

COMITÉ NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CONSEIL SCIENTIFIQUE D'INSTITUT

Compte rendu

Conseil scientifique de l'IN2P3
3-4 juillet 2023

Sommaire

1. Introduction à la séance des 3 et 4 juillet 2023	4
2. La jouvence Virgo_nEXT	5
2.1 Présentation du projet Virgo_nEXT	5
2.2 Avis et recommandations	6
3. Le Télescope Einstein (ET)	8
3.1 Présentation du projet ET.....	8
3.2 Avis.....	8
4. LISA	8
4.1 Présentation du projet LISA	8
4.3 Avis.....	9
5. CMB : Simons Observatory (SO)	9
5.1 Présentation du projet SO	9
5.2 Avis.....	10
6. CMB-S4	11
6.1 Présentation du projet CMB-S4.....	11
6.2 Implications de l'IN2P3.....	11
6.3 Rappel des questions de la direction.....	12
6.4 Avis.....	12
6.5 Recommandations	12
7. LiteBIRD	14
7.1 Présentation du projet LiteBIRD	14
7.2 Principales évolutions par rapport à la séance d'octobre 2020.....	15
7.3 Avis.....	15
8. QUBIC	16
8.1 Présentation du projet QUBIC	16
8.2 Avis.....	16
9. NIKA2, KIDs	17
9.1 Présentation de la technologie KIDs	17
9.2 Présentation de la caméra NIKA2	18
9.3 Avis.....	19
10. Discussions internes au CSI	19
10.1 Discussions avec la direction	19
10.2 Vie du Conseil.....	20

Présents (sur place ou à distance) : L. Arrabito, G. Brooijmans, H. Costantini, N. Chanon, O. Drapier, B. Fernández Domínguez, S. Henrot-Versillé, P. Janot, D. Laporte, M. Lindroos, R. Maurice, C. Nones, B. Ramstein, M. Rousseau, C. Smith, R. Trébossen, G. Verde, M. Yamouni, F. Yermia

Excusées : B. Cros, F. Marion

Invités : P. Balcou (CS CNRS), J. Hernandez (CS CNRS), P. Ghia (Présidente de la section 01)

Orateurs : M. Barsuglia (APC), A. Catalano (LPSC), J. Errard (APC), H. Halloin (APC), J.-C. Hamilton (APC), L. Perotto (LPSC), V. Poireau (IN2P3), D. Prele (APC), R. Stompor (CPB), N. Tamanini (L2IT), E. Tournefier (LAPP), M. Tristram (IJCLab), B. Van Tent (IJCLab), P. Verdier (IP2I)

Rapporteurs : M. Brown (U. Manchester), G. Heinzl (MPI, Hannover), F. Piacentini (U. Roma), D. Reitze (Caltech)

Membres présents de la direction : A. Lucotte, S. Crepe, B. Giebels, V. Poireau

1. Introduction à la séance des 3 et 4 juillet 2023

La séance des 3 et 4 juillet 2023 était dédiée à l'examen de la participation de l'IN2P3 aux projets de détecteurs d'ondes gravitationnelles et du fond diffus cosmologique. Cette séance s'est tenue à la fois en présentiel et à distance.

Programme de la session ouverte :

1) Présentation du cadrage de cette session du Conseil (V. Poireau)

2) Ondes gravitationnelles

2.1) Phénoménologie des ondes gravitationnelles : Nicola TAMANINI (L2IT)

2.2) Virgo_nEXT : Matteo BARSUGLIA (APC) et Edwige TOURNEFIER (LAPP)

2.3) Einstein Telescope : Patrice VERDIER (IP2I)

2.4) LISA : Hubert HALLOIN (APC)

3) Fond diffus cosmologique

3.1) Phénoménologie du CMB : Bartjan VAN TENT (IJCLab)

3.2) CMB - SO : Josquin ERRARD (APC)

3.3) CMB - S4 : Radoslaw STOMPOR (CPB) et Damien PRELE (APC)

3.4) LiteBIRD : Matthieu TRISTRAM (IJCLab)

3.5) QUBIC : Jean-Christophe HAMILTON (APC)

3.6) NIKA2, KIDs : Laurence PEROTTO (LPSC) et Andrea CATALANO (LPSC)

Toutes les présentations sont accessibles depuis la page web du CSI IN2P3 :

<https://www.in2p3.cnrs.fr/fr/le-conseil-scientifique-de-lin2p3>

Le présent compte rendu aborde dans un premier temps la détection des ondes gravitationnelles, avec la participation de l'IN2P3 à la seconde jouvence de l'expérience Virgo, projet appelé Virgo_nEXT (section 2), ainsi que les projets futurs Einstein Telescope (section 3) et LISA (section 4). La deuxième partie du rapport traite du fond diffus cosmologique (CMB), avec les projets CMB Simons Observatory (section 5) et CMB-S4 (section 6), ainsi que les projets LiteBIRD (section 7), QUBIC (section 8) et NIKA2 (section 9). Les discussions internes au Conseil font l'objet de la section 10.

2. La jouvence Virgo_nEXT

2.1 Présentation du projet Virgo_nEXT

Virgo_nEXT est un projet de nouvelle mise à jour substantielle de Virgo, dont l'objectif est d'assurer la transition entre la phase O5 (Advanced Virgo+ Phase 2), qui démarrera en 2027, et le télescope Einstein (ET) dont le démarrage est prévu dans les années 2035-2040.

La jouvence Virgo_nEXT vise à poursuivre, avec une montée en sensibilité, le programme scientifique de Virgo avec le réseau des détecteurs d'ondes gravitationnelles LIGO-Virgo-Kagra. Les objectifs technologiques principaux visent à pousser le potentiel des infrastructures existantes à ses limites, et à tester les technologies qui seront utilisées dans ET. Un enjeu important pour Virgo_nEXT est aussi de conserver et développer l'expertise de la communauté, afin d'assurer une transition générationnelle fluide et la formation de nouvelles personnes prêtes à jouer un rôle majeur dans ET.

Un gain en sensibilité d'un facteur 2 est attendu par rapport à la sensibilité prévue de Virgo pour O5. Une telle amélioration, combinée avec l'amélioration d'un facteur similaire de LIGO, donnera la possibilité de détecter des coalescences d'objets binaires compacts jusqu'à des décalages vers le rouge ("redshifts") de l'ordre de $z \sim 5$, et d'augmenter la statistique avec un taux de détection annuel prévu d'environ 10^4 coalescences de binaires de trous noirs et d'environ 10^3 coalescences de binaires d'étoiles à neutrons. En combinant Virgo_nEXT avec d'autres observations, il est de plus attendu que le nombre d'événements avec une contrepartie électromagnétique et possiblement une contrepartie en neutrinos s'accroisse significativement.

