

# Compte-rendu du Conseil Scientifique du LLR du 20 Octobre 2022

## Ordre du jour :

- HK : follow-up
- Futurs collisionneurs : CALICE, FCC-ee

## Divers :

Toutes les présentations sont disponibles sur le site :  
<https://indico.in2p3.fr/event/28104/>

## Hyper Kamiokande: follow-up (B. Quilain et al)

L'expérience HK est en préparation pour un démarrage en 2027, avec une masse sensible équivalente à 8 fois celle de SK et un potentiel de découverte de la violation de CP dans le secteur des neutrinos, paramétré par la variable  $\delta_{CP}$ , avec une signifiante de cinq déviations standard ( $5\sigma$ ) après 2 à 4 années de prise de données, sous l'hypothèse d'une violation de CP maximale. HK effectuera donc très probablement cette découverte avant ses compétiteurs. La préparation procède nominalement, et en particulier la production et les tests des photo-multiplicateurs (PMT) et l'excavation des tunnels.

La communauté française a proposé de prendre en charge la conception, la production et la mise en œuvre des cartes de digitisation du signal (charge et temps), destinées à être immergées au plus près des PMT, c'est à dire dans des boîtes sous l'eau, (par comparaison avec les expériences neutrino précédentes). Dans cette approche, le signal est digitisé à une cadence de 40 MHz par un chip maison appelé HKROC. Un premier prototype (v1) reçu fin 2021 a été testé lors des 6 premiers mois de 2022, atteignant ou dépassant l'ensemble des spécifications qui avaient été demandées, en ce qui concerne le seuil, le très bas taux de bruit de fond et l'efficacité au seuil, la linéarité, la résolution de la mesure de la charge, et surtout le temps mort.

Le temps mort est mesuré à 30 ns, avec une possibilité de le réduire à 10 ns, alors que la spécification était un temps mort inférieur à 1  $\mu$ s. La valeur du temps mort dans ce type d'expérience est critique en particulier pour la détermination de la hiérarchie de masse des neutrinos, la distinction entre  $\nu_e$  et  $\bar{\nu}_e$  reposant sur leur comportement différent à la traversée de la Terre qui contient, pense-t-on, beaucoup plus d'électrons que de positrons : la mesure des électrons produits par une désintégration « retardée » de hadrons peu après une interaction principale est

critique ; le faible temps mort du HKROC permet d'en augmenter l'efficacité de détection de 68 % à 98 %. De même, le temps de vol est un outil puissant de sélection des photons directs et de rejet des photons ayant diffusé sur les parois : un temps mort faible permet de détecter un photon diffusé qui se cacherait derrière le signal d'un photon direct (ce qui concerne à peu près la moitié des PMT s!). Le même effet de photons diffusés furtifs affecte la mesure en énergie, et donc le spectre en énergie des neutrinos, biaisant directement la mesure de  $\delta_{CP}$ . Enfin, la mesure de toute production concomitante d'un grand nombre de neutrinos, comme l'explosion d'une supernova, dépend directement de la capacité à acquérir des données à faible temps mort.

Une faible diaphonie entre canaux a été mesurée sur  $\nu_1$  (0.02%), sa provenance a été identifiée et corrigée (réduite d'un facteur 100, pense-t-on) pour  $\nu_2$  dont la livraison est prévue en novembre 2022.

### Recommandations :

Le conseil scientifique (CS) du LLR **félicite** la communauté française et tout particulièrement les agents du Laboratoire pour ces résultats brillants.

Le CS **regrette**, cependant, que lors d'une décision récente la direction de l'expérience ait sélectionné un projet concurrent.

Benjamin a présenté les plans de la communauté française pour faire face à cette situation, avec dans un premier temps la finalisation du projet incluant la caractérisation du chip HKROC v2, des cartes, et la publication des résultats.

Benjamin a évoqué enfin plusieurs possibilités pour le LLR de contribuer d'autre(s) façon(s) à la préparation de l'expérience HK, avec un intérêt particulier pour le développement d'une partie du calcul « TIER 1 » en France. Le CS **approuve** ces plans, et encourage le groupe à dépasser un échec ponctuel et à faire le meilleur usage possible de la compétence spécifique développée par les neutrinistes et les services techniques du Laboratoire. Ce  $\delta_{CP}$ , probablement le dernier recoin du modèle standard à résister à la mesure, est bientôt à portée !

## **Futurs collisionneurs : CALICE, FCC-ee (V. Boudry, J. Nanni, R. Salerno)**

En 2020, l'European Strategy for Particle Physics (ESPP) a exprimé les priorités collisionneurs : la plus haute priorité est sur un collisionneur  $e^+e^-$  pour sonder la physique du Higgs avec précision. A plus long terme, l'ESPP vise à réaliser un collisionneur  $p-p$  à la plus haute énergie possible. Ces deux projets sont composants du projet Futur Circular Collider (FCC). Afin de parvenir à ces objectifs, l'ESPP a proposé le calendrier suivant : une **étude de faisabilités de ces deux**

**projets de 2020 à 2025**, suivi par une **consolidation jusqu'à 2030**, date à laquelle devrait commencer la construction.

