

# Compte-rendu du CS du 1<sup>er</sup> juin 2017

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

## Ordre du jour

- Point d'information sur le projet HGCal – Christophe Ochando (30')
- Point d'information sur CTA – Stephen Fegan (30')
- Point d'information sur JUNO – Margherita Buizza-Avanzini (30')
- Le projet PÉPITES – Marc Verderi, Bruno Boyer, Christophe Thiébaux (60')

## Divers

- Une première discussion concerne les présentations en séance ouverte. Les membres du CS recommandent qu'à l'avenir, les présentations ouvertes soient suffisamment synthétiques pour être présentées sur environ une diapositive par minute. La communication des planches 48 heures à l'avance aux membres du CS s'est avérée très utile et appréciée. Cette pratique est instituée pour les réunions futures ;
- D'autre part, pour les prochaines sessions, chaque sujet principal (c'est-à-dire ne faisant pas l'objet d'un point d'information) se verra attribuer un ou deux rapporteurs internes au CS, qui seront chargés de regarder plus précisément le matériel présenté, qui devra leur être communiqué plus à l'avance. Ces rapporteurs exposeront oralement en séance fermée un avis succinct sur l'activité examinée ;
- Toutes les présentations des CS et leur compte-rendu sont disponibles sur le site <https://indico.in2p3.fr/category/653/> ;
- Le prochain CS aura lieu à l'automne 2017, entre le 9 et le 20 octobre ou en novembre.

# PÉPITES

## Présentation de PÉPITES – M. Verderi, B. Boyer, C. Thiébaux

Les activités du groupe PÉPITES sont présentées par Marc Verderi, Bruno Boyer et Christophe Thiébaux. L'attention des membres du conseil est attirée sur le fait que ces développements sont basés sur une technique innovante pour ce domaine, et qu'ils feront sans doute l'objet d'une déclaration d'invention et d'un dépôt de brevet. Pour cette raison, les transparents de la séance ouverte ne seront pas placés sur le site web public du CS, et la plus grande confidentialité est demandée aux spectateurs. Ce compte-rendu, nécessairement public, se doit également de taire les points techniques clés de ce développement ; il reste donc vague, à dessein.

Marc rappelle la genèse du projet, qui vise au développement de détecteurs de faisceaux de protons thérapeutiques. Le problème dans ce domaine est le budget de matière, qui doit être limité à  $15 \mu\text{m}$  équivalent-eau (WET : *water equivalent thickness*), afin de limiter la dispersion à environ 1 mm à la distance de 2 m. Les détecteurs doivent également être capables de supporter des doses intégrées allant de  $10^6$  à  $10^8$  Gy par an. La technologie explorée est très linéaire dans la gamme des intensités d'intérêt, et Marc en rappelle l'historique. La technique employée est très souple d'utilisation, ce qui permet de faire varier le substrat et la géométrie des pistes sensibles pour les adapter éventuellement à d'autres applications, d'autres types de faisceaux, d'autres intensités et d'autres énergies.

Bruno rappelle le principe de la protonthérapie, et montre les épaisseurs en équivalent-eau pour différentes épaisseurs de détecteur. Il présente les résultats de tests en faisceau (typiquement quelques heures de faisceau au total, compte tenu des contraintes liées à l'infrastructure utilisée), ainsi que les profils obtenus avec des protons ayant une énergie d'environ 56 MeV au niveau du détecteur, pour différentes valeurs de courant faisceau. Les résultats sont extrêmement encourageants, et le profil est même encore visible pour des valeurs de courant beaucoup plus faibles qu'attendues. Les réponses du détecteur montrent une excellente homogénéité pour toutes les pistes, pour les gammes de courant d'intérêt. Cette réponse est également comparée avec une technologie existante pour certaines valeurs de courant. Suivant la technologie utilisée pour les câbles, des défauts sont visibles, montrant qu'il s'agit là d'un point à contrôler minutieusement. Les mesures montrent également un rendement en fonction de l'énergie qui est constant sur 5 ordres de grandeur. Des tests sont prévus auprès d'une autre infrastructure avec des protons d'énergie supérieure.