De telles améliorations permettront d'étudier en détail la distribution des écarts de masse entre les étoiles à neutrons et les trous noirs, et la population de trous noirs autour du pic à 40 masses solaires. La jouvence Virgo_nEXT sera en mesure d'apporter de nouvelles contraintes sur la structure et la composition des étoiles à neutrons, et de contribuer à une meilleure compréhension de la nucléosynthèse, du processus "r" et à la façon dont les éléments les plus lourds se forment dans l'Univers. L'augmentation de la sensibilité et de la statistique permettra également de déterminer la constante de Hubble H_0 au niveau de quelques pour cent, de façon indépendante des mesures actuelles qui sont actuellement en tension (supernovæ de type Ia et fond diffus cosmologique). Elle ouvrira également la possibilité de détecter un éventuel fond stochastique d'ondes gravitationnelles.

Pour obtenir l'amélioration de sensibilité attendue, l'enjeu consistera à réduire les principaux bruits instrumentaux (quantiques, thermiques, techniques), en poussant les limites des technologies actuelles du détecteur. Les développements nécessaires sont également envisagés dans le cadre du programme de mise à niveau de LIGO A# (c'est-à-dire la jouvence correspondante proposée pour LIGO qui améliorerait sa sensibilité à partir de 2029 après le run O5), notamment avec des miroirs de masse plus importante, des revêtements optiques améliorés présentant un bruit thermique plus faible, une puissance injectée dans l'interféromètre plus élevée et une réduction du bruit quantique par l'utilisation d'états comprimés de la lumière dépendants de la fréquence.

2.2 Avis et recommandations

Avec Virgo_nEXT, l'objectif des équipes de l'IN2P3 devrait être l'acquisition de l'expertise qui sera nécessaire pour assurer une transition réussie vers ET. Le Conseil recommande à la direction de soutenir les R&D et propositions de contributions à Virgo_nEXT uniquement dans le cas où leur plan de développement permet aux laboratoires IN2P3 de se positionner et devenir des acteurs majeurs sur ces techniques pour ET.

Quel est le retour scientifique attendu pour le projet, est-il cohérent avec les "science drivers" définis lors de l'exercice des prospectives ?

Le retour scientifique attendu pour Virgo_nEXT est large et cohérent avec les "science drivers" définis par l'Institut lors de l'exercice des prospectives. Il est cependant limité par le retard accumulé de Virgo par rapport à LIGO en termes de sensibilité, alors que le détecteur américain lui aussi sera amélioré lors de la jouvence majeure A#.

Quelles sont les principales spécificités (forces et faiblesses) de la contribution IN2P3 au projet ? et comparées à celles des autres instituts internationaux impliqués ?

Les équipes Virgo, soutenues par l'IN2P3, ont apporté des contributions et des avancées majeures dans le domaine des revêtements des miroirs. Grâce à ses capacités et à son expertise, le LMA occupe une position unique en tant que fournisseur mondial pour tous les grands projets de détection d'ondes gravitationnelles. L'équipe d'ARTÉMIS à Nice est experte dans le développement de lasers stables de haute puissance pour Virgo. Un certain nombre d'équipes possèdent l'expertise nécessaire pour développer des technologies permettant de réduire le bruit quantique grâce à l'utilisation des états comprimés de la lumière (APC, IJCLab, avec l'électronique du LAPP et les miroirs du LMA). Ces différentes compétences développées dans les laboratoires de l'institut ont eu un impact très important sur l'implémentation de ces technologies au sein de Virgo. D'importantes compétences existent également pour la conception et la construction de systèmes optiques auxiliaires, notamment à l'APC, à IJCLab, au LAPP et au L2IT avec des implications de longue date. L'expertise électronique requise pour Virgo_nEXT a été démontrée au LAPP et à l'IHPC, de même que les capacités d'étalonnage des détecteurs.

Le Conseil félicite les équipes de l'IN2P3 pour leurs contributions à Virgo, et leur expertise indéniablement reconnue à l'international. Il encourage les équipes à développer encore davantage les synergies avec LIGO notamment concernant les développements techniques nécessaires à la fois à Virgo_nEXT et à LIGO A# dans l'optique de se positionner au mieux pour ET.

L'engagement des équipes dans le projet est-il pertinent ? Est-il suffisant pour atteindre les objectifs affichés ? Permet-il d'escompter un retour scientifique fort, en adéquation avec les efforts qui seront consentis et l'investissement qui devra être fait ? Quelles sont les synergies avec Einstein Telescope ? Est-ce que Virgo_nEXT permet de tester des technologies d'Einstein Telescope ? En accélère-t-il la conception ?

Comme le démontre le démarrage difficile de la phase O4, le Conseil insiste sur le fait qu'il est absolument crucial que Virgo_nEXT dispose de cavités de recyclage stables pour obtenir

une sensibilité lui permettant de contribuer à la détermination de la position d'origine des ondes gravitationnelles. Cette amélioration sera nécessaire dès la phase O5 pour acquérir de l'expérience nécessaire en vue de ET. Le Conseil recommande donc que la direction mette tout en œuvre pour que soit mis en place le plus rapidement possible un système permettant de stabiliser les cavités.

Concernant le lien avec ET, le Conseil s'inquiète du fait que, à l'opposé du mouvement observé aujourd'hui dans la communauté internationale, l'IN2P3 ne s'engage pas dès aujourd'hui plus fortement sur ET. Le Conseil recommande en conséquence de contribuer à Virgo_nEXT prioritairement sur les sujets qui permettront aux équipes de se préparer et de se positionner au mieux dans ET, c'est-à-dire en particulier, sur les enjeux communs aux deux projets que sont la stabilisation des cavités, les développements des revêtements pour des masses d'une centaine de kg pour Virgo_nEXT, qui permettront d'avancer vers les 200 kg prévus pour la détection d'ondes gravitationnelles de haute fréquence avec ET, et la réduction de 10 dB du bruit quantique grâce aux états comprimés visée par Virgo_nEXT, qui est identique aux spécifications d'ET aux hautes fréquences.

Executive summary

The Council congratulates the IN2P3 teams for their contributions to Virgo, and their undeniably internationally recognized expertise. The Council encourages the teams to further develop synergies with LIGO, particularly regarding the technical developments necessary for both Virgo_nEXT and A# with the goal of positioning themselves in the best possible way for ET.

As demonstrated by the difficult start of the O4 phase, the Council insists that it is absolutely crucial that Virgo_nEXT has stable recycling cavities to obtain a sensitivity allowing it to contribute to the determination of the original position of gravitational waves. This improvement is necessary as part of phase O5 for Virgo to gain the necessary experience for ET. The Council recommends that the IN2P3 management does everything possible to put in place a system to stabilize the cavities as quickly as possible.

Regarding the link with ET, the Council is concerned that, contrary to the movement observed today in the international community, IN2P3 does not immediately prioritize ET. The Council therefore recommends to the IN2P3 management to support R&D and proposals for contributions to Virgo_nEXT specifically where their development plan allows IN2P3 laboratories to position themselves and become major players in these techniques for ET. These topics that are common to both projects are the stabilization of cavities, the development of coatings for masses of around a hundred kg for Virgo_nEXT which will make it possible to move towards the 200 kg planned for the detection of high frequency gravitational waves with ET, and the 10 dB reduction in squeezing targeted by Virgo_nEXT which is identical to the ET specifications at high frequencies.

