

Compte rendu de la session à huis-clos du CSTS de l'Irfu/SPP du 17 juin 2013

Président : Ch. Yèche (SPP).

Secrétaire : F. Couderc (SPP).

Présents : F. Ardellier (chef du SIS), U. Bassler (chef du SPP), F. Bauer (SPP, par téléphone), Ph. Bloch (CERN), G. Chardin (DAS de l'IN2P3), Ph. Chomaz (chef de l'Irfu), Y. Déclais (IN2P3, rapporteur pour Laguna), F. Déliot (SPP, rapporteur pour Laguna), J. Dumarchez (LPNHE), A. Giuliani (CSNSM), J.F. Glicenstein (SPP), Y. Kariotakis (LAPP), E. Mazzucato (SPP), M. Mur (chef du Sédi), N. Palanque-Delabrouille (SPP), Ph. Rebourgeard (adjoint au chef de l'Irfu), T. Suomijarvi (IPNO, rapporteur pour CTA), B. Vallage (SPP, rapporteur pour CTA), D. Vilanova (adjoint au chef du SPP).

Le conseil scientifique et technique de l'Irfu/SPP s'est réuni ce jour pour une revue des projets CTA et LBNO/Laguna. Lors de la session publique, ces deux projets ont été présentés, de plus des points d'information sur la stratégie scientifique du SPP et les récents développements de l'expérience CeLAND ont été exposés.

1 Projet CTA au SPP

Le projet CTA (Cherenkov Telescope Array) s'impose comme l'expérience phare de l'astronomie gamma dans la prochaine décennie. Il fait suite aux projets Hess, Magic et Veritas et comme eux utilise l'atmosphère comme calorimètre en vue de détecter des rayons gamma de haute énergie. Le principe est bien éprouvé : les rayons gamma de haute énergie produisent, en heurtant la haute atmosphère, une gerbe de particules chargées ultra-relativistes qui émettent de la lumière Cherenkov détectée au sol par plusieurs télescopes. Le projet CTA prévoit de déployer en principe sur deux sites (dans l'hémisphère sud et dans l'hémisphère nord) un réseau de télescopes de trois tailles : 6 m (SST), 12 m (MST), 23 m (LST). L'importance physique de ce projet est d'ores et déjà bien établie et n'a pas été discutée. Il s'agit par ailleurs d'un projet dont la phase d'étude, est soutenue par le programme européen FP7.

Le consortium CTA regroupe environ 1200 physiciens ; il s'agit d'une collaboration de très grande taille, dans laquelle acquérir une bonne visibilité nécessite de participer activement à l'élaboration et à la réalisation de l'instrument. Plusieurs services de l'Irfu sont engagés : SAp, Sédi, SIS, SPP. Pour le SPP, les contributions techniques envisagées sont multiples : conception et réalisation des miroirs des MST et de la caméra NectarCAM qui équipera également les MST.

Miroirs des MST

Une partie du groupe s'est lancée dans la conception et la fabrication de miroirs pour les MST. De par leur grande taille (1.2 m de diamètre), ces miroirs ne peuvent être réalisés en verre massif. Le groupe du SPP a opté pour une solution consistant en un sandwich nid d'abeille - plaques de fibre de verre, une des faces étant creuse afin de recevoir l'aluminisation. Le CSTS félicite le groupe pour la conduite exemplaire de ce projet. Tout d'abord, la conception satisfait au cahier des charges établi par CTA, tant au niveau des caractéristiques techniques que des coûts de production estimés.

Il semble par ailleurs que les problèmes de craquelures sur les bords des miroirs soient maintenant résolus. Le CSTS note néanmoins que des tests supplémentaires de tenue au vieillissement seraient souhaitables. Ensuite, le banc de test des miroirs construit à Saclay permet de caractériser de façon rapide et systématique les miroirs, y compris ceux de la concurrence et devrait être adaptable à une chaîne de production industrielle. Enfin, le partenariat développé avec la PME bretonne Kerdry est bien avancé et la société est impliquée et réactive, un transfert de technologie a été signé en 2011. Pour la production de masse, elle prévoit d'augmenter ses effectifs et un projet ANR commun Kerdry-Irfu (LabCom) a été déposé pour étudier la pérennisation de ces emplois (concentration solaire ou astronomie amateur).

