un formalisme exact pour la section efficace non-polarisée sur le nucléon. La prise en compte de la masse finie des leptons introduit des termes supplémentaires dans le tenseur leptonique conduisant à des effets nontriviaux dans des régions cinématiques déterminées. En particulier dans la région des très petits transferts d'impulsion, de première importance pour la détermination expérimentale de la règle de somme de J_i , ces termes supplémentaires dominent la section efficace sur le proton et sont d'autant plus importants que l'énergie du faisceau augmente, à l'opposé du comportement de l'approximation ultra-relativiste. Ces effets dépendent également de l'isospin de la cible et deviennent négligeables pour un neutron.

Source de positrons polarisés

Les faisceaux polarisés de positrons ont été identifiés comme des ingrédients essentiels de la prochaine génération d'accélérateurs. Dans le contexte du programme de physique hadronique conduit à JLab, la comparaison des observables expérimentales mesurées avec des faisceaux polarisés d'électrons et de positrons permet par exemple de mesurer la contribution des diagrammes d'échange à deux photons et autorise une détermination des facteurs de forme électromagnétique indépendante de tout modèle ainsi que la séparation exacte des amplitudes BH et DVCS. Ces perspectives ont motivé notre intérêt pour le développement d'un nouveau concept de source polarisée de positrons aux applications potentiellement pluridisciplinaires.

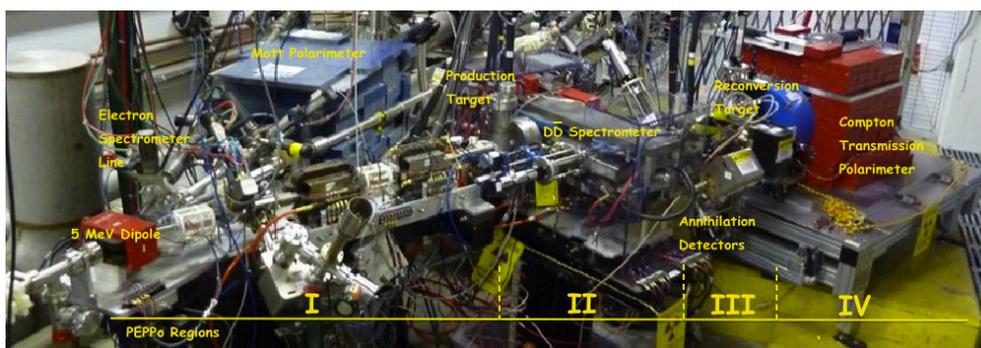


Fig. 2 : La ligne expérimentale PEPPo installée à l'injecteur de JLab.

L'expérience PEPPo (Fig. 2) installée auprès de l'injecteur du Jefferson Laboratory vise à valider le concept de production de positrons polarisés basé sur la création de paires e^+e^- polarisées par un faisceau polarisé de photons issu du rayonnement de freinage d'un faisceau polarisé d'électrons dans une cible de tungstène. Débuté en 2007 dans le contexte de la thèse de doctorat de J. Dumas, ces travaux ont permis la réalisation de l'expérience PEPPo à l'été 2012 après des phases successives de construction et d'installation d'une nouvelle ligne de faisceau au cours des deux années précédentes. Le transfert de la polarisation d'électrons de 8,25 MeV/c aux positrons produits dans le domaine d'impulsion 3,2-7,3 MeV/c a été mesuré à l'aide d'un polarimètre à transmission Compton développé au LPSC. L'analyse finale de l'expérience est en cours mais les asymétries expérimentales obtenues par l'analyse en ligne des données (Fig. 3) confirment déjà sans aucune ambiguïté l'existence d'un fort signal de polarisation synonyme d'un transfert efficace de la polarisation des électrons aux positrons. En s'affranchissant des grandes énergies du faisceau primaire d'électrons, caractéristiques des précédentes générations d'accélérateurs, ce nouveau concept permet d'envisager l'utilisation des positrons polarisés pour des applications, qui s'étendent bien au-delà du domaine de la physique hadronique.

