

CS DU 14-15 NOVEMBRE 2013

Le Conseil Scientifique s'est réuni les 14 et 15 novembre 2013 pour examiner les activités des groupes ALICE et UCN, ainsi qu'une nouvelle activité démarrant au laboratoire, l'expérience STEREO. Le conseil regrette l'arrivée très tardive, voire l'absence, de documents préparatifs à cette session.

ALICE

Le groupe ALICE du LPSC a démarré ses activités en 2006. Il est composé à l'heure actuelle de six chercheurs permanents dont deux enseignants chercheurs et le directeur du laboratoire. Le groupe s'intéresse au processus de déconfinement des quarks et des gluons. Ce déconfinement pourrait se manifester dans des conditions extrêmes de température et de densité d'énergie, sous la forme d'un « plasma » de quarks et de gluons, selon les prédictions de la Chromodynamique Quantique. En laboratoire, ces conditions sont recrées par le LHC du CERN par l'intermédiaire de collisions entre ions lourds ultra-relativistes. La recherche et la caractérisation expérimentale du plasma est alors assurée par le détecteur ALICE (A Large Ion Collider Experiment), en particulier. Les questions en suspens concernent les processus de thermalisation, de transport et d'hadronisation au cours des différentes phases de la production du plasma.

La contribution technique majeure du groupe ALICE du LPSC est associée au calorimètre électromagnétique EMCal. Il est composé de onze super-modules, chacun composé de 288 modules distincts. Les services techniques du LPSC (Détecteurs et Instrumentation, Etudes et Réalisations Mécaniques), ont assuré l'assemblage et les tests, ainsi que la construction et la mise en service du trigger EMCal de niveau 1 (Service d'Electronique). Il en va de même pour l'assemblage du nouvel élément DCal, qui sera installé à 180 degrés de l'EMCal en vue de l'étude des événements di-jets.

Tout naturellement, les analyses de physique dans le groupe portent sur le développement des procédures d'étalonnage du calorimètre et sur la reconstruction des particules neutres (π^0 et γ). Ces développements comprennent les tests sous faisceau du calorimètre, effectués en 2007 et 2010, l'étalonnage du calorimètre avec les rayons cosmiques, et les analyses des données en collisions proton-proton (p-p) et plomb-plomb (Pb-Pb). Ces activités se sont développées avec le soutien du service informatique du LPSC, impliqué dans la mise en place d'un Tier2 pour les expériences LHC.

La physique développée porte sur l'étude du transport des particules au sein du plasma via la mesure du facteur de modification nucléaire R_{AA} . Ce facteur est le rapport entre les spectres en énergie ou impulsion transverse des particules, mesurés lors de collisions ions-lourds ou proton-proton. Il permet de déduire les propriétés des processus de perte d'énergie des particules dans le milieu nucléaire dense. Les techniques d'analyse développées au LPSC ont consisté à construire des algorithmes originaux de déclenchement, de reconstruction et d'identification des photons, basés sur des critères de forme et d'isolement de la gerbe électromagnétique mesurée dans le calorimètre EMCal. Ces études ont permis de valider les simulations basées sur GEANT4, d'améliorer les efficacités et la pureté de sélection des événements avec photons et π^0 . Elles ont également permis de modéliser les bruits de fond, et d'accroître la discrimination γ/π^0 . Le groupe a montré que ces techniques, développées dans le cadre de l'analyse des collisions p-p, sont également prometteuses pour l'analyse des collisions p-Pb et Pb-Pb. Ces contributions ont été endossées par la collaboration ALICE dans son ensemble.

Les sujets de physique concernent logiquement les corrélations γ -hadron et π^0 -hadron dans les collisions p-p et Pb-Pb. Ces études ont donné lieu aux premières mesures de fragmentation, fruit d'un travail de thèse soutenu en 2013.

