

# Compte-rendu du CS du 23 septembre 2015

**Présents :** Marc Anduze, François Arleo, Alain Bonnemaïson, Jean-Claude Brient, Margherita Buizza Avanzini, Arnaud Chiron, Olivier Drapier, Gérard Fontaine, Deirdre Horan, Christophe Ochando, Thomas Patzak, Thierry Romanteau, Vanina Ruhlmann-Kleider, Guillaume Unal

**Excusé :** Pascal Paganini

## Ordre du jour

### Neutrinos

- Revue de la situation de WAGASCI – Thomas Mueller (45')
- Point d'information sur JUNO – Margherita Buizza Avanzini (15')

### LHCb

- Situation de LHCb au laboratoire – Frédéric Fleuret (45')

### Astronomie gamma

- Point d'information sur CTA – Gérard Fontaine et Berrie Giebels (15')

### Divers

- En début de séance fermée, Olivier Drapier a été élu président du CS et François Arleo a été élu secrétaire du CS, à l'unanimité des votes exprimés ;
- Les présentations de ce CS ainsi que des suivants seront désormais toutes disponibles sur le site <https://indico.in2p3.fr/category/653/>

# Neutrinos

## Revue de la situation de WAGASCI – Thomas Mueller

Thomas a fait une présentation du détecteur WAGASCI (WATER Grid And SCIntillator), qui est une grille tri-dimensionnelle H<sub>2</sub>O/CH permettant la détection de neutrinos  $\nu_\mu$  dans le canal  $\nu_\mu n \rightarrow \mu^- p$ . La collaboration WAGASCI regroupe 42 collaborateurs répartis dans 8 instituts, dont le LLR.

Thomas nous a rappelé le contexte scientifique de T2K, dans lequel s'inscrit WAGASCI. À l'heure actuelle, un faisceau de neutrinos  $\nu_\mu$  ou d'antineutrinos  $\bar{\nu}_\mu$  est produit à J-PARC au Japon. Ces particules sont détectées dans le détecteur proche ND280 (Near Detector 280), situé à 280 mètres de la source, et auprès de Super-Kamiokande à une distance de 295 kilomètres de J-PARC, permettant ainsi l'étude du phénomène d'oscillation. Ces deux détecteurs sont très différents : ND280 est composé d'une cible en plastique (CH) et possède une acceptation limitée à la zone avant, Super-Kamiokande est une cible d'eau (H<sub>2</sub>O) avec une acceptation  $4\pi$ . Cette différence de matériaux cibles et d'acceptation angulaire entraîne la non-compensation d'erreurs systématiques dues aux différentes sections efficaces d'interaction des neutrinos.

L'erreur systématique associée sur le nombre d'événements attendus à Super-Kamiokande atteint 5% pour les échantillons  $\nu_\mu$ , ce qui en fait la plus grande source d'erreur systématique. Le détecteur WAGASCI permettra de réduire les erreurs systématiques dues à la différence de matériaux cibles à un niveau inférieur à 3%. De plus, WAGASCI permettra d'étendre les mesures de sections efficaces inclusives sur CH et H<sub>2</sub>O à une précision inférieure à 10% et dans une grande acceptation, contrairement à ND280 pour lequel l'acceptation est limitée à  $\cos\theta_\mu > 0,4$ . Ceci permettra de contraindre de manière significative les modèles théoriques actuellement proposés. WAGASCI permettra ainsi les mesures suivantes :

- sections efficaces absolues  $\sigma_{CC}^{H_2O}(p_\mu, \theta_\mu)$  et  $\sigma_{CC}^{CH}(p_\mu, \theta_\mu)$  avec une précision  $\leq 10\%$  ;
- rapport des sections efficaces  $\sigma_{CC}^{H_2O}/\sigma_{CC}^{CH}(p_\mu, \theta_\mu)$  avec une précision  $\leq 3\%$ .