3. Le Télescope Einstein (ET)

3.1 Présentation du projet ET

Einstein Telescope (ET) est le projet européen de prochaine génération dédié à l'observation des ondes gravitationnelles au sol. La planification actuelle prévoit une architecture triangulaire d'à peu près 10 km de côté, contenant trois interféromètres de "haute fréquence" (sensibles au-dessus d'environ 10 Hz) ainsi que trois de "basse fréquence" (d'environ 1 à 30 Hz). Ces derniers utilisent des miroirs cryogéniques. ET devrait être sensible jusqu'à des redshift d'environ 100 (correspondant au début de la formation d'objets astronomiques), à comparer à 1 pour les interféromètres actuels. ET devrait observer plus de 10^5 fusions de trous noirs et plus de 10^4 fusions d'étoiles à neutrons par an. Une observation de contrepartie électromagnétique devrait être possible pour plusieurs dizaines de fusions d'étoiles à neutrons grâce à la capacité d'ET de donner l'alerte des dizaines de minutes avant la fusion. De plus, ET pourrait être sensible aux trous noirs primordiaux, à l'évolution de l'énergie noire, etc.

Grâce à une étude conceptuelle et une période de R&D pendant les années 2010, le coût est estimé à 2 milliards d'euros, dont la moitié en ingénierie civile (tunnel à 200m de profondeur et infrastructure associée), et le quart pour les 120 km de tube à vide. Une décision sur le site devrait se faire dans la seconde moitié des années 2020 avec un début de construction vers 2030. Les opérations pourraient commencer dans la seconde moitié des années 2030. La collaboration scientifique internationale ET a été mise en place officiellement en juin 2022 et compte actuellement 126 collaborateurs et collaboratrices provenant d'instituts français, dont 80 à l'IN2P3 (APC, GANIL, IJCLab, IP2I, IPHC, L2IT, LAPP, LMA, LPCC, SUBATECH et le CC-IN2P3). La plupart (à peu près 90%) contribuent aussi à Virgo et Virgo_nEXT.

3.2 Avis

Le projet ET permettra d'augmenter de plusieurs ordres de grandeur la statistique observée de fusion de trous noirs et d'étoiles à neutrons, ce qui devrait permettre des études de précision de ces phénomènes extraordinaires. Cet observatoire sera sensible à des décalages vers le rouge jusqu'à $z \sim 100$, une région peu explorée et qui pourrait réserver des surprises. A ce stade, le projet semble avoir de l'avance sur son concurrent américain, Cosmic Explorer. Il est important de garder cette avance pour ne pas répéter la "hiérarchie" entre LIGO et Virgo, ce qui conduit le Conseil à recommander, au paragraphe 2.2, de contribuer à Virgo_nEXT prioritairement sur les sujets qui permettront aux équipes de se préparer et de se positionner au mieux dans ET. De plus, l'expertise des laboratoires français pourrait apporter un avantage significatif pour les développements technologiques nécessaires entre autres à ET-LF. Ainsi, la perspective des avantages de ET sur Cosmic Explorer pourrait contribuer à attirer plus de (jeunes) scientifiques dans le projet.

4. LISA

4.1 Présentation du projet LISA

LISA est un observatoire d'ondes gravitationnelles dans l'espace dont le lancement est prévu vers 2035. Grâce à la longueur des bras de l'interféromètre (2.5 millions de km), LISA sera sensible aux ondes gravitationnelles dans une gamme de fréquences allant de 0.1 mHz à 1

Hz, donc en-dessous des observatoires terrestres. Les sources attendues dans cette gamme sont les fusions de trous noirs super-lourds (10^4 à 10^7 masses solaires) jusqu'à un redshift de 20, des binaires d'étoiles blanches naines galactiques, des fusions de trous noirs de rapports de masses extrêmes, le bruit de fond stochastique d'ondes gravitationnelles. Ceci permettra d'étudier la relativité générale en régime extrême, potentiellement d'observer les séquelles de la transition de phase électrofaible, etc.

Le principe et la faisabilité de LISA ont été démontrés par la mission LISA Pathfinder et la phase B1 se termine, ce qui devrait être suivi par l'adoption de la mission par l'ESA en janvier 2024. Le lancement pourrait se faire vers 2035, et on s'attend à avoir besoin d'une année entre le lancement et le début des opérations scientifiques. La mission scientifique est prévue pour une durée de sept ans et demi.

Les laboratoires de l'IN2P3 (APC, CPPM, IP2I, L2IT, LPCC et CC-IN2P3) sont impliqués dans le développement des systèmes optiques de test au sol nécessaires pour valider les performances des systèmes optiques à bord, le développement du modèle de performance et d'opérations, et de la production de catalogues d'observations sur base des données calibrées.

4.3 Avis

LISA ouvrira les portes sur les ondes gravitationnelles dans une gamme de fréquences plus basse que celle examinée par les observatoires au sol. Ceci permettra la mesure de phénomènes attendus, mais pourra aussi réserver des surprises, entre autres une possible sensibilité à la transition de phase électrofaible si elle est de premier ordre. Le succès de LISA Pathfinder a démontré que l'expérience est réalisable et le Conseil attend avec impatience l'adoption de la mission par l'ESA début 2024.

5. CMB : Simons Observatory (SO)

5.1 Présentation du projet SO

Simons Observatory (SO) est un observatoire en cours d'installation sur le plateau d'Atacama au Chili dédié à l'observation de la polarisation du fond diffus cosmologique (CMB). Le but de SO est de faire deux relevés du ciel dans le domaine des longueurs d'ondes millimétriques, en six bandes de fréquences. Le premier couvrira environ la moitié du ciel avec une profondeur 10 fois meilleure et une résolution angulaire cinq fois meilleure que celle de Planck. Le deuxième couvrira un dixième du ciel et permettra la recherche des modes B de polarisation, un reliquat des ondes gravitationnelles primordiales qui auraient été générées pendant la phase (hypothétique) d'inflation. SO vise à parvenir à une précision de 0.0012 sur le rapport de l'amplitude des perturbations tenseur sur scalaire qui caractérise l'inflation, soit une amélioration d'un facteur ~ 15 par rapport à la limite actuelle. SO devrait aussi rechercher de nouvelles particules de basse masse avec une précision sur le nombre effectif de degrés de liberté relativistes de 0.045 (une amélioration d'un facteur 4,5 par rapport à la limite actuelle), ou encore mesurer la somme des masses de neutrinos avec une précision de 30 meV (15 meV en combinaison avec LiteBIRD et DESI). SO doit aussi apporter de nouvelles informations sur le comportement de l'énergie noire et affiner notre compréhension des amas de galaxies.