Un autre axe d'analyse concerne l'étude des saveurs lourdes (hadrons beaux et charmés). En effet, les mécanismes d'interaction avec le plasma quark-gluon sont différents de ceux des quarks légers. Ainsi, le facteur de modification nucléaire R_{AA} des mésons charmés et beaux montre une suppression importante, comme pour les hadrons légers, avec pourtant une légère différence à bas p_T ($p_T < 5$ GeV). De même, une différence importante est observée entre le méson étrange et les autres mésons à bas p_T .

Les perspectives du groupe pour les Runs 2 et 3 s'appuient sur différentes modernisations du calorimètre EMCal, avec l'installation des calorimètres di-jet (DCal), à laquelle le groupe participe déjà activement. Une contribution à la modernisation du système de trajectométrie interne (ITS) est aussi envisagée, en cohérence avec les implications d'analyse : le nouveau calorimètre DCal permettra d'affiner les analyses en cours pour l'analyse γ -hadron et π^0 -hadron. La modernisation de l'ITS, quant à elle, est pertinente pour la physique des saveurs lourdes, qui devra attendre les hautes statistiques du Run 2 et sans doute du Run 3 pour aboutir à des résultats scientifiquement intéressants.

Avis du conseil

Le conseil scientifique félicite les équipes du LPSC travaillant sur l'expérience ALICE pour les réalisations techniques, leur mise en œuvre et leur suivi. Cette participation soutenue, en particulier pour le EMCal, a donné au groupe de physique et au laboratoire une visibilité et une reconnaissance forte au sein de la collaboration. Le travail d'analyse est bien mené, avec des contributions originales endossées par la collaboration. Elles donnent lieu à des présentations en conférences internationales et à des articles actuellement en cours de publication. Le conseil recommande de porter une attention spéciale à approfondir au cours du Run 2 les études prometteuses portant sur les régimes à bas p_T . Le conseil considère que la proposition d'engager le laboratoire dans la modernisation de l'ITS est une proposition cohérente avec l'analyse actuelle, qui permet de maintenir une responsabilité technique du laboratoire vis-à-vis de la collaboration. Elle ouvre aussi, pour le laboratoire, une opportunité de développer une expertise qui deviendra essentielle pour les projets futurs.

Le conseil reconnaît les efforts du groupe pour permettre le développement et le maintien de ses activités, comme la recherche de collaborations (PICS ou autre). À cet égard, le CS apprécie beaucoup la collaboration initiée avec le groupe Théorie sur les corrélations azimutales quark-gluons, et encourage les deux groupes à continuer à tisser des liens. Néanmoins, le conseil regrette un manque de mise en valeur du programme scientifique du groupe, notamment par rapport aux objectifs et défis portés par les premiers runs de ce détecteur de nouvelle génération, et du fait du potentiel unique offert par les énergies du LHC. Le conseil scientifique encourage fortement les membres du groupe à présenter des habilitations à diriger des recherches afin de se renforcer par l'encadrement de doctorants.

UCN

Le groupe UCN du LPSC est composé de deux maîtres de conférence, un professeur et un directeur de recherche. Deux doctorants font actuellement leur thèse dans le groupe. Ce groupe partage ses forces sur deux expériences différentes, l'une à l'ILL et l'autre à PSI, utilisant les neutrons ultra-froids pour accéder à des informations sur les questions fondamentales de la physique moderne, comme la mise en évidence de l'interaction gravitationnelle à l'échelle quantique, ou de la violation de la symétrie CP.

Expérience GRANIT

L'expérience GRANIT, installée à l'ILL, utilise le rebond de neutrons ultra-froids sur un miroir horizontal plan pour caractériser les états quantiques d'énergie et la distribution spatiale de la fonction d'onde des neutrons. Ces mesures demandent une précision redoutable pour accéder à des états différant de quelques pico-eV, et pourraient mettre en évidence une différence entre la masse grave et la masse inertielle ou la présence d'une cinquième force.

