

# Compte-rendu du Conseil Scientifique du LLR du 9 Juin 2022

## Ordre du jour :

- PEPITES
- HK: proposition du LLR
- (Quantum) Machine Learning
- CTA
- LHCb-2 : Upgrades & LLR

## Divers :

Toutes les présentations sont disponibles sur le site :

<https://indico.in2p3.fr/event/27387/>

## Hyper Kamiokande (B. Quilain et al)

Benjamin présente le projet Hyper-Kamiokande (HK) et en rappelle d'abord son vaste programme de physique. Avec un démarrage prévu en 2027 et une masse fiducielle 8 fois supérieure à celle de SuperKamiokande (SK), HK permettra d'étudier précisément le flux de neutrinos solaires, d'améliorer les contraintes sur le temps de désintégration du proton ainsi que de mesurer les neutrinos reliques de supernovae. En outre, HK sera le détecteur de la nouvelle long baseline japonaise exploitant le faisceau de neutrinos de Tokai et permettra d'en étudier les oscillations. Le potentiel de découverte de la violation de CP dans le secteur des neutrinos, paramétré par la phase  $\delta_{CP}$ , est ainsi de cinq déviations standard ( $5\sigma$ ) après 2 à 4 années de prise de données, sous l'hypothèse d'une violation de CP maximale.

Benjamin présente ensuite la proposition de contribution française à HK portant sur l'électronique de lecture des PMT de HK : OMEGA se chargeant de l'ASIC, le LLR de la carte de digitisation et de slow control alors que l'IRFU et le LPNHE se concentre sur la distribution et la synchronisation des horloges.

La physique impose des contraintes sévères sur l'électronique : temps mort par canal inférieur à 1 microseconde, linéarité inférieure à 1% de 0 à 2500 fC, faible consommation (1 W / canal), etc... OMEGA a développé un nouvel ASIC (HKROC), basé sur l'ASIC du projet HGAL (HGCROC), en ré-utilisant de nombreux composants (ADC, PLL, TDC,...). Une première carte de digitization (v1) a été conçue et produite fin 2021, permettant la conduite de très nombreux tests : bruit, résolution du TDC, linéarité et résolution de la charge, temps mort, etc... atteignant ou dépassant les spécifications requises par le projet. Des sources de diaphonie ("cross-talk") ont cependant été identifiées. Elles ont été comprises et corrigées par

OMEGA, une nouvelle version de l'ASIC intégrant les modifications adéquates étant prévues pour Décembre 2022.

Ce projet est en concurrence avec des solutions japonaises (QTC digitizer) et italiennes ("discrete") et une revue des différentes options a déjà commencé au sein de la collaboration.

#### Recommandations :

Le CS réitère avec enthousiasme son soutien le plus fort à la participation du LLR à la collaboration HK, en cohérence avec les activités T2K/SK du laboratoire. Il rappelle que le projet proposé, en collaboration avec OMEGA et l'IRFU, est une opportunité en or qui permettrait de prendre un rôle central dans HK et de capitaliser sur l'expertise acquise au LLR dans le cadre de CALICE et de CMS-HGCAL.

Le CS tient à saluer l'intense implication du groupe neutrinos et des groupes techniques dans le développement d'un banc de tests permettant la mise en œuvre et la mesure des performances de l'ASIC HKROC. Etant donné que le problème de cross-talk constitue à l'heure actuelle une des raisons d'inquiétude, il semble au CS que la priorité doit être de convaincre la collaboration que le problème est complètement compris et peut être résolu.

En outre, il encourage le groupe à explorer rapidement les gains sur la physique que pourraient apporter les excellentes performances de HKROC afin de fournir des arguments supplémentaires, et peut-être décisifs, au comité de sélection de HK.

Enfin, le CS soutient la demande de recrutement d'un chercheur permanent afin de conserver un leadership dans la physique des oscillations sur T2K tout en maintenant un effort soutenu sur HK dans les années à venir.