Christophe présente ensuite le futur de cette activité. Les preuves de principe sont désormais obtenues. Il faut maintenant faire des études systématiques, ce qui peut prendre beaucoup de temps, compte-tenu de la difficulté d'irradier avec les bons faisceaux, qui nécessite d'accéder aux bonnes machines. L'idéal serait d'avoir un prototype fonctionnel sur un bon nombre de voies fonctionnant sur une machine. Pour cela, le bricolage à moindre frais n'est plus une option, et une demande de financement par l'ANR a été déposée, dont la proposition a été acceptée. Les rapports concernant cette proposition sont très favorables, et

la réponse est attendue mi-juillet. Cette demande est faite en collaboration avec le CEA – qui développe une électronique intégrée pour 8 voies, et ARRONAX. Elle est nécessairement très floue sur le plan technique, car elle est non-confidentielle, et comprend un postdoctorant au LLR et un pour le CEA. Les problèmes à étudier sont nombreux, notamment le couple (matériau des pistes)-(substrat), le signal et les dommages aux radiations, pour l'étude desquels une demande de financement pour la somme de 53k€ a été soumise auprès de P2IO, dont la réponse devrait être connue d'ici le milieu de l'été.

Le groupe désire maintenant aller vers un dépôt de déclaration d'invention et un dépôt de brevet. Il est rappelé qu'un brevet ne concerne pas une idée nouvelle, mais une solution technique nouvelle à un problème. Il convient donc de s'assurer que le prototype fonctionne et possède les qualités déclarées, sans quoi le brevet peut se trouver caduc. Par ailleurs, l'absence de brevet interdit toute forme de publicité, ce qui est en ce moment très handicapant pour le groupe. La rédaction de la déclaration d'invention est en cours, avec le service concerné de l'École (SR2PI). Tout doit ensuite passer par le service juridique du CNRS, avant d'aller à l'INPI pour le dépôt de brevet (France) proprement dit.

## Recommandations du CS

Il apparaît clairement que le principe de détection utilisé est validé et pourra être utilisé pour de multiples applications, dans des gammes d'énergie et d'intensité non accessibles aujourd'hui par d'autres technologies. Le CS félicite l'équipe pour le travail accompli, et se réjouit des résultats très prometteurs montrés ainsi que de la perspective de brevet qui en découle. La levée de la confidentialité ouvrirait la voie à publication, et permettrait aux chercheurs du groupe, et notamment aux plus jeunes, de valoriser leur expérience dans ce travail. Le CS recommande que l'équipe dépose le plus rapidement possible une déclaration d'invention. Le CS se demande si la limite exacte de tenue aux radiations du dispositif tel qu'il est conçu actuellement est réellement nécessaire pour entamer la procédure de dépôt de brevet. De ce fait, il demande à l'équipe de considérer la possibilité de commencer la procédure de dépôt d'un brevet exposant le principe physique utilisé et une partie des solutions techniques retenues, avant même d'avoir un prototype complètement abouti, s'inspirant ainsi de ce qui a été fait pour les profileurs CNAO. Le CS demande si la tenue aux radiations et d'autres aspects ne pourraient pas alors faire l'objet d'un second brevet. Le CS est préoccupé par le possible manque de personnel technique pouvant être impliqué dans ce projet à l'avenir.

## CMS

### Point d'information sur HGCal – C. Ochando

Christophe Ochando présente le point d'information sur HGCal (CMS). Il rappelle que HGCal est un calorimètre à échantillonnage basé sur des capteurs au silicium pour la partie