La source de neutrons ultra-froids de GRANIT est développée au sein de la collaboration, et est basée sur la perte d'énergie quasi totale des neutrons froids de 8.9 Å de l'ILL lors de l'échange de phonons avec les atomes contenus dans un volume de ^4He . Les neutrons sont alors extraits et guidés vers le miroir, où ils sont soumis à une interaction électromagnétique dont la fréquence variable permet d'induire une transition entre les niveaux d'excitation, déterminant au final leur transmission à un détecteur sensible en position. Le LPSC a eu une implication forte dans cette expérience et a pris en charge la construction de la salle blanche qui contient le spectromètre, la conception du spectromètre, plusieurs outils de contrôle de l'acquisition et d'électronique. Le LPSC a également pris la lourde charge de développements supplémentaires pour remédier à des défaillances techniques de l'installation, par exemple les bobines du spectromètre et surtout l'extraction de la source.

Au-delà des objectifs premiers de l'expérience, le groupe développe, en collaboration avec le groupe CRPMN, des détecteurs sensibles à la position qui permettraient de caractériser l'étalement spatial de la fonction d'onde des neutrons. Ces détecteurs sont basés sur un dépôt de bore-10 converti en Li+He lors de la capture des neutrons, dont la distribution est caractérisée ensuite par technique chimique et optique microscopique.

Avis du conseil

La mise au point de l'ensemble source et spectromètre est très récente. Le conseil prend note des énormes efforts consentis par le groupe pour faire fonctionner la source et démarrer l'ensemble. Si le principe de mesure semble être validé, ce qui en soi est un accomplissement remarquable, le conseil s'inquiète des performances de la source, qui montre un facteur 500 au-dessous des intensités prévues. Si les simulations développées par le groupe du LPSC montrent qu'un facteur 30 est possiblement rattrapable, il reste une incertitude importante sur la qualité des résultats atteignables.

Cependant, étant donnés les nombreuses mauvaises surprises et retards accumulés par la collaboration, le conseil encourage le groupe à rester très vigilant sur l'évolution des calendriers, et sur les choix techniques futurs de la collaboration, pour décider si poursuivre dans cette direction est viable. À cet égard, le succès de la campagne de mesure prévue pour fin 2014-2015 (gain significatif sur la performance de la source, mesure de la géométrie de la fonction d'onde) devrait être un jalon obligatoire pour convaincre de l'intérêt de poursuivre l'implication du groupe du LPSC dans cette expérience.

Sur le court terme, le conseil se félicite de la collaboration avec le groupe CRPMN pour la préparation de détecteurs de neutrons sensibles à la position par dépôt de bore.

Expérience nEDM-n2EDM

L'expérience nEDM est installée auprès de la source de neutrons de spallation à PSI, en Suisse, et a pour but d'augmenter la précision sur la mesure du moment dipolaire électrique du neutron afin de tester une éventuelle violation de la symétrie CP. Les mesures actuelles descendent à une précision de $3 \cdot 10^{-26}$ e cm, tandis que des prédictions dans le cadre du modèle de supersymétrie prédisent une valeur du moment dipolaire électrique dipolaire de l'ordre de 10^{-26} e cm. Une valeur non nulle aurait des conséquences importantes sur la description de la baryogénèse électrofaible.

L'expérience nEDM fait suite à l'expérience RAL-SUSSEX-ILL, et utilise la source de neutrons froids de PSI combinée à une version améliorée du spectromètre. L'ensemble devrait permettre d'améliorer, en quelques années, la sensibilité de la mesure par un facteur limité principalement par la statistique (et donc la qualité de la source), tout en perfectionnant le contrôle des erreurs systématiques de la mesure.

Le projet n2EDM, quant à lui, vise à améliorer encore la précision sur la mesure d'un facteur 10, ce qui permettrait de tester les scénarios de baryogénèse électrofaible. Dans ce projet, les deux phases de mesures (champ magnétique parallèle et antiparallèle) sont assurées par une chambre double de précession, ce qui augmente de façon significative l'efficacité et la qualité de la mesure.