### **Machine Learning (F. Magniette et al)**

Mené par Jean-Baptiste Sauvan et Frédéric Magniette, le groupe Machine Learning (ML) du LLR regroupe aujourd'hui une quinzaine de personnes d'horizons variés (CMS, SK, ingénieurs électroniques et informatiques) reflétant la diversité des applications. Notons cependant que la plupart de ces personnes sont aussi fortement impliquées sur d'autres projets et/ou n'occupent pas des postes permanents.

Au niveau IN2P3, le LLR est reconnu pour son expertise en ML au sein du groupe THINK, ainsi qu'au sein du nouveau master projet de l'IN2P3 : QC2I (Quantum computing des 2 infinis, projet lancé en 2021), pour lequel Frédéric Magniette est responsable de la thématique quantum machine learning.

Le groupe ML au LLR s'attèle à développer des techniques spécifiques à la physique des hautes énergies, tout en préparant la révolution quantique (s'appuyant

sur de premiers résultats forts encourageants) et à créer une culture commune entre les communautés physiciennes et IT. L'obtention de l'ANR OGCID par Frédéric Magniette va permettre de consolider les outils théoriques nécessaires aux applications ML dédiées à HEP et de fournir des bibliothèques de codes aux utilisateurs.

#### Recommandations :

Le CS salue la pertinence et les perspectives extrêmement prometteuses du groupe ML. Cependant, le CS note que le groupe repose fortement sur Frédéric Magniette et Jean-Baptiste Sauvan (CMS). **Il est donc essentiel de renforcer le groupe informatique en remplaçant les départs de Gilles Grasseau (printemps 2020) et Andrea Sartirana (hiver 2022) afin de consolider l'expertise ML au LLR et d'assurer la pérennité ainsi que la visibilité du groupe.**

### **CTA (S. Fegan et al)**

Le calendrier du projet CTA semble devenir de plus en plus ferme, au moins pour la partie Nord (sur le site de La Palma). Il le sera encore plus au premier trimestre 2023 lorsque l'ERIC (dont la proposition a été soumise à la Commission Européenne le 1er juin 2022) sera en place, avec en particulier la garantie des financements.

CTA-Nord prévoit 4 LSTs et 9 MSTs :

- fin 2023, les 4 LSTs et le premier MSTs seront installés à La Palma;
- en 2026-2027, les autres MSTs seront installés et la phase d'observation commencera.

Les MST sont équipés de la caméra NectarCam dont la mécanique a été conçue au LLR par Oscar Ferreira. Cette mécanique concerne non seulement l'enveloppe de la caméra mais aussi tous les éléments des sous-parties de la caméra. La documentation technique (~130 pages + 267 pages de plans de réalisation et assemblage) a été préparée par Oscar Ferreira, Sandrine Pavy et Vincent Leray (prestataire assurance-qualité) entre septembre 2021 et mars 2022. L'appel d'offres s'est terminé le 7 juin 2022. L'analyse des offres par la DR4 a commencé et sera bientôt suivie par l'analyse technique d'Oscar Ferreira.

Certaines des offres, provenant d'entreprises ayant déjà construit des éléments pour CTA (LSTs, MSTs ou SSTs), semblent tout à fait réalistes. Il faut probablement s'attendre à un surcoût d'environ 15%, ce qui semble raisonnable par rapport à l'augmentation du prix des matières premières.

Après que la première caméra de série sera livrée en avril 2023, il est prévu un rythme de fabrication d'une caméra tous les quatre mois et la livraison de la

dernière caméra en août 2025. Dans le cahier des charges technique, il est prévu des visites de réception pour chaque caméra, ainsi que pour les sous-éléments les plus importants, en plus de réunions mensuelles de suivi. Le coût de ces visites est prévu dans le financement TGIR.

L'intégration et la validation des caméras complètes (y compris l'électronique) est la responsabilité de l'IRFU. Malgré un manque de structure au niveau de l'organisation, le travail de commissioning bas niveau est partagé entre les différents laboratoires impliqués (principalement IRFU, IRAP, LPNHE et LLR). La contribution du LLR est le data monitoring. Stephen Fegan a développé un pipeline d'analyse de monitoring des données du banc test de la caméra.