Thomas nous a ensuite présenté le principe général de WAGASCI. Son module central est composé d'une alternance des matériaux cibles (H<sub>2</sub>O et CH) et de plastique scintillant, permettant la trajectographie. Autour de ce module central se situent des calorimètres à muons (Muon Range Detector, MRD) composés de fer et plastique scintillant. WAGASCI sera situé à un angle de  $1,6^\circ$  par rapport à l'axe du faisceau, légèrement plus petit que l'angle  $2,5^\circ$  du détecteur ND280 ; les spectres en énergie restent toutefois assez similaires. La grille 3D de WAGASCI permettra d'augmenter l'acceptation du détecteur, notamment pour la reconstruction de traces émises à grand angle par rapport à l'axe du faisceau. Les *side MRD* (sMRD) consistent en une alternance de couches d'acier et de scintillateur, similaires à INGRID, dont le but est la mesure d'énergies de muons inférieures à 1 GeV, avec une résolution suffisante. L'optimisation du design est en cours, et le design final est attendu

pour le début 2016. L'installation d'un premier module H<sub>2</sub>O est prévue fin 2015 pour une prise de données début 2016, ce qui permettra de tester la réponse du détecteur et des mesures de sections efficaces sur-axe.

Thomas a ensuite détaillé les contributions du LLR. L'étude mécanique et le design du détecteur ont été réalisés par A. Bonnemaïson et O. Ferreira. Le design pour la construction et l'installation du premier module est prêt, le design sMRD est avancé et le design du module H<sub>2</sub>O est réalisé à 90%. Les plans seront délivrés, mais la fabrication, l'assemblage et la mise en place du détecteur sont de la responsabilité des groupes japonais. Le design final devra être délivré au plus tard en juin 2016. L'implication d'Alain Bonnemaïson sera de 80% jusqu'en décembre 2015, et peut-être plus faible jusqu'en juin 2016.

Concernant l'électronique, prise en charge par R. Cornat et F. Gastaldi, la DAQ SiWECAL de CALICE a été adaptée pour la lecture des MPPC de WAGASCI. La chaîne d'acquisition de CALICE sera utilisée avec SPIROC 2d, qui est un prototype pour WAGASCI. Une carte front-end a été développée pour WAGASCI qui devra être testée. Les dossiers techniques seront transférés aux japonais. Dans ce but, Thomas mentionne la visite d'un étudiant japonais au laboratoire pour deux mois à la fin 2015.

L'ensemble de la fabrication sera financée par les groupes japonais. Il n'y a pas de besoin spécifique concernant le software et l'analyse de données. M. Licciardi débute sa thèse en septembre, avec pour but la participation à l'installation du premier module et le développement de la reconstruction et l'analyse de données.

## **Point d'information sur JUNO – Margherita Buizza Avanzini**

Margherita a donné un point d'information concernant JUNO (Jiangmen Underground Neutrino Observatory) qui est une expérience de détection de neutrinos située à Jiangmen en Chine, approuvée en février 2013 et inaugurée en janvier 2015. La collaboration est composée de 54 institutions, dont 24 en Europe et 5 en France (APC, CPPM, IPHC, LLR, Subatech).

L'expérience est enfouie à 700 mètres sous terre afin de limiter la contamination des muons cosmiques. Son but est de mesurer les spectres d'énergie de neutrinos avec une résolution inférieure à 3%. Ceci permettra de déterminer la hiérarchie de masse des neutrinos, à savoir si  $m_3 > m_1$  (hiérarchie dite normale) ou  $m_3 < m_1$  (hiérarchie inversée).

Elle est composée d'un détecteur central, une sphère de 35 mètres de diamètre remplie de 20 000 tonnes de liquide scintillant (LAB), entourée d'une cuve d'eau servant de veto. L'autre détecteur est un panneau scintillant situé en haut de la sphère permettant l'évaluation du bruit de fond des muons cosmiques et dans lequel le LLR est impliqué. La contribution du LLR consiste notamment en une participation à l'élaboration de ce "Top Tracker" constitué des modules "Target Tracker" d'OPERA dont il faudra changer l'électronique de lecture, d'un système de trigger, et d'une proposition de multi-calorimétrie (ajout de petits PMT dans la sphère centrale), non encore approuvée par la collaboration. Ces trois systèmes mettent en jeu des chips conçus par le laboratoire OMEGA.

## Recommandations du CS

Le CS félicite le groupe neutrinos pour son investissement sur le projet WAGASCI, en plus de leurs contributions sur JUNO et T2K.