L'observatoire comportera deux types de télescopes : 6 télescopes de petite ouverture (SAT) pour les grandes échelles angulaires, et 1 télescope de large ouverture (LAT) pour les petites échelles angulaires du fond diffus cosmologique. La première lumière est attendue en fin de 2023 pour trois SATs et au printemps 2024 pour le LAT, dont sept tubes (sur les 13 à terme) seront équipés de détecteurs. Une extension est déjà prévue (Advanced SO, avec les 3 SATs supplémentaires sur les 6, et la complétion du plan focal du LAT) qui serait opérationnelle en 2027. La période d'observation devrait s'étendre jusqu'en 2032, proche de la date de démarrage de CMB-S4 et LiteBIRD. Le projet SO est une étape importante vers CMB-S4, qui choisit une stratégie comparable pour la combinaison de SATs et LATs avec une technologie similaire, et qui améliorera encore les capacités de détection et le potentiel de découverte.

La collaboration rassemble plus de 300 chercheurs, avec un budget principalement issu des fondations Simons et Heising-Simons, d'universités américaines, de la NSF, du Royaume-Uni et du Japon. A l'IN2P3, IJCLab et l'APC sont fortement impliqués aujourd'hui sur l'analyse de données. Les équipes de l'IN2P3 ont joué un rôle important dans l'optimisation des SATs, sur la chaîne d'analyse, et coordonnent deux groupes de travail sur des aspects importants de l'analyse de données : les modes B aux grandes échelles angulaires et le spectre en puissance aux petites échelles angulaires. Un impact significatif est attendu sur les analyses avec l'ERC SciPol qui a démarré en 2023. Les équipes proposent aussi de renforcer la contribution de l'IN2P3 au niveau du calcul. Par ailleurs, des discussions ont démarré pour la construction et la mise en service, sous la responsabilité des équipes de l'IN2P3, d'un SAT supplémentaire, basé sur la technologie LEKID ("Lumped Element Kinetic Inductance Detectors", voir section 9) développée à Grenoble.

5.2 Avis

Les objectifs de physique du projet SO sont ambitieux et tout à fait intéressants, avec une amélioration significative sur la précision attendue d'observables comme le rapport tenseur sur scalaire, la somme des masses des neutrinos et sur le nombre d'espèces relativistes. C'est le projet phare en cosmologie consacré à l'observation du CMB des dix prochaines années. Le Conseil note aussi avec intérêt le rôle que peut jouer l'IN2P3, d'une part dans le domaine du calcul, d'autre part dans le développement d'un télescope utilisant la technologie KIDs, ce qui représenterait une contribution majeure et très visible.

Le Conseil recommande de séparer en deux les master-projets CMB-S4 et SO, dans la mesure où il s'agit de deux collaborations internationales différentes, et que l'une va commencer à prendre des données sous peu alors que l'autre ne démarrera pas avant 2030. Cela étant, le Conseil encourage la synergie avec les activités de préparation à l'analyse de données pour CMB-S4. De plus, le Conseil suggère à la direction d'accorder le financement nécessaire afin de développer au meilleur niveau les activités de l'équipe au sein de la collaboration et d'assurer un retour scientifique à la hauteur du potentiel de découverte remarquable de SO. Enfin, le Conseil recommande l'ouverture de postes permanents pour pérenniser les savoir-faire acquis sur Planck et sur SO, qui seront cruciaux pour le succès de CMB-S4 et LiteBIRD.

6. CMB-S4

6.1 Présentation du projet CMB-S4

L'expérience CMB-S4 est envisagée comme le projet successeur de SO et de BICEP. Les objectifs principaux de CMB-S4 sont d'abord la recherche d'ondes gravitationnelles primordiales grâce aux modes B. Elle vise à mesurer avec une précision accrue le fond diffus cosmologique (CMB) par rapport à SO, avec un facteur 1,5-3 d'amélioration attendue sur le facteur "r" (rapport tenseur-scalaire avec une sensibilité visée de l'ordre du pour-mille), sur le nombre effectif d'espèces relativistes (avec une précision de l'ordre de quelques pourcents) ou sur le catalogue d'objets. Ensuite, l'exploitation du lentillage gravitationnel et de l'effet Sunyaev-Zel'dovich permettra de mieux connaître la distribution de matière, ce qui pourrait conduire à de nombreuses avancées, en particulier concernant le secteur des neutrinos, la matière noire, l'évolution des grandes structures, ou l'énergie noire.

Le projet CMB-S4 est basé sur la construction et l'exploitation à partir de 2031 de télescopes sur deux sites : le désert d'Atacama et le pôle sud. Il se positionne comme successeur de SO (et Advanced SO) sur le premier site, et du South Pole Observatory comprenant BICEP/KEK et le "South Pole Telescope" pour le second. Ces deux sites seront utilisés de façon complémentaire avec pour le premier l'observation d'environ 60% du ciel en intensité et polarisation linéaire alors que le deuxième présente l'avantage de pouvoir longuement observer une petite portion du ciel, ce qui est optimal pour la recherche des ondes gravitationnelles primordiales. Deux télescopes de grande ouverture (6m) sont ainsi prévus pour le site d'Atacama, afin d'observer les fréquences de 27 à 278 GHz. Pour le pôle sud, un télescope de grande ouverture (5m) ainsi que trois télescopes de faible ouverture (0.6m), chacun équipé de 3 tubes, sont envisagés.

L'expérience est articulée autour de deux structures qui coexistent sans se recouvrir totalement, un projet soutenu par le DOE et un par la NSF visant à construire les infrastructures, acquérir les données, les valider et transmettre pour exploitation à la collaboration. De par sa construction, le projet est porté par les Etats-Unis ce qui se traduit aussi dans les différentes responsabilités associées. La collaboration est organisée autour de six groupes de travail d'analyse. Il faut noter que l'implication dans la collaboration ne garantit pas de droits sur les données, qui seront attribués en fonction des contributions effectives.

6.2 Implications de l'IN2P3

On distinguera ici spécifiquement la phase dite préparatoire qui court jusqu'à la prochaine décision critique (CD2), prévue pour 2026, de la suite. Dans la phase actuelle donc, des équipes IN2P3 de l'APC, IJCLab et LPSC, ainsi que du CPB à Berkeley sont impliquées.

Les équipes proposent pour les prochaines années des contributions au niveau de l'électronique chaude (hors cryostat), pour un total d'environ 2 ETP par an à l'APC et au LPSC, et du traitement des données à bas niveau pour un total autour de 3 ETP par an sur l'ensemble des laboratoires. Les contributions instrumentales reposent sur l'expertise des équipes IN2P3 dans ATHENA, et la solution proposée est actuellement meilleure que les alternatives développées au SLAC. À noter toutefois que si la solution française était retenue, ce qui n'est pas pour l'instant garanti, elle devrait de toute façon être intégrée au reste de la chaîne conçue aux USA. Concernant le traitement des données, CMB-S4 produira des lots de données complexes et conséquents. L'IN2P3 dispose d'une longue expérience dans le traitement de

telles données, autant pour les expériences spatiales telles Planck que terrestres en physique des particules. La stratégie envisagée pour contribuer à ces aspects se base sur (1) l'adaptation du traitement via RUCIO et AMI développé pour ATLAS, (2) l'implication dans le programme multi-messager et le logiciel FINK, et (3) les synergies en termes d'outils d'analyse et de complémentarité des données avec les expériences SO et LiteBIRD. Il faut noter la création d'un groupe de travail commun LiteBIRD/S4, qui témoigne de l'importance de ces synergies.