électromagnétique, et sur deux technologies pour la partie hadronique : silicium et scintilla-  
 teur. Ce détecteur s’inscrit dans le cadre des upgrades des expériences du LHC, destinés  
 à permettre la haute luminosité (3000 inverses femtobarns à la fin des expériences, soit un  
 facteur 10 par rapport à la phase 1 du LHC). Le *technical design report* doit être finalisé fin  
 2017, pour un examen par le LHCC autour de mi-2018. Le programme d’upgrades a reçu  
 un avis favorable des TGIR, et la somme demandée pour CMS-IN2P3 est de près de 20  
 M€, dont 7.6 M€ pour HGCal. A la suite de la décision de CMS en faveur du design *disks  
 and spacers*, la géométrie retenue est composée de cassettes liées entre elles et liées au cône  
 central de support. Le projet a été restructuré, et de nouvelles responsabilités sont proposées  
 pour le LLR. Dans cet organigramme, C. Ochando sera co-coordonateur pour le design des  
 cassettes, et Thomas Pierre-Émile sera « co-convenir » pour la partie *engineering* de la  
 partie électromagnétique. Dans cette proposition, le LLR aura vue complète concernant les  
 cassettes, la manière de les monter, le refroidissement, les interfaces avec les services, et les  
 liaisons des cassettes entre elles et avec le cône de support. Concernant le trigger de niveau  
 1, le LLR sera responsable du *trigger path* depuis le chip HGROC (en étroite collabora-  
 tion avec l’Oméga) à l’ASIC concentrateur (en collaboration avec FESB à Split), jusqu’aux  
 algorithmes de *clusterisation* et d’identification des électrons, gammas et taus. Christophe  
 montre des études d’efficacité d’algorithme de trigger, ainsi que des résultats concernant  
 la détermination de l’empilement à l’aide des informations longitudinales du calorimètre.  
 Concernant les tests en faisceau, Christophe présente le banc de test flexible du skiroc2cms,  
 basé sur les développements de CALICE, ainsi que les tests de carte *hexaboard* au LLR et au  
 CERN. La conclusion est que le projet est intéressant, bénéficie d’un fort soutien de l’in2p3,  
 et que le groupe demande le soutien du laboratoire pour les contributions et les responsabili-  
 tés proposées concernant le design mécanique des cassettes, l’engineering sur la partie E-Cal,  
 le trigger et les algorithmes de clustering et de sélection. Une CTRP est prévue le 19 juin.

## Recommandations du CS

Le CS considère comme très positives les responsabilités et la visibilité du LLR dans  
 le projet HGCal tel qu’il a été redéfini. Concernant la mécanique, le CS souhaite que ces  
 responsabilités puissent pleinement s’exercer pour orienter le design vers un détecteur op-  
 timal. Il faudra rester vigilant à la part de financement des TGIR dévolue à la mécanique.  
 Les ressources humaines disponibles au laboratoire devront également rester en adéquation  
 avec ces responsabilités. Pour ce qui est de l’électronique et du trigger, le CS apprécie la  
 qualité de la synergie développée avec Split, notamment pour les tests des chips, ainsi que  
 les développements concernant les algorithmes de clustering et de sélection.

# Astronomie gamma

## Point d'information sur CTA – S. Fegan

Stephen Fegan rappelle les grandes lignes du projet CTA, ainsi que les différents types de télescopes et de caméras. La caméra NectarCam est l'un des deux modèles de caméras qui concernent les télescopes de taille intermédiaire (MST). Cette caméra est développée en collaboration entre la France, l'Espagne et l'Allemagne. Le prototype devra équiper un télescope sur le site nord (La Palma, Canaries). La structure légale du consortium CTA n'est pas définitive, le but étant d'aller vers une structure de type ERIC (European Research Infrastructure Consortium). Les accords ont été signés l'an dernier avec le site de La Palma, et sont encore en discussion avec l'ESO pour le site sud (Paranal, Chili). Le financement total de CTA s'élève à 450 M€, dont 250 millions sont considérés comme étant le seuil à partir duquel la construction peut commencer. Actuellement, seuls 80% de ce seuil sont financés, les 52 millions restants étant supposés constituer la contribution de la France, qui n'est pas encore fermement attribuée, malgré l'avis favorable du Haut Comité des TGIR. Néanmoins, le développement de NectarCam n'est pas bloqué, grâce au financement obtenu auprès de P2IO, ce qui permettra la construction d'une caméra partiellement équipée qui constituera le modèle de qualification. Un sous-consortium a été constitué (MSTNorth), concernant les télescopes intermédiaires du site nord, et un *Memorandum of Understanding* est en cours d'élaboration. L'infrastructure pour MSTN sera prête mi-2019. La caméra du premier LST (télescope de petite taille) est très similaire à NectarCam. Cette similitude a été choisie de façon à mutualiser et optimiser les études de design. Stephen montre les études faites au LLR pour la mécanique de cette caméra, ainsi que les études menées sur la forme des signaux délivrés par les photomultiplicateurs. Le LLR est en effet responsable de la calibration. Rappelons que notre laboratoire est aussi responsable de l'assurance-qualité et de la documentation pour NectarCam (S. Pavy). Stephen montre la première détection de Markarian 421 avec une caméra basée sur la technologie employée pour NectarCam, mesure effectuée par HESS.