Le CS reconnaît l'intérêt des mesures qui pourront être effectuées à l'aide du détecteur WAGASCI, pour un coût assez modeste. À ce titre, le CS insiste sur le fait que les mesures de sections efficaces d'interaction de neutrinos sur CH et H<sub>2</sub>O sont importantes en soi, car elles permettront de contraindre les modèles théoriques existants. En ce sens, les mesures de WAGASCI doivent être valorisées en tant que telles et non pas être présentées seulement comme permettant la diminution d'une erreur systématique de 5 à 3% pour le rapport des sections efficaces dans l'optique de T2K, ce qui pourrait paraître réducteur (et ce d'autant plus que les erreurs statistiques ne deviendront plus faibles que les erreurs systématiques qu'à l'horizon 2020).

Le CS note que le design final devra être livré en juin 2016 et mentionne le risque que l'activité s'étende au-delà et soit en conflit avec l'implication de l'équipe neutrinos sur deux autres projets. Le CS recommande que le LLR et les équipes japonaises signent un mémorandum d'entente afin de cadrer et limiter l'activité du LLR au sein de WAGASCI.

# LHCb

## Situation de LHCb au laboratoire – Frédéric Fleuret

Frédéric a donné un exposé sur la production de quarkonia (états liés de quark lourds) – et plus particulièrement de l'état  $\chi_c$  – dans les collisions d'ions lourds au sein de la collaboration LHCb du LHC.

L'intérêt des quarkonia dans les collisions d'ions lourds a tout d'abord été présenté. L'écrantage de Debye au sein du plasma quarks-gluons (PQG), que les collisions d'ions lourds cherchent à produire et caractériser, peut conduire à la suppression des états liés comme le  $J/\psi$  ( $c\bar{c}$ ) ou  $\Upsilon$  ( $b\bar{b}$ ). En revanche ce phénomène n'influe pas sur la production inclusive de quarks lourds, qui fragmentent majoritairement en hadrons de saveurs ouvertes (p. ex. les mésons D et B). Au LHC, toutefois, la production abondante de quarks charmés pourrait néanmoins conduire à une recombinaison statistique de ces quarks dans le plasma, et donc à l'augmentation forte de la production de  $J/\psi$  dans ces collisions.

Frédéric a rappelé les nombreuses mesures de production de  $J/\psi$  dans les collisions d'ions lourds, auprès du SPS (collisions Pb–Pb à une énergie  $\sqrt{s} = 17$  GeV), de RHIC (Au–Au à  $\sqrt{s} = 200$  GeV) et du LHC (Pb–Pb à  $\sqrt{s} = 2,76$  TeV). Les données du SPS et RHIC sont compatibles avec un scénario de dissociation dû à l'écrantage de couleur dans le plasma, alors que les résultats du LHC semblent indiquer l'émergence de la recombinaison des quarks lourds à ces énergies. La production de charme est donc un indicateur sensible pour l'étude du plasma quarks-gluons, depuis le SPS jusqu'au LHC.

La décroissance radiative des états excités contribue de manière significative à la production totale de  $J/\psi$ , à hauteur de 30% pour les états  $\chi_c$  (1P) et 10% pour les états  $\psi'$  (2S). Ainsi, mesurer pour la première fois la production des états liés  $\chi_c$  permettrait de clarifier l'origine de la suppression de  $J/\psi$ . D'autre part, la température de dissociation des états  $\chi_c$ , différente de celle des états  $J/\psi$ , permettrait de mieux comprendre la dynamique des quarkonia dans le PQG.

L'intérêt de la mesure de production de  $\chi_c$  dans les collisions d'ions lourds a donc conduit Frédéric à déclarer une expression d'intérêt d'une nouvelle expérience, CHIC (Charm in Heavy-Ion Collisions), auprès du SPS Committee (SPSC). En juin 2013, le SPSC a reconnu la très forte motivation physique de cette expérience permettant de répondre à des questions centrales sur l'écrantage de couleur, encourageant l'écriture d'une lettre d'intention, qui n'a cependant pu voir le jour en raison du manque d'une collaboration internationale suffisante.

En janvier 2014, des premiers contacts ont été noués entre Frédéric et des membres de la collaboration LHCb pour un programme éventuel de collisions sur cibles fixes. Au cours de l'année 2014, une étude de faisabilité menée par Frédéric et Patrick Robbe (du LAL) a conduit à des résultats encourageants. En janvier 2015, la présentation du programme de physique a été très bien reçue par le groupe LHCb du LAL ce qui conduisit à la nomination de Frédéric en tant que membre de la collaboration LHCb en février. En avril, LHCb s'engage

dans un programme de collisions d'ions lourds au LHC, avec des premières prises de données en octobre.