6.3 Rappel des questions de la direction

- Quelles sont les spécificités (forces et faiblesses) de la contribution IN2P3 à CMB-S4 ? et comparées à celles des autres instituts internationaux impliqués ?
- L'engagement des équipes dans le projet est-il pertinent ? Est-il suffisant pour atteindre les objectifs affichés ?
- Quel est le retour scientifique attendu de CMB-S4 ? À quel point le retour scientifique de CMB-S4 sera-t-il aligné avec les recommandations des trois « Science Drivers » suivants (voir Annexe 1) :
 - *Understand the physics behind inflation and dark energy*
 - *Explore further the physics associated with the properties of neutrinos*
 - *Identify the nature of dark matter*
- Quelles synergies avec les expériences précurseurs telle SO ?

6.4 Avis

Le projet CMB-S4 jouera un rôle de premier plan d'ici une décennie. Des chercheurs de l'IN2P3 participent déjà individuellement à la collaboration CMB-S4 à travers différents groupes de travail reflétant leurs expertises dans le domaine. Cela étant, la stratégie qui se met en place est d'essayer d'intégrer le projet plutôt qu'uniquement la collaboration. Cela permettrait de garantir un accès privilégié aux données aux chercheurs de l'IN2P3 en tant qu'institut plutôt qu'individuellement. Cette participation nécessite une contribution active à la construction des instruments et au développement des chaînes de traitement des données dans la phase dite préparatoire. De ce point de vue, l'IN2P3 est actuellement bien positionné par rapport aux autres organes de recherches non-américains, avec un MoU en préparation pour couvrir la période jusqu'au CD2. La mise en place du CPB représente également une opportunité unique à exploiter.

6.5 Recommandations

Le Conseil reconnaît l'importance d'un engagement de l'IN2P3 durant la phase préparatoire, notamment concernant la poursuite des développements R&D précédemment mentionnés et la préparation des chaînes de traitement des données. Ces développements permettraient de valoriser le travail accompli jusqu'ici par l'IN2P3 dans d'autres expériences et pourraient s'avérer cruciaux pour remplir les objectifs scientifiques de CMB-S4. Deux post-docs sont actuellement impliqués sur la partie hardware, et un ou deux postes supplémentaires seraient probablement nécessaires d'ici la fin de la période menant au CD2. Pour la partie traitement des données, il conviendra de préciser les tâches à accomplir d'ici le CD2, alors qu'il est pour l'instant trop tôt pour se positionner sur l'analyse des futures données.

Le Conseil souhaiterait toutefois relever un point de vigilance. Pour que la stratégie mise en place soit gagnante, il apparaît nécessaire que l'institut se positionne relativement rapidement

sur son investissement futur, en particulier sur l'électronique chaude. Si la solution IN2P3 est retenue, il sera nécessaire de construire et livrer un ensemble conséquent d'instruments. Le coût final est encore difficile à estimer précisément à cette étape, ce qui rend la situation délicate. Le Conseil recommande toutefois de préciser la faisabilité d'une production à grande échelle, ce qui pourrait d'ailleurs renforcer la position de la solution proposée en amont du choix final. Ceci étant, in fine, l'accès aux données se fera probablement au prorata de l'investissement financier. En conséquence, sous réserve que la solution IN2P3 soit adoptée, une réévaluation future par le conseil paraît souhaitable, et cela aux alentours du CD2. À ce moment, il sera important d'être attentif à ce que la présence de l'IN2P3 aux niveaux des responsabilités reflète ses investissements, d'autant qu'actuellement, toutes les tâches sont sous la responsabilité de la NSF ou DOE.

Pour finir, l'étude du CMB est à une étape importante, et les avancées attendues dans les 15 ans à venir sont extrêmement prometteuses. La communauté française a besoin d'un apport régulier de nouveaux chercheurs pour garantir son dynamisme et sa visibilité, et par là, sa place dans les grands projets à venir, notamment CMB-S4. Il faudra toutefois veiller à ce que l'implication des personnels dans de multiples projets (SO, S4, LiteBIRD, etc.) ne soit pas un frein à l'avancée de ceux-ci.

Executive summary

The Council recognizes the importance of a commitment from the IN2P3 during the preparatory phase, in particular concerning the continuation of the R&D developments previously mentioned and the preparation of the data processing chain. These developments would make it possible to leverage the work accomplished so far by the IN2P3 in other experiments and could prove crucial to fulfilling the scientific objectives of CMB-S4. Two postdocs are currently involved in the hardware part, and one or two additional positions would probably be necessary by the end of the period leading to CD2. For the data processing part, it will be necessary to specify the tasks to be accomplished by CD2, although it is currently too early to take a position on the analysis of future data.

The Council would however like to raise a point of vigilance. For the planned strategy to be successful, it appears necessary for the institute to position itself relatively quickly on its future investment, in particular on the warm readout. If the IN2P3 solution is chosen, it will be necessary to build and deliver a substantial set of hardware. The final cost is still difficult to estimate precisely at this stage, which makes the situation delicate. The Council, however, recommends specifying the feasibility of large-scale production, which could also strengthen the position of the proposed solution upstream of the final choice. This being said, ultimately, access to data will probably be in proportion to the financial investment. Consequently, provided that the IN2P3 solution is adopted, a future re-evaluation by the Council seems desirable, and this concomitant to CD2. At this time, it will be important to be careful that the presence of the IN2P3 at the responsibility levels reflects its investments, especially since currently, all tasks are under the responsibility of NSF or DOE.

Finally, the study of the CMB is at an important stage, and the progress expected over the next 15 years is extremely promising. The French community needs a regular supply of new researchers to guarantee its dynamism and visibility, and thereby its place in major future projects, notably CMB-S4. However, it will be necessary to ensure that the involvement of staff in multiple projects (SO, S4, LiteBIRD, etc.) does not hinder their progress.

7. LiteBIRD

7.1 Présentation du projet LiteBIRD

Le projet LiteBIRD est une mission spatiale portée par la JAXA, l'agence d'exploration aérospatiale japonaise. Elle est entrée en phase A en septembre 2019, phase qui devrait durer jusqu'à la fin 2023. Cette mission est dédiée à la mesure des modes B de polarisation du fond diffus cosmologique, aux grandes échelles angulaires et aux échelles angulaires intermédiaires, dus aux ondes gravitationnelles primordiales générées à l'époque de l'inflation de l'univers.

