

Compte rendu de la session du CSTS de l'Irfu/SPP du 1^{er} juin 2012

Présidents : Ch. Yèche (SPP), C. Guyot¹ (SPP).

Secrétaire : B. Tuchming (SPP).

Présents : F. Ardellier (chef du SIS), J.-E. Campagne (IN2P3/LAL), Ph. Chomaz (chef de l'Irfu), A. Dael (chef du SACM), F. Déliot² (SPP), G. Hamel de Monchenault (SPP), S. Joly³ (conseiller scientifique CEA), E. Kajfasz (IN2P3/CPPM), S. Loucatos (adjoint au chef du SPP), P-O. Lagage (Irfu/SAP), F. Lebrun (APC), M. Mur (chef du Sédi), E Perez⁴ (CERN), L. Rinolfi (CERN), L. Serin (DAS de l'IN2P3), S. Rosier-Lees⁵ (IN2P3/LAPP), G. Vasseur (SPP), B. Vallage (SPP), D. Vilanova (chef du SPP).

Le conseil scientifique et technique de ce jour était consacré au projet GBAR, au projet eBOSS et à l'expérience CAST. Comme Ch. Yèche est impliqué dans eBOSS, C. Guyot a assuré la présidence du CSTS pour la partie consacrée à ce projet.

Au cours de la session publique, un état des lieux des upgrades d'Atlas a été présenté. Le CSTS a pris bonne note des derniers développements sur Atlas et le CSTS compte les discuter au début de l'année 2013.

1. Projet eBOSS

Les oscillations acoustiques baryoniques (BAO) sont l'une des sondes les plus prometteuses pour étudier, dans la décennie à venir, l'énergie noire, responsable de l'accélération de l'univers. Le programme BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey) au sein de la phase III du Sloan Digital Sky Survey (SDSS-III) étudie les BAO à l'aide de plusieurs traceurs comme les galaxies rouges très lumineuses (LRG) pour les décalages spectraux $z=0.7$ et les forêts Lyman-alpha des quasars pour les décalages z autour de 2.5. Les physiciens du groupe BAO du SPP participent à BOSS depuis 2009. Le CSTS félicite le groupe du SPP pour la visibilité qu'il a acquise dans la collaboration BOSS, notamment en ce qui concerne l'analyse des quasars.

Le groupe BAO a reçu l'appui du CSTS en octobre 2010 pour un projet de R&D (prototype de caméra en collaboration avec LBNL) en vue d'une participation au programme BigBOSS, l'ambitieuse suite de BOSS reposant sur un spectrographe qui devrait être installé sur le télescope Mayall de Kitt Peak d'ici 2018. Le projet a reçu l'approbation du DOE américain en décembre 2011 pour 2 ans de R&D. Mais le plan de financement complet n'est pas encore approuvé et la décision finale ne sera prise qu'à la fin de l'année 2012. Le CSTS constate que la construction du prototype de cryostat à l'Irfu se déroule selon les prévisions, grâce à l'appui des services techniques de l'institut. Les tests de validation finale sont prévus pour juin 2012.

Le projet d'extension de BOSS, eBOSS s'inscrit dans une échelle de temps plus courte que BigBOSS, puisqu'il devrait commencer à fonctionner dès 2014. Ce projet, encore en phase d'approbation par le consortium After Sloan 3 (AS3), reprend les infrastructures de BOSS mais étend la fenêtre d'observation en décalage vers le rouge en incluant de nouveaux traceurs tels que les galaxies bleues (ELG). En incluant les autres traceurs, LRG et quasars, eBoss couvrira ainsi pour la première fois une gamme continue de décalage spectral $0.3 < z < 3.5$, ce qui est d'un intérêt

1 Président pour la session eBoss

2 Rapporteur pour CAST

3 Rapporteur pour GBAR

4 Rapporteur pour GBAR

5 Rapporteur pour eBoss

scientifique incontestable. En terme de sensibilité aux paramètres cosmologiques, l'objectif de eBOSS est certes plus modeste que BigBOSS, mais il serait le précurseur pour ce qui est de l'analyse des ELG, qui sont l'un des traceurs essentiels pour le futur (BigBOSS, Euclid). Le CSTS juge la demande de participation à eBOSS du groupe BAO en parfaite cohérence avec les objectifs scientifiques du SPP. C'est une excellente occasion d'acquérir une expertise sur les traceurs ELG et elle doit permettre au groupe de rester à la pointe des analyses et futurs développements dans le domaine des BAO.