LHCb pourra fonctionner en mode collisionneur (comme pour ALICE, ATLAS et CMS) avec des collisions p-Pb à  $\sqrt{s} = 5$  et 8 TeV et Pb-Pb à  $\sqrt{s} = 5$  TeV, mais également en mode cibles fixes au travers d'un programme baptisé SMOG (System for Measuring Overlap with Gas). Il s'agit de l'injection de gaz inertes (jusqu'au Xenon,  $A = 131$ ) à une pression de  $10^{-7}$  à  $10^{-6}$  mbar. SMOG permettra de réaliser des collisions p-A (plusieurs noyaux) à  $\sqrt{s} = 90$ –110 GeV et des collisions Pb-A à  $\sqrt{s} = 70$  GeV, et permettra ainsi de combler le fossé entre les mesures du SPS et de RHIC. Des premières données réelles ont déjà été obtenues après 27 mn de collisions Pb-Ar à  $\sqrt{s} = 54$  GeV (en 2013) puis 12 heures de collisions p-Ne en août 2015 permettant l'obtention d'un signal clair de la production de  $J/\psi$ .

En conclusion, Frédéric mentionne que LHCb et son programme SMOG pourrait permettre de couvrir le programme de physique de CHIC. Ainsi, environ 20.000  $J/\psi$  pourraient être produits en collisions p-Ar après 3 jours de données seulement. Il existe aussi une très forte synergie dans le partenariat entre le LAL, reconnu pour son expertise au sein de LHCb, et le LLR, reconnu pour son expertise des collisions d'ions lourds. À court terme, Frédéric aimerait travailler avec un postdoctorant expert dans LHCb (demandes faites auprès de P2IO et du CNRS) et proposer une thèse sur l'étude de l'écrantage de couleur avec SMOG-LHCb.

## Recommandations du CS

Le CS félicite Frédéric pour son implication au sein de LHCb et du programme SMOG.

Le CS rappelle que la mesure de production de quarkonium dans les collisions d'ions lourds relève d'une longue tradition au sein du laboratoire (NA3, NA38, NA50, PHENIX, CMS) dans laquelle s'inscrit ce projet. Le CS reconnaît qu'il existe une véritable fenêtre d'opportunité avec l'investissement de LHCb – qui possède d'exceptionnelles capacités de résolution et de détection – dans la physique des quarkonia dans les collisions d'ions lourds couplé à l'expertise de Frédéric, ouvrant la porte à des retombées scientifiques importantes.

Le CS soutient donc fortement ce projet et recommande la poursuite de ces travaux dans les trois années à venir.

# Astronomie gamma

## Point d'information sur CTA – Gérard Fontaine et Berrie Giebels

Gérard a présenté le consortium CTA (Cherenkov Telescope Array), composé de 194 instituts et 1281 membres. Les deux sites retenus sont La Palma dans les îles Canaries (Espagne) pour l'hémisphère Nord et Paranal au Chili pour l'hémisphère Sud. La phase de pré-construction est sur le point de s'achever, laissant place à la phase de construction. Le laboratoire est légèrement impliqué dans la gestion des données (data management) et beaucoup plus fortement dans NectarCAM. Deux scénarios sont actuellement évoqués pour le TGIR, s'étalant de 2016 à 2021 dans le premier cas et de 2017 à 2024 dans le second.

Ensuite, Berrie a présenté plus spécifiquement le projet NectarCAM, qui est un consortium regroupant 15 instituts dans 3 pays (Allemagne, Espagne, France) au sein de CTA. Il s'agit d'un détecteur (caméra) composé de 265 modules, permettant un champ de vue de  $8^\circ$ . Au niveau des ressources humaines, le départ de S. Rateau a été compensé à court terme par des contributions de R. Cornat et F. Magniette. Des contributions importantes en architecture mécanique (design et système de refroidissement), en assurance qualité et en calibration sont attendues bientôt en vue de préparer le Modèle de Qualification et la phase de construction. Berrie exprime son souhait que le groupe du LLR puisse reprendre une activité visible dans le groupe de travail Science où il a eu des contributions passées importantes.