## Recommandations du CS

Concernant CTA, la précédente recommandation du CS concernant la visibilité des études de physique a été prise en compte par l'arrivée d'un post-doc au 1<sup>er</sup> janvier. Le CS salue l'excellent travail mené sur ce projet, en collaboration avec l'IRFU, l'INSU, et de nombreux laboratoires de l'IN2P3. Il apprécie la mutualisation des études entre NectarCam (MST) et les caméras LSTcam. Il recommande que les responsabilités correspondantes soient clairement indiquées dans le MoU qui sera signé pour le sous-consortium MSTN. Enfin le CS se réjouit que le board de la collaboration CTA ait décidé que la réunion plénière de CTA du printemps 2018 aura lieu à Paris-Saclay, organisée par l'IPNO, l'IRFU et le LLR.

# Neutrinos

## Point d'information sur JUNO – M. Buizza-Avanzini

Margherita Buizza-Avanzini présente le point d'information sur JUNO. Elle rappelle le principe de l'expérience, qui détectera les neutrinos provenant de diverses sources (cosmiques, solaires, géoneutrinos, etc.) ainsi que les anti-neutrinos provenant des réacteurs de Taishan et Yangjiang dans le but de déterminer la hiérarchie de masse. Cette mesure est basée sur la mesure précise de l'oscillation en fonction de l'énergie, qui impose une résolution en énergie de 3% à 1 MeV. Le percement des tunnels, en cours, a été retardé par de grandes quantités d'eau souterraine dont la présence n'avait pas été anticipée. Ces problèmes ont contraint la collaboration à faire appel à des entreprises plus spécialisées, et induit un délai de 6 mois dans les travaux. La profondeur sera également réduite d'environ 50 m, ce qui aura une petite incidence sur la mesure à cause du bruit de fond cosmique plus important.

La contribution du LLR porte sur plusieurs points : le trajectomètre supérieur (*Top Tracker*), le système de petits photomultiplicateurs, et d'éventuels cônes concentrateurs de lumière. Le Top Tracker, constitué des lattes de scintillateur récupérées de l'expérience OPERA, sera utilisé pour échantillonner les traces de muons cosmiques pouvant donner naissance, dans le détecteur central, à des isotopes radioactifs mimant l'interaction d'un antineutrino. Le LLR est chargé de la conception des cartes concentratrices de données pour ce détecteur (63 cartes), à partir des développements de la carte GDCC effectués pour le projet CALICE. Ces cartes liront les données en provenance d'une carte de numérisation, conçue par l'INFN en collaboration avec CAEN, qui recevra elle-même les données en provenance de la carte *Front-end* conçue par l'IPHC à partir du chip Omega/Maroc3. Le protocole de communication entre les cartes LLR et INFN sera basé sur ce qui a été fait pour CALICE, mais il y aura sans doute besoin de temps de développeur on-line pour finaliser cette partie, ainsi que pour le développement d'un banc de test. Les besoins sont estimés à environ 1 FTE sur deux ans. Margherita présente ensuite le système de double calorimétrie, basé sur l'ajout de petits photomultiplicateurs (PM) entre les grands tubes de 20 pouces initialement prévus. Les simulations ont permis de fixer le nombre optimal de petits PMs comme étant égal à 25000. L'appel d'offre correspondant pour la fourniture de ces petits PMs a été remporté par l'entreprise chinoise HZC. Des études de nouveaux canaux de physique accessibles avec ce système sont en cours. Margherita est co-coordinatrice des études concernant les petits PMs. Le dernier point abordé concerne l'ajout éventuel de cônes concentrateurs de lumière, comme cela a été fait par exemple pour les caméras de HESS, mais aussi sur d'autres expériences de neutrinos (Borexino, SNO, etc.) Si la collaboration devait utiliser des cônes concentrateurs de lumière, le groupe du LLR a étudié une possibilité en forme de couronne, lesquelles peuvent s'emboîter les unes dans les autres pour aboutir à une couverture proche de 100%, tout en occultant la partie de la photocathode qui possède les moins bons rendements. L'ajout de cônes n'a cependant pas été retenu par la collaboration, car le faible espace entre les PMs et la bonne uniformité des photocathodes les rend peu utiles.

## Recommandations du CS

Le CS reconnaît la qualité du travail effectué sur le concentrateur du Top Tracker. Il apprécie les responsabilités prises, et la visibilité des études sur l'impact des petits PMs sur la physique. Même si la collaboration n'a finalement pas retenu le possible ajout de cônes concentrateurs de lumière, le travail effectué sur les couronnes mérite d'être conduit jusqu'à une publication, et le CS encourage le groupe dans ce sens.