Le groupe du SPP propose de participer, avec notamment le CRAL de l'INSU, à la construction d'un troisième spectrographe dans le cadre d'eBOSS. Ce troisième bras améliorerait significativement la sensibilité de l'expérience, grâce à une vitesse d'acquisition accrue de 40% d'une part, et d'autre part grâce à une meilleure résolution spectrale du doublet OII pour l'identification des ELG lointaines. Pour ce qui est de la participation de l'Irfu, la stratégie serait de tirer parti de la R&D réalisée dans le cadre de BigBOSS en réutilisant le prototype de cryostat de caméra déjà construit et en l'optimisant pour l'intégrer à eBOSS. Le CSTS salue cette idée cohérente et astucieuse qui permettrait de valoriser encore mieux la R&D réalisée pour BigBOSS et le travail des services techniques de l'institut. Le coût du développement devrait être déduit de la somme des « running costs » de la participation de Saclay à eBOSS, ce qui présente un avantage certain. Le groupe BAO voudrait occuper le rôle d'« Instrument Scientist » pour ce troisième bras, ce qui impliquerait qu'un responsable technique de l'Irfu coordonne le dessin, la fabrication et l'installation du spectrographe. Le CSTS soutient cette stratégie, qui permettrait au groupe BAO d'occuper une position au premier plan dans la collaboration eBOSS. La demande serait instruite par l'institut dans quelques mois, si le projet de troisième bras pour eBOSS était accepté par AS3.

Même si le groupe a acquis une solide expertise dans l'analyse des quasars qu'il souhaite poursuivre dans le cadre de eBOSS, le CSTS estime que le groupe devrait avoir les forces suffisantes pour s'impliquer également dans l'analyse des ELG, en cohérence avec son implication dans la construction du troisième bras et avec son engagement futur dans BigBOSS et/ou Euclid. En outre, dans le cadre d'eBOSS, l'analyse ELG devrait aboutir à de meilleures mesures des paramètres décrivant l'énergie noire que l'analyse des quasars qui semble limitée par la statistique.

En résumé :

Le CSTS félicite le groupe BAO du SPP pour son remarquable travail d'analyse réalisé au sein de la collaboration BOSS. Il salue également le travail du groupe et des services techniques de l'Irfu pour le développement du prototype de cryostat de BigBOSS qui se déroule selon les plans.

La demande de participation du groupe à eBOSS est vivement soutenue par le CSTS qui y voit une excellente opportunité scientifique et l'occasion de préparer les futures expériences en étant précurseur dans l'étude des nouveaux traceurs que sont les ELG. L'expérience acquise dans ce domaine sera utile pour les futurs projets BigBOSS et/ou Euclid.

Le CSTS salue le dynamisme du groupe qui propose un projet de construction de troisième bras pour eBOSS. Le CSTS appuie ce projet qui repose sur une stratégie astucieuse permettant de valoriser le savoir faire de l'institut à moindre coût en réutilisant le prototype réalisé pour la R&D de BigBOSS. La demande de jouer le rôle d'Instrument Scientist pour le troisième bras est jugée stratégiquement cohérente et permettrait de faire jouer au groupe BAO de l'Irfu un rôle majeur dans la collaboration eBOSS.

2. CAST

Les axions sont des particules hypothétiques qui, si elles existaient, expliqueraient l'un des points non expliqués du modèle standard de la physique des particules, à savoir la description de la violation de la symétrie CP par les interactions fortes. Des axions pourraient être produits dans le soleil par interaction entre des photons et le champ magnétique solaire. CAST est un hélioscope situé au CERN qui se propose de rechercher les axions solaires grâce à la réaction inverse, à savoir la conversion dans un champ magnétique fort d'un axion en un photon X. CAST est constitué d'un des aimants de 10 m de long conçu pour le LHC et fonctionnant à 9 T au bout duquel sont placés un détecteur CDD et trois détecteurs Micromégas. Des physiciens du Sédi, experts en détecteurs Micromégas, participent à CAST, mais aucun membre du SPP ne fait partie de la collaboration.

Pendant la phase I de 2003 à 2004, la prise de données avec du vide dans l'aimant a permis d'obtenir une limite sur le couplage photon-axion, $g_{a\gamma} < 1.16 \times 10^{-10} \text{ GeV}^{-1}$, pour le domaine de masse inférieure à 0.02 eV. Pour augmenter la sensibilité à plus haute masse, jusqu'à l'eV, la phase II (2005-2007) a fonctionné avec du gaz sous pression (^4He et ^3He) qui permet de restaurer la cohérence des interactions photon-axion.