Les performances techniques des miroirs conçus au SPP sont équivalentes à celles des meilleurs miroirs de la concurrence, en particulier italienne (INAF, Brera), et la France devrait ainsi pouvoir prétendre à la fabrication d'une partie des miroirs des MST. La prochaine étape consiste à réaliser une série d'une centaine de miroirs, ce que le CSTS encourage vivement. Cette série pourrait être financée en partie par la région Bretagne. Néanmoins, le CSTS souligne qu'une plus petite série d'une cinquantaine de miroirs pourrait suffire à estimer la reproductibilité des performances obtenues dans la production en série et ainsi minimiserait les coûts.

Projet NectarCAM

La deuxième activité du groupe repose sur le développement d'un concept de caméra pour les MST, nommé NectarCAM. Il s'agit d'une caméra à grand champ (8 degrés) composée de l'ordre de 1800 pixels regroupés en 250 modules. Les données sont lues et numérisées par la puce NECTAR développée à l'Irfu. Contrairement au projet des miroirs, purement Irfu, la NectarCAM est développée en collaboration par une dizaine de laboratoires (France-Espagne-Allemagne). Bien que la collaboration soit bien structurée, il a semblé au CSTS qu'une collaboration avec autant de groupes pouvait parfois ralentir les développements en raison de l'éloignement géographique des différents protagonistes. Il est à noter que la direction scientifique est assurée par l'Irfu.

La puce NECTAR, au cœur de la caméra, est une amélioration de la puce qui équipe les caméras de l'expérience Hess-II. Cette puce est donc d'ores et déjà utilisée dans une expérience grandeur nature, ce qui constitue un point très fort par rapport aux concurrents. Le CSTS a estimé que ceci pourrait être mis plus en avant par les équipes NectarCAM. Suite à la revue des projets "caméra" qui a eu lieu en avril 2012, les collaborations NectarCAM et DragonCam se sont rapprochées. Ces deux conceptions sont en effet très similaires, puisque seule la puce NECTAR est remplacée par une puce commerciale DRS4 dans les caméras DragonCam. Les deux équipes ne sont pas directement en concurrence puisque la DragonCam doit équiper les LST. La caméra FlashCam est, elle, une concurrente directe. D'un concept radicalement différent, bien que moins performant théoriquement, la FlashCam est plus avancée dans sa réalisation que la NectarCAM. Il semble donc urgent que la NectarCAM rattrape son retard pour rester dans la course. En particulier, un démonstrateur de 19 modules doit être réalisé. Malheureusement la réalisation de ce prototype est à la merci du financement ANR. En cas d'échec, le projet semble compromis. Le CSTS y voit là un danger car l'équipe NectarCAM doit au plus vite réaliser un prototype de taille respectable afin de valider les choix techniques effectués.

Résumé et recommandations

Le CSTS félicite les deux groupes pour leur investissement dans le projet CTA et leur renouvelé son soutien. Le CSTS a aussi noté un certain manque de cadrage de la part de la direction de CTA, sans doute en raison de la taille de ce consortium sans précédent dans les expériences d'astrophysique/astro-particules. Il note aussi que les groupes de l'Irfu ne sont en rien responsables de ce problème. La situation semble d'ailleurs s'améliorer progressivement. Le CSTS remarque la pertinence et l'évolution favorable de ces deux projets et ce malgré des ressources humaines limitées. En effet, les physiciens impliqués dans CTA le sont aussi dans l'expérience Hess toujours en cours de prise de données.

Le CSTS reconnaît que le coeur de métier des physiciens de Hess au SPP est la recherche de matière noire. Le CSTS salue aussi l'équipe pour son investissement dans l'études d'objets astrophysiques. Le CSTS pense que ces recherches astrophysiques devront être poursuivies dans CTA, avec un rapprochement avec les physiciens du SAp sur cette thématique.

La conception des miroirs MST ainsi que le partenariat avec Kerdry pour une possible production de masse sont bien avancés et apparaissent au CSTS comme une priorité fondamentale. Le groupe doit maintenant se pencher sur l'étude du vieillissement et la réalisation de la petite série de miroirs. Afin de réaliser une production de plus de 2000 miroirs, la PME devra franchir un grand pas en matière d'infrastructure, en partie aidée par la région, le CSTS suggère au groupe de s'assurer en amont que les engagements pourront bien être tenus.