L'expérience LiteBIRD mesurera les anisotropies de température et de polarisation du CMB en mode B et en mode E sur une gamme de multipôles allant de 2 à 300. La mesure des modes B de polarisation permet de contraindre le rapport tenseur/scalaire "r" caractéristique de l'amplitude des ondes gravitationnelles à une précision inférieure à 10^{-3} (dans l'hypothèse $r=0$). La sensibilité attendue sur ce paramètre permettra de discriminer les modèles simples d'inflation à un champ, dont les valeurs prédites sont justement de l'ordre de $r \approx 10^{-3}$. L'expérience LiteBIRD permettra également la détermination de la profondeur optique de ré-ionisation à la limite de la variance cosmique par la mesure des modes E de polarisation. La motivation de cette mesure est de pouvoir estimer la somme des masses des neutrinos, et discriminer la hiérarchie inverse de la hiérarchie normale dans ce secteur. Enfin d'autres domaines d'étude comme la biréfringence cosmique, la cartographie du gaz chaud par l'effet Sunyaev-Zel'dovich, ou encore la physique galactique seront également accessibles à LiteBIRD. Pour parvenir à une précision inférieure à 10^{-3} , la stratégie consiste à accéder aux grandes échelles angulaires à travers un relevé de tout le ciel, assembler de nombreux détecteurs, et minimiser l'impact des incertitudes systématiques.

L'expérience LiteBIRD sera composée de trois instruments, le télescope basse fréquence ("Low Frequency Telescope", LFT), le télescope moyenne fréquence ("Medium Frequency Telescope", MFT), et le télescope haute fréquence ("High Frequency Telescope", HFT), qui permettent de couvrir 15 bandes en fréquence de 34 GHz à 448 GHz, dont 4 bandes observées en commun par deux instruments. L'amplitude du signal attendue des modes B primordiaux est très faible, ce qui requiert une grande sensibilité : celle de LiteBIRD sera de l'ordre de $2.8 \mu\text{K.arcmin}$, soit 100 fois meilleure que celle de Planck, tandis que la résolution des instruments ira de 18 à 70 arcmin. Avec un lancement prévu en 2031¹, le satellite LiteBIRD sera placé sur une orbite autour du point de Lagrange L2 pour une durée de 3 ans.

La collaboration LiteBIRD regroupe plus de 350 chercheurs dans le monde, répartis entre le Japon, l'Europe (50%) et l'Amérique du Nord (US et Canada). La France est l'un des 9 pays Européens et participe à hauteur de 50 chercheurs et ingénieurs (notamment issus du CNRS avec l'IN2P3 et l'INSU, du CEA, du CNES). Au niveau de l'IN2P3, l'APC, IJCLab et le LPSC sont engagés à hauteur de 13 chercheurs, 7 ingénieurs, 3 post-doctorants et doctorants. Les équipes IN2P3 ont une implication sur les instruments MFT et HFT, en particulier sur la structure mécanique du télescope (IJCLab), ainsi que le refroidissement et la modélisation thermique du système (APC).

¹ Le lancement est désormais prévu en 2033

Le projet LiteBIRD a été examiné lors de la séance d'octobre 2020 et l'avis donné par le Conseil soulignait alors : 1) le positionnement stratégique de la mission, complémentaire des expériences au sol, 2) les contributions adaptées de l'IN2P3, tant en ressources humaines qu'au niveau de l'expertise technique et scientifique, 3) l'importance du projet pour consolider la branche spatiale de l'IN2P3 et pour pouvoir jouer un rôle de premier plan dans la compréhension des premiers instants de l'Univers. Le Conseil recommandait 1) de veiller à la redondance des expertises, 2) de soutenir les synergies entre LiteBIRD et les projets au sol (SO et CMB-S4) pour encourager les analyses combinées, en particulier via la création d'un GDR spécifique, 3) d'encourager les revues de projet, en particulier aux changements de phase du projet.

7.2 Principales évolutions par rapport à la séance d'octobre 2020

Même si la date de lancement a été repoussée à 2030-2031¹, le projet est toujours fortement soutenu par la JAXA avec un budget alloué de l'ordre de 300 millions de dollars. La JAXA est en train de mener une revue de définition de mission qui devrait conduire au lancement de la phase A1.

En France, le CNES a intégré le projet en 2019 et lancé une phase A2 pour les télescopes MFT et HFT qui devrait se terminer mi 2024. Si la revue de phase A2 est positive, le CNES initiera la phase B du projet pour ces deux télescopes.

Il y a une réelle complémentarité entre SO/CMB-S4 et LiteBIRD car les projets au sol ne couvrent pas la même gamme de moments multipolaires. De plus, certains chercheurs et ingénieurs travaillent à temps partiel sur les deux projets. Il est noté que la mesure de la poussière galactique par LiteBIRD permettra de nettoyer les données mesurées à partir d'expériences au sol, et que la reconstruction de l'effet de lentillage faible basée sur les observations polarisées par les expériences sol permettront à LiteBIRD de gagner en précision sur le rapport tenseur sur scalaire. Enfin, la mesure de la profondeur optique de ré-ionisation aidera à briser la dégénérescence dans la somme des masses des neutrinos. Une animation scientifique pour favoriser la synergie avec les projets au sol ainsi qu'avec les relevés de galaxies a été mise en place via la création du GDR CoPhy ("Cosmological physics").

7.3 Avis

Le projet est unique et les résultats attendus sont essentiels pour la mesure du CMB : il s'agit d'une mesure indépendante des données au sol et avec une précision sur "r" inférieure à 10^{-3} , nécessaire pour sonder une région bien motivée de modèles d'inflation ; LiteBIRD mesurera les effets d'avant-plan de la poussière galactique, ce qui ne peut pas être effectué au sol ; en tant que satellite LiteBIRD a accès à l'entièreté du ciel ce qui permet de gagner en précision statistique et systématique sur le spectre des multipôles. La complémentarité de LiteBIRD avec les projets SO et CMB-S4 est évidente. Le Conseil est d'avis que les échanges et la réflexion scientifique seront considérablement facilités avec le recrutement d'un post-doc, demandé par les équipes, pour initier un groupe de travail sur des sujets de physique communs.

8. QUBIC

8.1 Présentation du projet QUBIC

Le télescope QUBIC est un instrument novateur basé sur l'interférométrie bolométrique, qui recherchera la polarisation en mode B du CMB pour détecter les ondes gravitationnelles primordiales. Pour confirmer la théorie de l'inflation, QUBIC vise à parvenir à une précision inférieure à 1% sur le rapport tenseur sur scalaire d'ici 2027. L'approche utilisant l'interférométrie bolométrique combine une grande sensibilité des bolomètres avec un contrôle des sources potentielles de biais systématiques grâce à l'interférométrie. L'une des caractéristiques uniques de QUBIC est sa capacité d'imagerie spectrale. En mesurant les propriétés spectrales des sources à l'intérieur de la gamme de fréquences de l'instrument, il devient possible d'atténuer de manière plus efficace les bruits de fond. En amont, un filtre très large couvrant la plage de fréquences de 130 à 180 GHz est utilisé. De plus, la résolution spectrale $\Delta\nu/\nu$ est conçue pour être environ 5 fois meilleure qu'avec des imageurs classiques (tels que CMB-S4). La séparation des fréquences est effectuée a posteriori, lors de l'analyse hors ligne. Cette procédure permet de séparer les différentes composantes du signal (CMB, poussières galactiques, etc.) et d'effectuer simultanément l'imagerie.