Ce travail de monitoring est actuellement en cours sur la première caméra NectarCam. Il devra être fait sur les huit caméras à venir et donc suivre le rythme de livraison (une tous les quatre mois) et sera mené en parallèle avec la préparation du commissioning des premières données Cherenkov.

Le groupe est impliqué dans la préparation de l'exploitation scientifique des données. D'une part, Rémi Adam a développé l'étude de l'émission gamma des clusters de galaxie (modélisation, simulations, analyses dédiées). D'autre part, Halim Ashkar (postdoctorant depuis fin 2021) travaille sur l'optimisation de la stratégie de suivi et sur l'analyse des ondes gravitationnelles. Il est à noter que Deirdre Horan, en plus de sa responsabilité de co-chair du Speakers and Publication Office de CTA, est une des deux personnes qui mettent à jour TeVCat, le catalogue des sources au TeV, qui sera un outil important dans le cadre de CTA.

#### Recommandations :

Le CS félicite Oscar Ferreira et Sandrine Pavy pour leur travail de préparation de la documentation pour l'appel d'offres.

En ce qui concerne l'exploitation des données scientifiques de CTA, le CS ne peut que regretter le départ à court/moyen terme de Rémi Adam. Cela pose la question du suivi de son excellent travail sur les clusters de galaxies. Le CS comprend que le choix du groupe n'est pas facile et soutient sa décision de se concentrer sur l'activité multi-messagers sur les transients (GRBs, AGN) menée au laboratoire depuis de nombreuses années.

Le CS soutient la demande d'un doctorant ou post-doctorant qui permettra de renforcer la préparation de la science multi-messagers et de contribuer également au travail de commissioning des caméras.

## **PEPITES (C. Thiébaux, M. Verderi et al)**

L'ANR PEPITES se termine le 30/06/2022. Les derniers six mois ont été denses : livraison de la carte PEPITAS (développée par le CEA/DEDIP) et test d'irradiation à ARRONAX en février, livraison du harnais en avril et premier test faisceau à ARRONAX en mai-juin. Les résultats des premières données démontrent que les objectifs de PEPITES ont été atteints avec succès. PEPITES est installé définitivement à ARRONAX. Le groupe va suivre son comportement pendant au moins les 6 mois qui viennent, ce qui implique des frais de mission. Il est prévu également de monter PEPITES-NOMADE (un clone de PEPITES) dont le financement a été assuré en très grande partie par l'ANR.

L'activité future du groupe a potentiellement deux volets. Le premier correspond aux développements liés à l'adaptation de PEPITES à la thérapie FLASH, incluant une mesure de la dosimétrie, et le second serait la conséquence de l'intérêt de CNAO (Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica à Pavie) pour PEPITES.

La thérapie FLASH fait l'objet de plus en plus d'intérêt dans la recherche de traitement contre le cancer (premiers essais cliniques en cours aux US). Il s'agit d'appliquer la dose en moins de 100ms au lieu de quelques minutes pour les thérapies classiques. Le principe de fonctionnement de PEPITES est tel qu'il est une solution idéale pour monitorer ce type de faisceau, mais le changement de longueur de pulse implique d'adapter l'électronique. La thérapie FLASH pose également un problème pour la dosimétrie et là aussi la technologie basée sur l'émission d'électrons secondaires est une excellente solution. Le groupe a donc commencé à travailler sur PEPITES-FLASH, un profileur de faisceau compatible avec la thérapie FLASH, et sur SPLIF, un prototype de dosimètre (AVEC LE SOUTIEN financier du LLR).