Le projet NectarCAM est bien structuré mais soumis à une concurrence très rude (FlashCam). Le CSTS identifie comme faiblesse principale la dépendance du projet vis-à-vis du financement ANR. Si l'Irfu est en capacité d'assumer sa part, le financement dans les autres instituts est fragile et le CSTS pense souhaitable que la collaboration réalise un état des lieux du projet pour identifier d'éventuelles lacunes afin de réaliser au plus vite le démonstrateur de 19 modules.

2 Démonstrateur pour un détecteur de neutrinos de type TPC à argon liquide

Le phénomène d'oscillations des neutrinos a été bien compris au cours de la dernière décennie, établissant par là même la masse non nulle des neutrinos. La matrice PMNS permet de passer des états propres de masses aux états propres de saveurs ; elle est aussi le pendant dans le secteur leptonique de la matrice CKM dans le secteur des quarks. Les angles de cette matrice sont aujourd'hui relativement bien connus, la mesure de l'angle θ_{13} étant un des plus grands succès de la physique des particules des dernières années. Les questions restant ouvertes à ce jour concernent : la hiérarchie de masse (seule la valeur absolue de Δm_{23}^2 est mesurée) ; la mesure de la violation de CP dans le secteur des neutrinos (la matrice PMNS, comme la matrice CKM, possède une phase complexe décrivant la violation de CP) ; la nature même des neutrinos, de type Majorana ou Dirac. Afin de répondre aux deux premières questions, trois projets principaux à l'échelle internationale sont actuellement proposés. Ces trois expériences s'appuient sur des faisceaux de neutrinos provenant d'accélérateur et analysés à grande distance par un détecteur de très grand volume. Ces trois projets s'appuient sur trois complexes d'accélérateurs différents :

- en Europe : du Cern vers Pyhäsalmi en Finlande (Laguna/LBNO),
- aux États-Unis : de Fermilab vers Homestake (LBNE),
- au Japon : de JPARC vers Kamioka (HyperK).

Les deux premiers projets permettent d'accéder à la fois à la hiérarchie de masse et à la mesure de la violation de CP. Le dernier se concentre principalement sur la violation de CP à cause de la distance entre la source de neutrinos et le détecteur lointain : plus de 1000 km pour les deux premiers contre 300 km pour HyperK. Le projet européen Laguna-LBNO prévoit d'implanter le détecteur dans un site souterrain, ce qui permet d'augmenter l'éventail de la physique accessible : observatoire de neutrinos astrophysiques, mesure du temps de vie du proton, etc. Ce point apparaît fondamental au CSTS afin d'asseoir la nécessité d'un projet de cette ampleur. Néanmoins, le choix du site finlandais reste pour l'instant indéci. Les autres projets sont dans des états d'avancement similaires et la décision sur la réalisation de telles expériences n'est pas attendue avant plusieurs années, d'autant plus qu'elle dépend partiellement du choix du site pour un futur éventuel collisionneur électron-positron. L'étude de conception (CDR) pour Laguna (2008-2011) a été approuvée par le programme européen FP7.

Le groupe T2K se propose de participer à l'élaboration d'un démonstrateur de TPC à argon liquide diphasique. Cette première étape devrait permettre de comprendre et de valider la conception et la technologie pour passer à un détecteur de grand volume, type Laguna-LBNO. C'est cette proposition que le groupe a présentée devant le CSTS.

Démonstrateur de TPC à Argon liquide diphasique

Si la grande distance (~ 2300 km) entre la source et le détecteur de neutrinos permet de séparer l'effet d'oscillation dans la matière de l'oscillation due à la phase CP, ceci nécessite un faisceau de neutrinos de haute énergie, de l'ordre de quelques GeV. À ces énergies, les neutrinos ne peuvent plus être détectés efficacement par un détecteur Cherenkov à eau de type SuperK. Le choix s'est donc orienté vers un détecteur à argon liquide à la fois pour LBNE et Laguna-LBNO. Pour le projet européen, on se propose même d'utiliser même une TPC à Argon diphasique, en effet la phase gazeuse permettant l'amplification et la détection du signal par des détecteurs gazeux, soit LEM (de type GEM), soit Micromegas. Toutes les particules de l'état final sont reconstruites et il s'agit donc d'un équivalent moderne des chambres à bulles. Dans une version monophasée, l'expérience ICARUS a déjà prouvé la réussite de ce type de détecteur à argon liquide, la nouveauté pour Laguna-LBNO réside essentiellement dans la phase gazeuse additionnelle.