Une ANR sera déposée en 2014 pour financer les développements. Le LPSC s'investirait alors dans le développement de la source de courant offrant une stabilité meilleure que 10^{-7} , ainsi que dans la conception et la construction du co-magnetomètre.

Avis du conseil

Les objectifs scientifiques de la collaboration nEDM sont clairs et bien définis. La collaboration est forte d'une expérience qui lui assure une bonne maîtrise des aspects techniques. Toutefois, principalement à cause des performances de la source de neutrons froids, les objectifs de l'expérience ont été revus à la baisse par rapport à la sensibilité initialement prévue. Le conseil s'est inquiété en session fermée de la pertinence d'une amélioration de la sensibilité de mesure uniquement d'un facteur 10 par rapport aux résultats obtenus à l'ILL. L'objectif initial d'une amélioration d'un facteur 100 de la sensibilité expérimentale dans un délai raisonnable d'une dizaine d'années est souhaitable, et se doit d'être réaffirmé. En effet, une limite sur le moment dipolaire du neutron de quelques 10^{-28} e cm à l'horizon 2025 représenterait une contribution majeure, compétitive avec les autres recherches de moments dipolaires ainsi qu'avec les recherches directes de nouvelle physique au LHC. De plus, dans l'hypothèse où le LHC trouve effectivement une telle nouvelle physique à quelques TeV, une sensibilité sur le moment dipolaire du neutron autour de 10^{-28} e cm pourrait ouvrir la voie, non plus à une limite, mais à une mesure. Dans ce cas, même à sensibilités équivalentes, la supériorité des mesures du moment dipolaire du neutron comparé à celles des atomes diamagnétiques est incontestable, car le contrôle théorique sur les éléments de matrice hadroniques est bien meilleur pour le nucléon. En conséquence, le conseil encourage le groupe à maintenir ses efforts, sans omettre les objectifs initiaux de l'expérience.

STEREO

L'expérience STEREO est une toute nouvelle activité au LPSC, démarrée il y a un peu plus d'un an. Elle vise à investiguer le problème appelé « anomalie réacteur » des expériences d'oscillation de neutrinos auprès des réacteurs (base de vol entre 10 et 100 m). Une récente réévaluation des flux de neutrinos attendus a renforcé cette anomalie, pour l'ensemble des expériences passées, portant le déficit systématique du flux observé à environ 7% à 3σ de signification statistique. L'explication triviale d'une surestimation aussi importante du nombre de neutrinos attendus devenant de moins en moins tenable, l'anomalie réacteur suscite aujourd'hui un intérêt considérable au niveau mondial car elle pourrait indiquer la présence de physique au-delà du modèle standard. En effet, son interprétation la plus simple serait l'existence d'un nouveau type de neutrinos légers. Ceux-ci doivent être stériles, c'est-à-dire insensible aux interactions faibles puisque la largeur du boson Z^0 fixe à trois, le nombre de neutrinos actifs et légers. Par contre, ils peuvent participer au phénomène d'oscillation et donc expliquer le déficit observé car, n'interagissant pas avec la matière ordinaire, ils ne peuvent être détectés.

L'objectif de STEREO est d'utiliser le cœur compact du réacteur de l'Institut Laue Langevin (ILL) comme source de neutrinos, et de placer, aussi près du cœur que possible, un détecteur modulaire d'environ deux mètres de long. Ce dispositif vise à obtenir les spectres en énergie des antineutrinos et surtout l'évolution de leur flux en fonction de la distance au cœur. Ce dernier élément est crucial car une telle modulation du flux serait une signature d'oscillation claire et indépendante de la prédiction du flux total de neutrinos émis. Après consultation du conseil scientifique de l'ILL, la direction de l'ILL a donné son accord et proposé la fenêtre temporelle 2013-2016. Le début de cette période est défini par le démontage de l'instrument GAMS (déjà accompli), libérant ainsi un espace pour STEREO, et la fin par le changement programmé du doigt de gant qui doit se faire en 2017 et qui nécessite le démontage de STEREO. Le planning très serré qui en résulte est à l'évidence une des difficultés principales du projet.

