Rapport d'activités : Juillet 2017 – Décembre 2019

Intitulé de l'équipe
Neutrino

Membres de l'équipe

Bernard Andrieu
Simon Bienstock
Alain Blondel
William Ceria
Jacques Dumarchez
Claudio Giganti
Mathieu Guigue
Jean-Michel Levy
Viet Nguyen
Yann Orain
Jean-Marc Parraud
Matej Pavin
Julien Philippe
Eric Pierre
Boris Popov
Ciro Riccio
Stefano Russo
Diego Terront
François Toussenel
Marco Zito

Les faits, résultats et réalisations marquant(e)s

Janvier 2019:
publication de la mesure de la mesure de la production de hadrons sur une cible réplique de celle de T2K par la collaboration NA61/SHINE:
ces résultats ont permis la réduction des incertitudes sur le flux de (anti-)neutrinos dans T2K au niveau de 5%, un niveau jamais atteint jusque là dans une expérience de neutrinos sur accélérateur.

Octobre 2019:
Obtention d'une contrainte à 3 sigmas sur la phase de violation de CP dans les oscillations de neutrinos par l'expérience T2K

Décembre 2019:
Décision du gouvernement japonais d'approuver le projet Hyper-Kamiokande

Chiffres clés

T2K a accumulé $3x10^{21}$ protons sur cible en mai 2019

T2K-II: 2 millions de cubes scintillants comme nouvelle cible pour les neutrinos

HK: 260 000 tonnes d'eau pour la nouvelle génération de détecteur Cherenkov à eau

Titre de l'article dans le rapport d'activités

De T2K à HK : mesures de précision des paramètres d'oscillation de neutrinos
De T2K à HK : la quête de la violation de CP dans le secteur leptonique

Mathieu Guigue 16/2/y 20:54
Supprimé: M

Mathieu Guigue 16/2/y 20:54
Supprimé: : de T2K à HK

Rapport d'activités

Le groupe neutrino du LPNHE, engagé dans l'expérience T2K depuis 2006, continue à participer activement à l'expérience en veillant au bon fonctionnement du détecteur proche ND280, au développement du software, au calibrage et à l'analyse des données ainsi qu'à la préparation des publications. Le groupe joue aussi un rôle clé dans le projet d'amélioration de ND280 ainsi que dans la partie 'neutrinos' de l'expérience NA61/SHINE.

Dans l'expérience T2K, installée au Japon, un faisceau de neutrinos ou d'antineutrinos de type muonique est produit au centre de recherche J-PARC (Tokai), sur la côte Est du Japon et envoyé en direction du gigantesque détecteur souterrain Super-Kamiokande (SK), 295 km plus loin. De très importants résultats ont été obtenus et publiés ces dernières années. Ils concernent en particulier la première mise en évidence d'une apparition de neutrinos électroniques dans un faisceau de neutrinos muoniques. Malgré une intensité de faisceau encore éloignée de l'intensité nominale (500 kW vs 750 kW), la collaboration accumule des données depuis plusieurs années en neutrinos et anti-neutrinos alternativement et en combinant récemment les analyses d'apparition de neutrinos et d'antineutrinos électroniques ainsi que les analyses de disparition des neutrinos et antineutrinos muoniques, la collaboration a été à même de publier dans 'Nature' des résultats excluant certaines zones de l'ensemble des valeurs possibles de delta_CP (cf. Fig. 1) à trois écarts-standard: δ_{CP} est le paramètre mesurant le degré de violation de la symétrie CP. La valeur qui ajuste au mieux ce paramètre est proche de $-\pi/2$, correspondant à une violation maximale de CP. Pour affiner ce résultat, il ne suffit pas de continuer à accumuler des données. Les limitations identifiées des détecteurs actuels se traduisent en effet par des incertitudes systématiques dominantes et elles ont conduit la collaboration à s'engager dans un programme d'amélioration majeur du détecteur proche ND280. Cet 'upgrade' va consister à introduire une nouvelle cible pour les neutrinos, constituée de 2 millions de cubes scintillants d'1 cm^3 et à compléter l'acceptance à grand angle en installant deux nouvelles chambres à projection temporelle (HA-TPC). Dans ce cadre-là, le groupe joue un rôle de coordination et contribue au développement et à la production de l'électronique de lecture des nouvelles TPC. Les premières maquettes de cartes de front-end, n'intégrant que quelques fonctionnalités ciblées, ont été réalisées et testées en 2019, afin notamment de valider le choix d'une nouvelle connectique : liaisons carte à carte par connecteurs à technologie "flottante". Suite à cette validation, les premiers prototypes entièrement fonctionnels ont été fabriqués fin 2019. Les tests réalisés début de l'année 2020, en

Jacques Dumarchez 17/2/y 12:56
Supprimé: e

collaboration avec l'Irfu-Saclay, ont donné des résultats extrêmement positifs en vue du lancement de la production des 80 cartes prévu fin 2020 pour l'upgrade du détecteur.