Pour ce qui est du volet CNAO, le groupe a eu une réunion avec CNAO vendredi 10 juin, le lendemain du CS. CNAO est très intéressé par PEPITES et le groupe est aussi très intéressé par un accord avec CNAO. L'idée serait tout d'abord de tester PEPITES-NOMADE sur une ligne test. La configuration envisagée est de mettre PEPITES à 6.5m de la position du patient et non pas 2m. Cela implique donc de vérifier l'effet de la diffusion du faisceau. Une possibilité de développement serait de diminuer l'épaisseur du détecteur pour limiter la diffusion.

### Recommandations :

Le CS félicite tous les acteurs du projet pour le succès de PEPITES.

En ce qui concerne les développements pour la thérapie FLASH, le CS encourage le groupe à renforcer la collaboration avec ses partenaires (CEA, Institut Curie d'Orsay, ARRONAX) afin de déposer une demande ANR pour la campagne 2023. Le CS se rend compte que la difficulté est de chiffrer rapidement la demande avec une précision suffisante (la demande de la proposition finale est contrainte d'être à +/-10% de celle de la pré-proposition attendue en septembre 2022). Le CS pense que le soutien financier demandé à l'IN2P3 en 2023 est tout à fait légitime et permettrait au groupe de continuer son activité avant qu'un financement de type ANR commence.

Le CS partage l'étonnement du groupe PEPITES par rapport à la façon dont l'IN2P3 a discuté avec CNAO. En effet, le groupe n'a pas été clairement impliqué dans cette discussion et n'a appris que récemment la finalisation d'un accord de collaboration. Le CS encourage donc le groupe ainsi que la direction du laboratoire à clarifier la situation auprès de la direction de l'IN2P3 afin que le groupe puisse décider de son implication potentielle.

### **LHCb (F. Fleuret et al)**

Le groupe a présenté une proposition de participation du laboratoire à l'upgrade du tracker UT2 de LHCb. Ce tracker doit être remplacé par 4 plans de silicium, formé de CMOS Maps. Ces plans représentent une surface totale de 9,4 m<sup>2</sup>.

Le consortium qui se constitue autour du projet est constitué de laboratoires de l'IN2P3 (LLR, LPNHE, Subatech) et de l'IRFU. Six laboratoires chinois sont également engagés. Des laboratoires américains se joindront peut-être à ce consortium.

Le planning prévisionnel serait d'établir un TDR pour 2025-26 suivi d'une phase de construction entre 2026 et 2032, avec un installation en 2033-34 afin que le dispositif soit prêt pour les runs 5 et 6 à partir de 2035.

Le coût total de l'opération est évalué à 8,850 kCHF.

Le groupe LHCb propose que le LLR s'implique dans la conception et la construction de bancs test, ainsi que dans la caractérisation des prototypes. La partie bancs test serait menée en collaboration avec l'IRFU.

Le groupe demande une thèse pour l'analyse et la caractérisation, une fraction d'IT électronicien (0.5% FTE en moyenne sur 4 ans) ainsi qu'un CRCN.

## Recommandations :

La possibilité d'accéder au troisième palier de suppression de  $J/\psi$  (suppression directe, après celle du  $X_c \rightarrow j/\psi$ ) et donc, in fine, de tester de manière non-ambiguë la suppression séquentielle des quarkonia comme manifestation du mécanisme d'écrantage de couleur ne sera ouverte qu'avec l'étude de collisions PbXe, au Run 5 du LHC.

Le CS réitère donc son soutien fort à la participation du LLR dans l'upgrade de l'Upstream Tracker pour cette période de prise de données et salue la clarification du groupe quant à son implication et son souhait de se focaliser sur une contribution en électronique.

Le CS juge très pertinent le projet proposé, basé sur l'expertise reconnue des groupes techniques du LLR dans la caractérisation et l'étude de performances des capteurs et ASICS de lecture associés.

Il souligne que les ressources demandées par le groupe sont très faibles par rapport au positionnement très favorable qu'il peut apporter au laboratoire dans l'expérience.

Le CS soutient donc la demande de renforcer cette activité par le recrutement d'un IT électronicien. En outre, le CS encourage le groupe à demander un soutien de la part de l'Ecole Polytechnique.