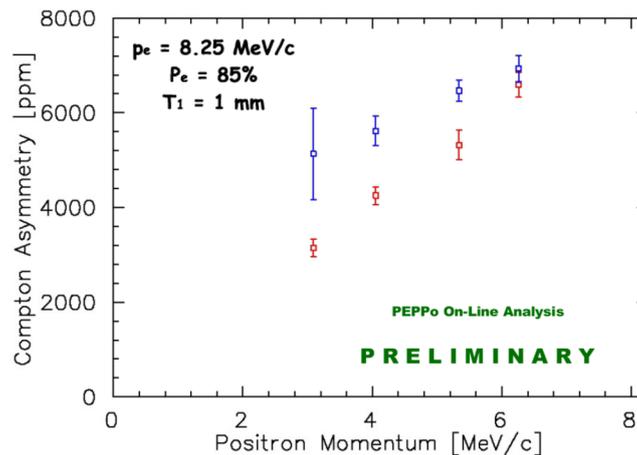


Fig. 3 : Asymétries expérimentales mesurées en ligne durant l'expérience PEPPo.

Pour en savoir plus

Helium Compton form factor measurements at CLAS, E. Voutier, arXiv:1307.0222, 2013.

Lepton mass effects in the Bethe-Heitler process, M.B. Barbaro et al. , arXiv:1305.3873, 2013.

The PEPPo concept for a polarized positron source, E. Voutier, WEOAB203, 2013.

Structure nucléaire

G. Simpson, F. Drouet, G. Gey, M. Ramdhane, G. Thiamova, A. Vancraeynest

C. Biscarat, Service Informatique

Y. Carcagno, C. Geraci, J.-C. Malacour, J. Menu, S. Roni, S. Roudier, Service Études et Réalisations Mécaniques

The aim of our research is the study of neutron-rich exotic nuclei close to the doubly magic nuclei ^{132}Sn and ^{78}Ni , to test the interactions used in shell model calculations. At the same time we focus on nuclei in the mass regions $A \sim 100$ and 150 to better understand the development of the collectivity. In particular we have studied neutron-rich isotopes of praseodymium ^{151}Pr and ^{153}Pr by γ -prompt, delayed- γ and conversion electron spectroscopy.

The group has also strongly contributed to the success of the EXILL campaign. The purpose of this campaign is to install the large gamma spectrometer EXOGAM on the line PF1B at ILL to study by γ -prompt spectroscopy fission and capture processes induced by thermal neutrons.

The spectrum of topics we work on in our group includes also the application and development of various theoretical approaches: especially algebraic methods issued from the theory of Lie groups and chains groups applied to the study of the collective motion of nuclei.

Étude par spectroscopie gamma et électron de conversion des isotopes de lanthanides riches en neutrons

La présence de fortes corrélations octupolaires dans les noyaux riches en neutrons de lanthanides est un phénomène bien établi. Ces corrélations sont générées par deux paires d'orbitales $\Delta J = \Delta I = 3$ qui se trouvent ici à proximité de la surface de Fermi et permettent le couplage $\pi(h_{11/2}, d_{5/2})^{3-}$ et $\nu(i_{13/2}, f_{7/2})^{3-}$ et conduisent à l'apparition de forts modes octupolaires dans le ^{144}Ba . Malgré de nombreuses études dans cette région, notre connaissance sur ce sujet est loin d'être complète. Par exemple, il reste à comprendre comment les couplages octupolaires sont affectés par la forte déformation quadripolaire statique, qui apparaît soudainement pour un nombre de neutrons au-delà de $N=90$, et dans quelle mesure le mode octupolaire évolue.

La corrélation octupolaire est réduite dans les noyaux de A -impairs. Nous avons observé ce dernier effet dans trois noyaux de A -impairs, les isotopes de Cs et récemment dans ^{149}Pr . Il est intéressant d'étudier les isotopes Pr, surtout avec un nombre de neutrons supérieur, pour vérifier cette observation et pour suivre l'évolution des corrélations octupolaires avec l'augmentation du nombre de neutrons et la déformation quadripolaire. Cette étude est dans la continuité du travail réalisé par notre groupe sur les noyaux de la région $A=150$ comme le ^{151}Ce , $^{153-154}\text{Nd}$ et ^{155}Sm .

Dans ce travail, nous avons recherché les états isomériques de l'ordre de la picoseconde dans les isotopes de Pr riches en neutrons en utilisant le spectromètre de masse Lohengrin de l'Institut Laue-Langevin à Grenoble. De plus, les mesures de coïncidences γ recueillies avec le dispositif anti-Compton EURO-GAM-II et GAMMASPHERE ont été utilisées pour rechercher des excitations à moyen spin dans ces noyaux.