Un groupe de cinq physiciens du LPSC s'est rapidement formé pour se joindre à la collaboration STEREO. Il est à noter que deux de ces physiciens (A. Stutz et J. Lamblin) sont très au fait de la détection des neutrinos à proximité d'un réacteur, ayant participé à l'expérience MUNU au Bugey (mesure du moment magnétique du muon). La collaboration est constituée d'environ 25 personnes provenant (en plus du LPSC) du LAPP et de l'IRFU-Saclay, côté français, auxquels s'ajoutent des groupes de l'ILL, du MPIK de Heidelberg en Allemagne et de l'Université Hassan II de Casablanca au Maroc.

D'un point de vue technique, le concept du détecteur est basé sur l'interaction des antineutrinos par le processus beta inverse avec un liquide scintillant dopé au gadolinium (Gd). Cette technique permet d'obtenir un signal prompt associé à l'ionisation induite par le positron de recul, et un signal retardé dû à la capture radiative du neutron sur un noyau Gd. La coïncidence de ces deux signaux permet une réjection très efficace du bruit de fond. Cette technologie se base sur les développements pour Double Chooz et Nucifer et minimise ainsi considérablement les incertitudes et donc les risques de retard dans la construction du détecteur. Le liquide scintillant, élément clé de l'installation, sera fourni par le MPIK Heidelberg (comme pour les expériences Double Chooz et Nucifer) qui possède le savoir-faire pour produire un liquide dont les propriétés sont stables dans le temps. L'autre point critique du détecteur est le blindage pour lequel une combinaison de blindages passifs et actifs est prévue. Ce travail s'appuie sur des simulations (GEANT4, MCNPX) couplées à des mesures du bruit de fond, réalisées sur site en 2013.

Compte-tenu des délais extrêmement serrés, la collaboration STEREO s'est déjà structurée et les tâches ont été réparties entre les différents laboratoires. Le LPSC a pris en charge de nombreuses responsabilités sur des éléments essentiels du dispositif expérimental (véto muon, étalonnage détecteur, électronique d'acquisition de données, simulations), rendant la contribution du laboratoire très visible et permettant aux services techniques de développer des activités intéressantes. L'ensemble de ces activités est déjà intégré aux plannings des différents services. Murielle Heusch, du Service Détecteurs et Instrumentation, a été nommée récemment coordinatrice technique locale du projet, ce qui devrait favoriser le respect du planning très serré imposé par l'ILL.

Côté budget, le projet semble également sur de bonnes bases puisqu'environ 85% du coût total (~2 MEuro) est déjà sécurisé, les principales contributions provenant de l'ANR (990 kEuro), du MPIK (445 kEuro) et du Labex Enigmass (150 kEuro).

Avis du conseil

Le projet, débuté il y a environ un an, a été consolidé par l'obtention d'une ANR. Le conseil se félicite de la bonne réactivité du laboratoire qui a su trouver les ressources et la motivation pour accompagner un projet d'un grand intérêt scientifique avec un fort potentiel de découverte. La technique de détection a déjà été validée sur Double Chooz, la taille de la collaboration est en adéquation avec l'envergure du projet et réunit toutes les compétences nécessaires, ce qui est un gage de réussite malgré les délais imposés très serrés. Le groupe doit rester très vigilant à ce que le plan de travail puisse être respecté. L'organisation du projet assure au laboratoire une forte visibilité.

De manière plus générale, le conseil note la volonté d'inscrire l'activité neutrino dans la durée, avec la création d'un groupe « Neutrino » plutôt que « STEREO ». La perspective de rejoindre à plus long terme les expériences « long baseline » (qui sont en cours de discussions) semble très intéressante et le conseil encourage le groupe à participer activement à ces discussions.
