

COMITÉ NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CONSEIL SCIENTIFIQUE D'INSTITUT

Compte rendu

Conseil scientifique de l'IN2P3
30 juin – 1^{er} juillet 2020

Sommaire

1. Introduction sur le spatial à l'IN2P3 : Berrie GIEBELS	4
2. Panorama des projets et des équipes : Stéphanie ESCOFFIER	4
3. LISA-Pathfinder : Antoine PETITEAU	4
3.1 Présentation de LISA-Pathfinder	4
3.2 Avis et recommandations	5
4. Fermi : Philippe BRUEL	6
4.1 Présentation de Fermi	6
4.2 Avis	8
4.3 Recommandations	8
5. AMS : Laurent DEROME	8
5.1 Présentation de AMS	8
5.2 Avis	9
5.3 Recommandations	10
6. Planck : Matthieu TRISTRAM	10
6.1 Présentation de Planck	10
6.2 Recommandations	11
7. SVOM : Cyril LACHAUD	12
7.1 Présentation de SVOM	12
7.2 Avis	12
8. Euclid : Kenneth GANGA	13
8.1 Présentation de Euclid	13
8.2 Avis	14
9. EUSO : Etienne PARIZOT	15
9.1 Présentation de EUSO	15
9.2 Avis	16
10. Résumé : Sophie HENROT-VERSILLÉ	17
11. Commentaires généraux	17
12. Discussions internes au CSI	18
12.1 Discussion avec le président de la section 01	18
12.2 Discussion avec la Direction	19

Présents : G. Broojmans, H. Costantini, B. Cros, N. Chanon, D. Laporte, O. Drapier, P. Janot, S. Escoffier-Martory, L. Fayard, B. Fernández Domínguez, V. Givaudan, S. Henrot-Versillé, D. Laporte, M. Lindroos, F. Marion, R. Maurice, N. Neyroud Gigeux, C. Nones, B. Ramstein, M. Rousseau, C. Smith, R. Trebossen, G. Verde, M. Yamouni, F. Yermia

Orateurs : P. Bruel, L. Derome, K. Ganga, C. Lachaud, E. Parizot, A. Petiteau, M. Tristram

Invités: Philippe Balcou (CS CNRS), R. Granier de Cassagnac (Section 01).

Rapporteurs : D. Massonnet (CNES), Y. André (CNES)

Membres présents de la direction : R. Cledassou, B. Giebels, R. Pain, L. Vacavant, P. Verdier

La séance du 30 juin - 1 juillet 2020, dédiée à l'examen des projets spatiaux à l'IN2P3, a été tenue à distance.

Programme de la session ouverte du 30 juin :

- 1) Introduction sur le spatial à l'IN2P3 (B. Giebels)
- 2) Panorama des projets et des équipes : (S. Escoffier-Martory)
- 3) LISA-Pathfinder (A. Petiteau)
- 4) Fermi (P. Bruel)
- 5) AMS (L. Derome)
- 6) Planck (M. Tristram)
- 7) SVOM (C. Lachaud)
- 8) Euclid (K. Ganga)
- 9) EUSO (E. Parizot)
- 10) Résumé (S. Henrot-Versillé)

1. Introduction sur le spatial à l'IN2P3 : Berrie GIEBELS

B. Giebels introduit la thématique du spatial à l'IN2P3. La présentation est disponible sur le site web du CSI.

2. Panorama des projets et des équipes : Stéphanie ESCOFFIER

S. Escoffier présente un panorama des projets et équipes à l'IN2P3 travaillant sur le spatial. La présentation est disponible sur le site web du CSI.

3. LISA-Pathfinder : Antoine PETITEAU

3.1 Présentation de LISA-Pathfinder

LISA Pathfinder (LPF) est une mission spatiale de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) conçue pour démontrer la viabilité d'une partie des technologies nécessaires à la détection des ondes gravitationnelles dans l'espace, en vue du projet LISA. Lancé fin 2015, LPF a connu 16 mois d'opérations scientifiques couronnées de succès, qui ont donné lieu à une quinzaine de publications.