Afin d'assurer le succès d'expériences du type Laguna-LBNO ou LBNE, une très grande masse d'argon liquide, de l'ordre de 20 à 100 kt, est nécessaire pour maximiser l'efficacité de détection. Afin de valider les solutions techniques envisagées pour réaliser un tel détecteur, une proposition pour implanter un démonstrateur de $6 \times 6 \times 6$ m³ (soit environ 300 tonnes d'argon liquide) sur un faisceau du Cern sera présentée au SPSC au mois de juillet 2013. Il s'agit du seul projet à cette échelle et l'expérience de ce démonstrateur servira donc à toute la communauté neutrinos. Le CSTS encourage vivement le groupe de l'Irfu à y participer.

Les contributions envisagées par l'équipe du SPP sont multiples. Tout d'abord, il s'agit de savoir si les détecteurs Micromegas pourront équiper l'anode de détection en lieu et place des détecteurs LEM pour l'instant privilégiés. Ceci mettrait également à profit l'expérience du Sédi dans la réalisation de détecteur extra-plats de grande dimension. Une R&D commencée en 2010 a donné de premiers résultats très encourageants, même si pour l'instant le gain reste trop faible (~ 5 alors qu'un facteur supérieur à 20 est nécessaire). Le CSTS soutient la poursuite de ces recherches afin d'atteindre les gains requis et voir s'il sera possible d'équiper au moins une partie de l'anode du démonstrateur.

D'autre part, le groupe souhaite s'engager dans la définition du cahier des charges et de la charte

de qualité et de contrôle de la production des détecteurs gazeux, quelle que soit la technologie retenue. Il souhaite également participer à la caractérisation et à l'étalonnage de ces modules avant leur installation. Fort de l'expérience acquise dans T2K, le groupe a toutes les compétences pour mener à bien ces tâches capitales et le CSTS l'encourage donc dans cette voie.

Résumé et recommandations

La mesure de la violation de CP ainsi que la compréhension de la hiérarchie de masse dans le secteur des neutrinos font partie des questions majeures auxquelles la physique des particules doit répondre. Le CSTS salue donc l'engagement de l'équipe T2K dans un projet de type LBNO.

Le démonstrateur de TPC à argon liquide diphasique, qui devrait être installé au Cern, est unique en son genre et sera déterminant en cas de rapprochement des communautés Europe/États-Unis. Le CSTS soutient vivement la participation de l'Irfu à ce projet et ce, quelle que soit la technologie retenue pour équiper l'anode de détection. Le CSTS encourage l'équipe T2K à poursuivre la R&D pour déterminer si la technologie Micromegas pourra être utilisée pour ce démonstrateur. Il a également trouvé très pertinent l'investissement du groupe dans la définition du cahier des charges, du suivi qualité de la production des détecteurs micro-pattern (MPGD) et de la calibration de ces modules. En effet, fort de l'expérience acquise dans T2K, le groupe possède toutes les clefs pour mener à bien ces réalisations. De plus, même si la technologie Micromegas n'était pas retenue par la collaboration, ceci représenterait une contribution très importante de l'Irfu à la réalisation du démonstrateur.

Enfin, le CSTS propose au groupe de voir s'il lui est possible de s'investir également dans la reconstruction des données issues de la TPC. En effet, la reconstruction de ces images pourrait être novatrice et donner au groupe une place très visible dans la collaboration. Néanmoins, le CSTS note que le groupe est toujours très investi dans l'expérience T2K. L'analyse des données de T2K est en effet primordiale afin de recevoir une juste reconnaissance du travail des équipes de l'Irfu impliquées depuis le début de T2K. Le CSTS attire donc l'attention sur le manque éventuel d'effectifs du groupe, alors qu'il s'agit d'un programme de tout premier plan dans le panorama actuel de la physique des particules.