Le CSTS félicite le groupe Irfu/Sédi qui, de par son expertise sur les détecteurs Micromégas, a joué un rôle essentiel au sein de l'expérience, en étant responsable de la construction, du fonctionnement et de la maintenance des détecteurs Micromégas, avec le groupe de Saragosse. Son travail sur l'analyse des données est tout autant remarquable. En outre le groupe du Sédi occupe des responsabilités clés au sein de la collaboration. CAST est le seul hélioscope au monde sensible à des modèles usuels d'axions de masse quelques fractions d'eV, et le CSTS souligne que le retour scientifique de l'expérience vaut largement l'investissement plutôt modeste que l'Irfu lui consacre.

Pour l'année 2012, la phase III se propose de reprendre des données avec de l' ^4He et de bénéficier des dernières améliorations des détecteurs Micromégas, notamment la réduction d'un facteur 20 du bruit de fond. Une longue prise de données permettra d'atteindre une sensibilité aux modèles dits KSVZ typiques pour des axions autour de 0.3-0.4 eV, ce qui est d'un intérêt scientifique important.

La phase IV de 2013 à 2014, vise à prendre des données dans le vide tout comme la phase I, avec une réduction notable du bruit de fond. Cependant le gain en terme de sensibilité au couplage photon-axion sera plutôt marginal et ne permettra pas de tester les modèles d'axions les plus favorisés théoriquement. Cette phase semble utile pour les développements des détecteurs et la préparation du projet d'hélioscope IAXO, auquel le groupe du Sédi envisage de participer.

En Résumé :

Le CSTS félicite le groupe de l'Irfu/Sédi pour les retombées scientifiques et techniques de son travail au sein de la collaboration CAST. Il reconnaît l'intérêt de la phase III de 2012 qui permettra d'être sensible à des modèles pertinents d'axions. Il considère que l'intérêt de la phase IV est plus marginal pour ce qui est des axions, mais reconnaît que cette phase peut s'avérer utile pour continuer les développements sur les Micromégas et pour préparer éventuellement le futur IAXO.

3. GBAR

L'expérience GBAR devrait être installée au CERN pour tester le principe d'équivalence sur de l'antimatière, en mesurant au pour cent la constante de gravitation g_{bar} pour des atomes d'antihydrogène. Il n'y a pas de preuves convaincantes ou de raison théorique d'exclure une différence $(g - g_{\text{bar}})/g$ au niveau de 1%. Des contraintes indirectes suggèrent, cependant, que la

valeur de la différence devrait être étudiée avec beaucoup plus de précision que le niveau de 1%, 10^{-4} , voire 10^{-8} .

Les étapes successives menant à la production d'antihydrogène ultrafroid sont définies dans le projet comme il suit : un linac à électrons bombarde une cible de W et un modérateur placé en aval crée une source intense de positons lents ; les positons sont accumulés et refroidis dans un piège de Penning, puis convertis en orthopositronium en interagissant sur des matériaux poreux ; le passage d'anti-protons dans un nuage dense de positronium forme des ions anti- H^+ ; les ions anti- H^+ sont refroidis par refroidissement sympathique à l'aide de lasers et d'ions Be^+ ; enfin des lasers éjectent le positon supplémentaire des ions H^+ dont il ne reste plus qu'à mesurer la chute libre. Un démonstrateur, Sophi basé sur le linac Selma, doit permettre de valider à Saclay les étapes du projet jusqu'à la production du positronium.

Plusieurs expériences sur de l'antihydrogène sont en cours auprès du décélérateur d'antiprotons (AD) au CERN, mais AEgIS apparaît comme le concurrent direct de GBAR. Le projet AEgIS demeure ambitieux et certaines questions sur le principe même de la méthode sont encore non résolues. Cette expérience commence la mise en service de son appareillage et pourrait démarrer son programme de physique avec l'AD en 2014. Elle jouit d'une avance certaine sur GBAR qui dépend de l'installation du nouveau décélérateur ELENA prévu pour 2016 et retardé à 2017. L'expérience AEgIS pourrait donc être la première à mesurer la constante de gravitation pour l'antihydrogène avec une précision modeste.

Lors du dernier passage du groupe GBAR devant le CSTS, en mai 2010, plusieurs recommandations ont été données. D'une part, il avait été demandé de caractériser le Linac Selma installé à Saclay et de comprendre la faiblesse du flux de positons en sortie du dispositif. D'autre part, le groupe GBAR avait été encouragé à chercher des partenaires pour se structurer en collaboration, étape primordiale pour passer d'une phase R&D à celle de projet reconnu.