À partir des données de l'expérience de Lohengrin, un état isomérique à une énergie de 35,1 keV a été mesuré avec une durée de vie de $T_{1/2}=50(8)$ ms et son spin a été déterminé. Cet état a été assigné à l'isotope ^{151}Pr . Avec les données des expériences effectuées par EUROGAM-II et GAMMASPHERE. De nouvelles bandes rotationnelles ont pu être ainsi identifiées et comparées aux calculs théoriques établis dans le cadre du modèle quasi-particule-rotor (QPRM) et cela pour les deux isotopes de ^{151}Pr et de ^{153}Pr . L'intérêt de l'étude des corrélations octupolaires est présenté dans un récent article publié dans la revue Nature.

Par ailleurs, nous avons utilisé les calculs théoriques du Modèle Quasi-Particule Phonon (QPM) pour décrire les propriétés des noyaux riches en neutrons de la région de masse $A\sim 150$. Ce modèle vient d'être utilisé avec succès pour la description des isotopes impairs de Pr et Pm dans le but de comprendre la différence entre les intensités des corrélations octupolaires dans ces noyaux.

La campagne EXILL 2012/2013

Entre fin 2012 et début 2013 notre groupe en collaboration avec le service de mécanique du LPSC a contribué fortement à la réussite de la campagne de mesure EXILL. Le but de cette campagne était d'installer le spectromètre gamma EXOGAM sur la ligne de neutrons PF1B à l'ILL, pour la spectroscopie gamma prompt lors de la fission/capture induite par des neutrons thermiques. Cette expérience a nécessité l'utilisation de 16 détecteurs germanium (8 Clovers de EXOGAM, 2 Clovers de l'ILL et 6 GASP) pour la spectroscopie γ et 16 détecteurs LaBr3(Ce) pour les mesures de durée de vie. Le laboratoire a contribué aux différentes étapes de ce projet. Le service informatique du LPSC a aussi contribué fortement en installant un serveur de 30 Tb pour distribuer les données. Les analyses en cours vont permettre de tester le modèle en couches au voisinage des noyaux doublement magiques ^{78}Ni et ^{132}Sn , de déterminer les propriétés des noyaux proches du processus-r et la coexistence de formes et le début de la collectivité.



Fig. 1 : Dispositif expérimental : EXOGAM en place à PF1B à l'ILL.

Étude théorique de la structure nucléaire des noyaux lourds

Le spectre des recherches effectuées dans notre groupe comprend aussi l'application et le développement du modèle ACM (Algebraic Collective Model) [4]. Ce modèle a déjà été appliqué à la description des isotopes de Ru. A l'heure actuelle un projet de recherche dont le but est l'étude de la structure des isotopes d'osmium est en cours.

Une autre direction de recherche théorique effectuée dans notre groupe porte sur l'application des modèles GICM (Generalised Intermediate Coupling Model) et QPM (Quasiparticle-Phonon Model). Le premier modèle est une extension du modèle du couplage intermédiaire et permet de décrire les noyaux pairs-pairs sphériques. Il repose sur l'hypothèse que les noyaux sont constitués d'un cœur vibrationnel pair-pair couplé avec un proton célibataire et un neutron célibataire. Des états vibrationnels 3^- d'un cœur pair-pair de même que des états 2^+ peuvent être pris en compte. L'interaction entre le proton et le neutron célibataires peut être soit phénoménologique ou microscopique. De ce fait, la comparaison avec les calculs effectués dans le cadre du modèle en couches est possible.

Le modèle QPM peut être appliqué à la description des noyaux pairs-pairs, impairs-pairs et impairs-impairs déformés. Ces noyaux peuvent posséder une déformation quadripolaire mais aussi des corrélations octupolaires dynamiques. Ce modèle est utilisé pour décrire la structure interne des noyaux et il peut être combiné avec le modèle du rotateur à symétrie axiale. Dans le cas des noyaux impairs l'interaction entre le nucléon impair et le phonon vibrationnel du cœur pair-pair est décrite à l'aide du couplage de Coriolis. Plusieurs applications de ce modèle sont en cours.

Pour en savoir plus

T. Rzaca-Urban, W. Urban, J.-A. Pinston, G. S. Simpson, A. G. Smith, J. F. Smith, I. Ahmad, Phys. Rev. C 82, 067304 (2010).

Nature 497, 199–204 (09 May 2013).

G. Thiamova, D. J. Rowe, and M. A. Caprio, Nucl. Phys. A 895, 20-32 (2012).