À l'origine, le projet QUBIC avait prévu de mettre en place deux plans focaux distincts : l'un fonctionnant dans la plage de fréquences de 130 à 180 GHz, et l'autre dans la plage de 190 à 250 GHz. Actuellement, seul le plan focal 130-180 GHz a été partiellement installé en Argentine, et il reste à ajouter les derniers détecteurs, ce qui sera réalisé dans un délai d'un an, étant donné que les fonds nécessaires sont déjà disponibles. De plus, au cours du développement, il a été constaté que la création d'un second plan focal (190-250 GHz) n'était pas nécessaire. Au lieu de cela, la décision a été prise d'ajouter des détecteurs supplémentaires au plan focal existant. Dans le schéma de conception initial, qui utilisait une lame dichroïque, la moitié des photons étaient perdus, tandis que la nouvelle approche permet de conserver tous les photons, garantissant ainsi un rapport signal sur bruit optimal. Cette décision présente également l'avantage d'économiser des ressources financières en évitant la fabrication d'un second plan focal.

Après les tests en laboratoire du démonstrateur technologique, identique à l'instrument complet mais avec moins de détecteurs et de lignes de base, l'IN2P3 et l'INFN ont examiné et validé ses performances. L'IN2P3 est impliqué avec l'APC, qui a notamment intégré, calibré et testé le démonstrateur depuis 2018, ainsi que l'IRAP Toulouse (INSU) et le C2N (CEA). L'instrument a été expédié en Argentine en 2021 et a été inauguré sur son site à 5000 mètres d'altitude en novembre 2022, où la mise en service est en cours.

8.2 Avis

L'imageur spectral utilisant l'interférométrie bolométrique pourrait représenter une révolution pour le futur de l'étude du CMB, en proposant d'atténuer de manière drastique les bruits de fond aux modes B. La complémentarité de cette technologie avec d'autres employées dans les mesures du CMB pourrait constituer un atout majeur pour l'avancement de la recherche dans ce domaine.

Les premiers résultats obtenus avec le démonstrateur technologique sont a priori prometteurs, mais mener des études approfondies sera nécessaire pour valider pleinement cette technologie. Le Conseil attire l'attention de la direction sur l'importance de soutenir la mise en service de l'actuel démonstrateur. Rendre l'interféromètre opérationnel et produire une image spectrale à haute résolution sera un élément clé pour une séparation efficace des composantes. Le Conseil suggère aux équipes de démontrer rapidement la faisabilité de l'interférométrie bolométrique avec des observations du fond diffus cosmologique, et en parallèle d'étudier la précision à atteindre sur la connaissance de l'instrument pour garder les effets systématiques à un niveau suffisant pour atteindre une précision sur "r" de 10^{-3} . Cette démonstration est essentielle pour mettre au point un instrument compétitif dans le panorama international pour la recherche des modes B de polarisation du CMB. Le Conseil insiste sur l'importance d'une telle démonstration en préambule à toute proposition de contribution à SO/CMB-S4 avec un instrument utilisant l'interférométrie bolométrique.

9. NIKA2, KIDs

9.1 Présentation de la technologie KIDs

Les KIDs ("Kinetic Inductance Detectors", détecteurs à inductance cinétique) sont un type de détecteur de photons opérés à des températures cryogéniques, dans lequel le rayonnement incident est absorbé dans des pixels en matériau supraconducteur disposé dans un circuit résonant. Les détecteurs cryogéniques, en particulier les KIDs, sont désormais mûrs pour une utilisation dans des projets de cosmologie du CMB de nouvelle génération, en raison de leur sensibilité, de leur facilité de fabrication, de leur large bande passante, de leur vitesse, de leurs capacités de multiplexage et de leur résistance aux facteurs environnementaux. Les KIDs, y compris la technologie des KIDs à éléments groupés (LEKID), constituent un absorbeur à l'impédance adaptée aux rayonnements millimétriques et submillimétriques. Cette technologie est adaptée à la recherche des modes B inflationnistes et à la mesure des distorsions du spectre du CMB, en particulier avec l'effet Sunyaev-Zel'dovich de distorsion du CMB par diffusion Compton inverse d'électrons de grande énergie, avec lequel on détecte des perturbations de densité comme des amas de galaxies.

Le projet KID actuel englobe à la fois la R&D fondamentale sur les détecteurs et le développement d'instruments pour l'observation des modes B du CMB (avec NIKA2 et une éventuelle participation à SO), de la distorsion du spectre du CMB par l'effet Sunyaev-Zel'dovich (avec NIKA2, KISS et CONCERTO), et pour la cartographie d'intensité des raies (CONCERTO). Sur le plan instrumental, les domaines d'intérêt sont les suivants : (i) la construction d'un plan focal à grande échelle avec des dizaines de milliers de détecteurs à bruit limité ; (ii) le développement d'une électronique de lecture économe en énergie avec un multiplexage élevé ; (iii) la création d'éléments optiques de grande taille (miroirs et lentilles) ; (iv) la garantie d'un contrôle précis des erreurs systématiques inhérentes à la technologie. Il s'agit sur le court terme (2023-2025) d'améliorer la performance des instruments existants NIKA2 et CONCERTO, et sur le long terme (d'ici 2032) de positionner la technologie comme candidate pour contribuer à la mission spatiale de prochaine génération dédiée aux modes B et aux distorsions spectrales du CMB. En outre, le projet explore les aspects liés aux lectures froides et chaudes, au développement de l'instrumentation, des logiciels d'acquisition et de la caractérisation en laboratoire.

Une collaboration grenobloise composée de l'Institut Néel, du LPSC, de l'IPAG et de l'IRAM, a été à l'avant-garde de l'utilisation des KIDs aux fréquences millimétriques. Cet effort pionnier a été consolidé par l'établissement d'un Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS). Dans ce contexte, la caméra NIKA2 est installée au télescope de 30 m de l'IRAM (Pico Veleta, Andalousie) depuis 2015 pour des observations scientifiques se poursuivant jusqu'en 2030 environ et l'instrument CONCERTO a été en opération au télescope de 12 m d'APEX (Atacama) entre 2020 et 2023. Ces instruments sont à l'avant-garde des installations scientifiques millimétriques basées sur les KIDs dans le monde entier. Actuellement, tous ces laboratoires sont activement engagés dans le développement de la prochaine génération d'instruments basés sur la technologie KID. L'APC et le GEPI (Observatoire de Paris), qui participent au GIS, ont mis au point et testé une technologie KID pour le projet SPIAKID, en l'appliquant aux bandes visibles et infrarouge proche pour l'imagerie spectrophotométrique.