L'objectif de LPF était double : 1) démontrer la possibilité de maintenir des masses tests en chute libre avec une accélération résiduelle au niveau du fm.s^{-2} , et 2) démontrer la possibilité de mesurer la position relative des masses tests à un niveau inférieur au picomètre. LPF a ainsi permis de tester les différents éléments nécessaires pour atteindre ces objectifs (capteur inertiel, système de compensation de traînée, micro-propulseurs, dispositif de mesure interférométrique) et de quantifier les performances atteintes (mesure de l'accélération résiduelle des masses tests, caractérisation des performances des différents sous-systèmes et de leur contribution au bruit d'accélération, évaluation des performances des mesures par interférométrie). Les résultats finals de LPF ont mis en évidence une accélération différentielle entre les masses tests d'à peine $2 \text{ fm.s}^{-2} \sqrt{\text{Hz}}$ dans la gamme du mHz, excédant les objectifs de plus d'un ordre de grandeur et surpassant même les spécifications pour LISA. Ces excellents résultats, conjugués aux premières observations d'ondes gravitationnelles sur Terre, ont permis en 2017 la sélection de LISA comme mission L3 par l'ESA.

La France s'est impliquée dans LPF à travers un seul laboratoire, l'APC, qui sous l'impulsion de Pierre Binétruy a rejoint le projet en 2005. Avec le soutien du CNES et de l'IN2P3, l'équipe de l'APC a pu apporter une contribution sur l'instrument (suivi de la réalisation d'un modulateur pour le laser et validation de ses procédures de test) et s'impliquer fortement dans les opérations scientifiques lors de la mission ainsi que dans l'extraction et la publication des résultats. Cette contribution pionnière à LPF a été l'amorce d'une implication de plus grande ampleur de la France dans le consortium LISA, ouvrant la voie à des prises de responsabilités conséquentes.

3.2 Avis et recommandations

Le Conseil félicite l'équipe de l'APC pour avoir joué un rôle majeur dans la prouesse expérimentale que représente la mission LISA Pathfinder, contribuant de manière convaincante et visible à des résultats expérimentaux de très grande qualité, décisifs pour le futur de la détection des ondes gravitationnelles dans l'espace.

Le Conseil note avec intérêt le retour d'expérience formulé par l'équipe, notamment en ce qui concerne la nécessité pour les équipes CNRS de suivre très étroitement le travail des industriels pour contrôler tous les aspects (les micro-propulseurs et les systèmes d'horloge, de conception extérieure, se sont révélés à la limite de conformité), ainsi que le rôle favorable qu'a pu jouer le Centre François Arago pour s'impliquer dans les opérations en vol. Il recommande de veiller à ces points pour LISA et les missions spatiales en général.

Le Conseil recommande également que les conditions favorables créées par l'engagement pionnier de l'APC dans LPF soient consolidées par une implication ambitieuse de la France dans LISA.

Le Conseil note que si les résultats de LPF et de la mission GRACE-FO ont permis de valider bon nombre des techniques nécessaires à LISA, certains aspects extrêmement ambitieux demandent encore à être consolidés, notamment l'interférométrie à des millions de kilomètres de distance, la maîtrise des effets de rotation des satellites et la réduction du bruit du laser grâce à l'interférométrie à temps retardés. Il note avec satisfaction la volonté des équipes françaises de s'impliquer sur certains de ces défis.

Executive summary:

The Council congratulates the APC team for playing a major role in the experimental feat of LISA Pathfinder, contributing very convincingly and visibly to high quality experimental results, which are critical to the future of gravitational wave detection in space.

The Council acknowledges the return of experience provided by the team, noticeably on the necessity of a close collaboration with industrial partners to control every aspect (micro-thrusters and clock systems provided by an external company were just below the compliance limit), as well as the useful role of François Arago center to get involved in flight operations. The Council recommends ensuring these points for LISA and other spatial missions in general.