En parallèle, le groupe contribue également de manière active sur deux autres aspects de cet upgrade : d'une part au développement du software de contrôle-commandes qui servira à monitorer le détecteur, d'autre part à la définition des modifications mécaniques devant être apportées au berceau du détecteur ND280, incluant la problématique des contraintes sismiques inhérentes au lieu d'implantation de l'expérience. L'installation de la nouvelle version du détecteur ND280 aura lieu en 2021, parallèlement à la rénovation du complexe d'accélérateurs de J-PARC destinée à augmenter significativement l'intensité des faisceaux de neutrinos à 750 kW, puis 1 MW et à plus long terme 1.3 MW. L'expérience projette d'accumuler au moins 10^{22} protons sur cible avant 2026 et la mise en service du détecteur de nouvelle génération Hyper-Kamiokande. Cette expérience, appelée T2K-II, bénéficiera donc de la réduction des incertitudes systématiques liées au détecteur proche, mais elle bénéficiera aussi des avancées de l'expérience NA61/SHINE à laquelle le groupe contribue aussi: utilisant une réplique de la cible de T2K, NA61/SHINE a publié récemment de nouveaux résultats de hadroproduction d'une grande importance pour arriver à réduire les incertitudes sur les flux de (anti-)neutrinos dans T2K aux environs de 5%, valeur sans précédent pour des neutrinos d'accélérateur. Outre les paramètres d'oscillation, cette réduction est également importante pour une mesure précise des sections efficaces d'interaction des neutrinos.

La sensibilité de T2K-II devrait permettre de mesurer une violation de CP à 3 sigmas si celle-ci était maximale ($\delta_{CP} = -\pi/2$), mais une vraie découverte (à 5 sigmas) nécessitera le recours à une nouvelle génération d'expérience d'oscillation de neutrinos à grande distance: Hyper-Kamiokande.

Le projet HK (Fig.2) a reçu fin 2019 l'approbation du gouvernement japonais et la collaboration se structure pour démarrer la construction dès 2020. Outre qu'il s'agira du détecteur le plus sensible pour la mesure de la violation de CP, Hyper-Kamiokande, avec 8 fois plus de masse fiducielle que SK, sera aussi un observatoire unique pour l'étude de neutrinos de sources astrophysiques et pour celle de la désintégration du proton. Le groupe du LPNHE a déjà défini des contributions techniques potentielles à l'expérience et démarre une phase de R&D pour 2020-2021. Une des contributions serait le développement d'un système de distribution d'horloge et de synchronisation pour un ensemble pouvant compter jusqu'à 40000 photomultiplicateurs, système qui permettra de réduire l'incertitude temporelle à moins d'une nanoseconde. Cette maîtrise de la certification du temps est un atout majeur pour les études astrophysiques dites en multi-longueur d'onde, menée conjointement avec d'autres observatoires, comme ceux de l'astronomie gamma, CTA par exemple dans lequel une autre équipe du LPNHE est engagée.

Le nouveau détecteur lointain d'Hyper-Kamiokande sera aussi équipé de modules composés de plusieurs photomultiplicateurs de plus petite taille (mPMT) à hauteur de plusieurs milliers. L'intégration de tels détecteurs avec un seuil en détection plus faible et une meilleure reconstruction temporelle permettra d'améliorer la détection des neutrinos de plus faible énergie comme les neutrinos de supernovae ou bien les neutrinos solaires. Une étape importante pour le développement des prototypes de ces modules est la caractérisation de leurs performances dans l'eau. Pour réaliser ces mesures, l'installation Memphyno à l'APC est mise à contribution ; ce dispositif est composé d'une cuve à eau de 8 m^3 pouvant accueillir plusieurs mPMTs et de deux plans

Jacques Dumarchez 17/2/y 17:10
Supprimé: Les premiers prototypes des cartes de front-end ont déjà été fabriqués et testés.

Jacques Dumarchez 17/2/y 12:52
Supprimé: de détecter

de scintillateurs permettant de détecter le passage de muons cosmiques. Un soutien obtenu de la part de Sorbonne Unversité nous permettra d'accueillir plusieurs prototypes. Des mesures ont d'ailleurs déjà été effectuées fin 2019 avec un prototype italien et ont permis de produire des premières caractérisations de ce prototype.

Jacques Dumarchez 17/2/y 12:54
Supprimé: ;

Jacques Dumarchez 17/2/y 12:55
Supprimé: d

Jacques Dumarchez 17/2/y 12:56
Supprimé: ont d'ailleurs été effectuées fin 2019