9.2 Présentation de la caméra NIKA2

La caméra millimétrique NIKA2 ("The New IRAM Kids Arrays") est installée au télescope de 30 mètres de l'IRAM, et vise à étudier la formation des planètes et des étoiles ainsi que leur évolution, les propriétés d'émission de la poussière galactique sous champs magnétiques, l'évolution des galaxies de poussière pouponnières d'étoiles ("Dusty Star-Forming Galaxies", DSFG), et la physique des amas de galaxies en tant que sondes cosmologiques de la formation des grandes structures et de l'évolution de l'univers. Équipée de 2900 détecteurs KID fonctionnant à 100 mK, répartis dans trois matrices, NIKA2 observe le ciel dans les deux bandes de fréquences 150 et 260 GHz, avec une très bonne sensibilité et une résolution angulaire de respectivement 17,6 et 11,1 secondes d'arc. NIKA2 offre également une capacité de détection de la polarisation à la fréquence de 260 GHz. Sans concurrent direct jusqu'en 2030, NIKA2 est un instrument sélectionné par l'IRAM en 2014 pour devenir l'instrument d'imagerie permanent du télescope de 30 mètres.

Parmi les résultats scientifiques, la collaboration NIKA2 a effectué la cartographie des amas de galaxies grâce à l'effet Sunyaev-Zel'dovich, a étudié la faisabilité de l'estimation de la masse des DSFG et effectué leur comptage dans des relevés emblématiques. Les observations du plan galactique ont permis de découvrir des cœurs pré-stellaires qui n'avaient pas été détectés auparavant, et des analyses détaillées des galaxies proches ont été effectuées. Ces résultats ont donné lieu à des études de suivi avec d'autres instruments et ont été présentés lors de grandes conférences internationales. Le LPSC a en outre lancé la série de conférences "Millimeter Universe", qui attire chaque année des chercheurs du domaine millimétrique. Le programme LPSZ ("Large Program Sunyaev-Zel'dovich") utilise les capacités de NIKA2 pour étudier environ 35 amas, couvrant une gamme de masses et de décalages vers le rouge permettant de mesurer la relation d'échelle entre la masse et l'observable Sunyaev-Zel'dovich et de déterminer le profil de pression moyen dans le milieu intra-amas.

La collaboration NIKA2, composée d'environ 160 chercheurs et ingénieurs de 9 pays, est responsable de la construction, de la mise en service et de la maintenance de l'instrument. A l'IN2P3, il y a 5 scientifiques, avec des responsabilités de premier plan et des contributions majeures à la construction, ainsi que des rôles clés dans l'exploitation scientifique. La caméra a été construite par une collaboration entre l'Institut Néel, l'IRAM, l'Université de Cardiff et le

LPSC, et a fourni des observations scientifiques depuis 2017, avec des observations polarisées en cours et des améliorations potentielles de l'instrument à l'étude, qui se poursuivront au moins jusqu'en 2027. L'équipe du LPSC a joué un rôle crucial dans le développement des capacités de polarisation, avec la responsabilité de la conception et de la construction d'un modulateur de polarisation utilisant une plaque demi-onde rotative, et le développement de la chaîne de traitement des données.

9.3 Avis

La collaboration NIKA2 a obtenu des résultats scientifiques significatifs, dans lesquels la France joue un rôle de premier plan avec une forte contribution de l'IN2P3. Ces observations sont par exemple précieuses pour estimer les masses des amas dans l'univers primordial et améliorer en général les analyses cosmologiques basées sur l'effet Sunyaev-Zel'dovich. Avec ce fort potentiel de découverte dans le domaine des longueurs d'onde millimétriques, le Conseil encourage les équipes travaillant sur les KIDs à poursuivre les discussions avec la collaboration SO pour construire un SAT supplémentaire basé sur la technologie LEKID.

10. Discussions internes au CSI

10.1 Discussions avec la direction

Agenda de la séance du CSI des 23 et 24 octobre 2023 :

La séance portera sur la recherche directe de matière noire, avec l'examen des projets XENONnT (incluant la R&D associée XELAB et la future expérience DARWIN), DARKSIDE, TESSERACT, DAMIC, MADMAX et MIMAC.

Campagne de recrutement 2023 :

La liste des postes ouverts sera publiée en fin d'année. Le Conseil demande si la promulgation de la loi sur les retraites va avoir un impact sur les postes ouverts. La direction répond qu'il y aura un impact mais qu'elle n'en sait pas beaucoup plus. Notons que les dates d'ouverture du dépôt des candidatures au concours sont fixées cette année à la période du 10 janvier au 9 février 2024, soit un mois plus tard que les années précédentes.

Information sur la thématique Calcul lors de la campagne 2022 :

La CID 55 n'a pas retenu à l'audition le candidat qui demandait à venir sur la thématique Calcul et données du LHC. La CID n'a pas considéré que cette activité relevait strictement de la recherche dans le domaine couvert par cette section. Cette voie n'ayant pas fonctionné, une réflexion est à mener pour les prochains recrutements sur cette thématique.

Composition de la prochaine mandature du CSI IN2P3 :

Les élections pour le renouvellement du CS CNRS et des CSI se sont tenues du 27 juin au 4 juillet. La direction appelle des suggestions de nominations pour la prochaine mandature du CSI IN2P3.

Connexion entre le CSI IN2P3 et les CS de laboratoires :

La direction cherche une solution pour établir une connexion entre le CSI IN2P3 et les CS de laboratoires. Le Conseil mentionne que des propositions pourront être faites dans le rapport de prospectives du CSI.

Discussion sur la séance présente :

Comme nouveauté pour cette séance, un document de cadrage rédigé par la direction a été diffusé aux membres du Conseil, aux orateurs des deux projets examinés pour recommandation, ainsi qu'aux rapporteurs. Le Conseil juge le document de cadrage très utile et aimerait systématiser son emploi pour le futur.

10.2 Vie du Conseil

Documents de prospectives du Conseil :

Le Conseil discute du document de prospectives. Cinq groupes de travail sont formés :

- GT1 : axes et projets déjà bien engagés, ou mis en avant à l'Institut, mais qui n'ont pas été traités dans cette mandature.
- GT2 : sujets déjà examinés partiellement, mais dont le Conseil a recommandé un nouveau passage en séance pour recommandation
- GT3 : sujets oubliés jusqu'à présent, mais dont le Conseil juge qu'il serait intéressant de les examiner
- GT4 : vie du Conseil, suggestions pour la prochaine mandature
- GT5 : adaptation de nos disciplines à l'impératif bas-carbone, ainsi que le thème des entraves à la recherche

Discussion sur les entraves administratives à la recherche :

Le Conseil discute du livre blanc préliminaire du CS CNRS sur les entraves administratives à la recherche. Le livre blanc a parfois été compris comme une attaque envers les délégations régionales, alors que son intention était de dénoncer le système bureaucratique qui entrave aussi le travail des délégations, et dont les personnels administratifs sont également les victimes au même titre que les autres personnels de la recherche.

Représentation du CS CNRS au CSI IN2P3 :

P. Balcou (CS CNRS) remercie le Conseil pour l'invitation à participer aux séances du CSI IN2P3. Par la même occasion, cela a aussi permis de représenter l'IN2P3 au CS CNRS.