Parmi les différentes études de faisabilité, les équipes du LLR proposent d'avoir un rôle prépondérant dans l'aspect détecteur, ainsi que l'étude du potentiel de physique. Ces deux aspects sont en totale synergie et en continuité avec les spécificités du laboratoire, que ce soit au niveau de la physique (CMS, ILC) ou de la construction de détecteurs (CALICE, CMS-HGCAL). Plus généralement, ce projet s'inscrit dans la longue histoire de l'expertise mondiale du laboratoire dans la physique auprès des collisionneurs.

Pour réaliser ces études de sensibilité, le groupe propose deux axes de travail:

1. Le développement d'études de sensibilité sur des aspects de physique clefs de l'expérience. Durant les derniers mois, une étude a été menée sur la sensibilité à l'auto-couplage du Higgs. Les premiers résultats probants doivent maintenant être utilisés comme première variable d'optimisation du *design* d'un futur détecteur pour FCC-ee, nécessitant ainsi une simulation générique de potentiels détecteurs candidats.
2. Le développement d'une simulation de détecteurs. Cela entre en synergie avec le travail déjà effectué sur le concept de détecteurs CALICE.

Les présentations CALICE étaient séparées en deux parties : une première montrant les progrès accomplis sur le système d'acquisition, une seconde discutant des applications futures dont FCC-ee.

Concernant l'aspect technique, l'accent a été mis sur les améliorations récentes des cartes d'acquisition des Silicon Wafers. En particulier, il avait été constaté, sur les tests en faisceau de 2018, une variation de la valeur de la MIP en fonction de la position de la carte dans le slab long. Cela avait été identifié comme le résultat d'une chute de tension le long du slab. Par ailleurs, une perte relative d'intégrité de l'horloge avait été observée. Afin de solutionner ces problèmes, le groupe d'électronique du LLR a désigné une nouvelle carte - la FEV 2.0 - qui est revenue de production en 2021, et a été testée en faisceau. Le groupe a observé la résolution des problèmes soulevés ci-dessus. Cependant, il a été soulevé des problèmes résiduels, qui consistent principalement en le décollage des Wafers avec le temps. Le groupe propose de lancer la fabrication du SLAB long avant fin 2022, et de réaliser l'identification des problèmes de décollement des wafers avant fin 2023.

Des plans sont ensuite présentés pour les années à venir concernant la construction et l'utilisation de nouveaux prototypes de calorimètre Si-W. Outre le slab long évoqué, la construction de plusieurs "stacks" complets (jusqu'à 24 couches) est évoqué, avec des mises en faisceaux à DESY ou au CERN pour la fin 2023 ou début 2024. L'utilisation d'un de ces "stacks" est aussi mentionné pour le compte d'expériences recherchant les "dark photons", comme LUXE auprès de XFEL, en 2025.

Finalement, des considérations portant sur le portage et l'optimisation d'un calorimètre Si-W inspiré de CALICE mais adapté à FCC-ee sont discutées.

#### Recommandations :

Le CS félicite le groupe CALICE, pour les avancées en terme de conception de cartes, dont les résultats diffuseront pour la plupart des futurs projets. Le CS félicite également la volonté du groupe de réorienter l'activité CALICE vers le projet FCC-ee, à la suite du délaissement relatif du projet ILC au Japon. Dans cette perspective, le CS invite le groupe FCC/CALICE à recentrer ses efforts sur le futur détecteur pour FCC-ee en s'appuyant sur les développements CALICE/ILD réalisés jusqu'ici. La synergie potentielle entre les deux projets pourrait maximiser l'impact des développements du laboratoire depuis 15 ans, dans FCC. Cependant, cette synergie n'est pas directement évidente, tant les problématiques thermiques, mais également en terme de physique, peuvent s'avérer différentes entre FCC et ILC. Par ailleurs, les technologies utilisées sur CALICE nécessitent une mise à jour du fait du simple passage du temps (obsolescence de l'AMS 350  $\mu\text{m}$  etc.), qui nécessiteront de fait une R&D de plusieurs années afin de porter le travail de CALICE sur FCC-ee. Ainsi, plus l'étude de la synergie sera repoussée, et moins la possibilité de porter les développements de CALICE dans le futur détecteur de FCC-ee sera évidente.

Le CS voit dans FCC-ee la possibilité de sublimer l'intense travail de R&D réalisé par le groupe CALICE et électronique du laboratoire sur les détecteurs ultra-granulaires depuis 15 ans. Du fait de cet excellent travail, la plupart des problématiques concernant l'acquisition sur CALICE ont été brillamment résolues par le groupe (Kapton, carte FEV 2.0...), et les problématiques restantes n'apparaissent pas comme forcément nécessaires pour le détecteur du futur FCC-ee. Ce faisant, le CS invite le groupe FCC/CALICE à mettre dès 2023 toute l'expertise accumulée sur les détecteurs ultra-granulaires dans le portage vers FCC-ee, afin de maximiser la synergie entre CALICE et FCC, et d'assurer au groupe de physique et au laboratoire une place de leader dans la physique des collisionneurs des prochaines décennies.