Depuis 2010, avec l'aide d'ingénieurs de la DAM, les caractéristiques du faisceau de Selma ont été mesurées. Les caractéristiques se sont révélées inférieures aux spécifications. Mais grâce à des modifications et l'aide des collaborateurs polonais du NCBJ, Selma fonctionne désormais de façon stable dans des conditions acceptables pour la phase de test avec Sophi. Le CSTS salue cet accomplissement qui lève un verrou important à l'avancement du projet. Cependant le rendement de production des positons lents est à ce jour estimé un facteur 7 en dessous du dessein initial. Pour gagner un facteur 2 sur ce nombre, il est envisagé par le groupe que le Linac final de GBAR fonctionne à une énergie de 20 MeV au lieu de 10 MeV. Mais cela pourrait poser d'autres problèmes de refroidissement pour la cible et le modérateur.

Le CSTS souligne les progrès réalisés dans le calcul des sections efficaces de production des anti- H^+ . Les premiers résultats montrent que, lorsque le positronium est suffisamment excité, la production pourrait être plus élevée d'un facteur 20 par rapport aux estimations initiales. Mais il reste à démontrer que ce facteur pourra effectivement être exploité en optimisant les énergies incidentes des positons et les techniques d'excitation du positronium par les lasers.

Le CSTS salue vivement la réalisation de la ligne de transport amenant les positons lents jusqu'au piège de Riken que le groupe a reçu au début 2011. La connexion de la ligne au piège et la remise en fonctionnement de ce dernier sont d'autres étapes essentielles franchies avec succès et le CSTS salue le dynamisme du groupe qui a réussi à trouver les financements extérieurs pour réaliser ces étapes. Cependant, le groupe réclame un support financier plus conséquent de l'institut, notamment 70 k€ consacrés à la construction d'une casemate isolée au sein du bâtiment 126. Même si l'absence de cette casemate ne constitue pas un obstacle majeur au programme, le CSTS souligne qu'il serait regrettable qu'un environnement trop poussiéreux endommage le matériel existant et retarde l'installation prochaine des lasers. Le CSTS rappelle que la compétition avec AEgIS est très serrée et qu'il ne faut donc absolument pas prendre de retard.

La CSTS a été favorablement impressionné par la constitution d'une collaboration,

comprenant environ 50 physiciens de 14 instituts, autour du groupe GBAR de Saclay qui a su attirer les meilleurs experts dans des domaines-clés pour l'expérience. Malgré les incertitudes qui pèsent sur les valeurs des efficacités à chaque étape du projet et qui au final peuvent mettre en péril la viabilité de ce projet (mais c'est inhérent à ce type d'expérience exploratrice), l'approbation de l'expérience par le Research Board du CERN, le 30 mai dernier démontre que le projet a acquis suffisamment de maturité pour passer du stade de R&D à celui de projet au sein de l'Irfu. Le comité d'Audit a fortement recommandé que le groupe GBAR de Saclay soit étoffé afin de mener à bien cette expérience au CERN et en particulier que soit nommé un chef de projet, pratiquement à plein temps, à l'Irfu. Le CSTS appuie vivement cette demande. La rédaction d'un MoU est en cours et la finalisation d'un CDR est prévue pour mi-2013. Le CSTS souligne que cette étape doit être réalisée au plus vite car elle précisera les rôles des différents partenaires et structurera d'autant mieux le projet. Cette dernière étape est également nécessaire pour définir les engagements de l'Irfu vis-à-vis de l'expérience.

En résumé :

Le CSTS félicite le groupe GBAR de Saclay pour les réalisations accomplies depuis mai 2010. La maîtrise de l'accélérateur Sophi, la construction de la ligne de transport des positons et la connexion avec le piège de Riken sont des succès majeurs, résultant du dynamisme et du travail remarquable du groupe, ainsi que de sa capacité à trouver des financements extérieurs et des partenaires. Un certain nombre d'étapes menant à la production d'antihydrogène ne sont pas complètement démontrées en particulier la production et le refroidissement de l'ion anti- H^+ à l'aide de lasers. Des incertitudes existent aussi sur les efficacités et sur le nombre d'atomes final. Cependant, le CSTS souligne que c'est naturel pour un projet si complexe, à la pointe des techniques actuelles.

Le CSTS salue vivement la constitution d'une collaboration structurée, reconnue par le Research Board du CERN. Le CSTS souligne que GBAR a acquis suffisamment de maturité pour passer du statut de R&D à celui de projet. Un chef de projet doit être désigné par l'Irfu.

Il recommande que les rôles des différents partenaires soient précisés au plus vite au cours de l'écriture du CDR, ce qui permettra de travailler plus efficacement en vue de la construction de l'expérience.

Présidents :
Ch. Yèche, C. Guyot

Secrétaire :
B. Tuchming