The Council recommends as well that the favorable conditions created by the pioneering involvement of APC in LPF will be consolidated with an ambitious involvement of France within LISA.

The Council notices that if the results of LPF and of GRACE-FO mission validated many of the techniques necessary to LISA, several extremely ambitious aspects are still to be consolidated, especially the interferometry at million-kilometer distance, the control of satellite rotation, and the reduction of laser noise with time-delay interferometry. The Council notes with satisfaction that French teams are willing to be involved on some of these challenges.

4. Fermi : Philippe BRUEL

4.1 Présentation de Fermi

Le *Fermi Gamma-ray Space Telescope* est un télescope spatial lancé en 2008 et dédié à l'étude des rayonnements gamma. Fermi est une mission NASA avec participation du *Department of Energy* du côté américain et des instituts de six pays (Etats-Unis, France, Italie, Japon, Suède et Allemagne). Fermi est constitué de deux instruments : le Gamma-ray Burst Monitor (GBM) qui couvre la région en énergie de 8 keV à 40 MeV, et le Large Area Telescope (LAT), instrument principal de Fermi, qui observe les gammas de 30 MeV à 1 TeV.

Les observations faites par Fermi ont révolutionné l'astronomie gamma dans la dernière décennie : avant Fermi seulement quelques centaines de sources étaient détectées, alors qu'aujourd'hui Fermi observe des milliers de sources tant galactiques qu'extragalactiques. Fermi a aussi favorisé la connexion entre l'astronomie gamma et les autres domaines de l'astrophysique. En particulier les données de Fermi sont fondamentales pour les études multi-longueurs d'onde cherchant à comprendre les mécanismes physiques des sources observées. Fermi a aussi contribué aux premières observations multi-messagers en combinaison avec les ondes gravitationnelles et les neutrinos. Ces caractéristiques restent des atouts majeurs à l'ère de l'astronomie multi-messagers et de l'astronomie des phénomènes transitoires.

Les équipes de l'IN2P3 (CENBG, LLR, LUPM) sont impliquées dans la collaboration Fermi et en particulier sur le LAT depuis sa conception à différents niveaux. Une équipe du PCC-Collège de France a aussi été impliquée au tout début du projet jusqu'en 2001. Les contributions de l'IN2P3 sont nombreuses et remarquables, de la conception et construction des éléments du calorimètre à la mise en place des outils de reconstruction, jusqu'à l'analyse physique des données et leur interprétation théorique. Au niveau des contributions techniques, le travail était concentré sur le calorimètre, dont la conception et la construction de la structure ont été pris en charge par le LLR. Une démarche de qualité a été adoptée pour satisfaire les procédures et normes du domaine spatial. Cette approche, devenue maintenant standard à l'IN2P3 pour la réalisation des différents projets, n'était pas courante à l'époque mais a été jugée très bénéfique par l'équipe. Les équipes de l'IN2P3 ont aussi apporté d'importantes contributions aux tests du détecteur. Le CENBG a été responsable de différents tests en faisceau au GANIL, à GSI et au CERN. L'IN2P3 a aussi conçu un test simple pour la calibration de la datation absolue des arrivées des gammas dans le LAT, travail dont les résultats ont révélé un bogue qui aurait empêché la découverte de la population de pulsars milliseconde. Les équipes IN2P3 ont aussi contribué à la reconstruction en énergie en lien avec leurs contributions techniques sur le calorimètre.

Les équipes de l'IN2P3 ont participé activement à la préparation, puis à la mise en œuvre des instruments au SLAC, en particulier à la validation de leurs performances

à partir des données elles-mêmes. Des membres de l'IN2P3 ont assuré la coordination du groupe « Étalonnage et Analyse » en 2007 et en 2013.

Depuis 2008 toutes les productions de simulations par Monte Carlo du LAT (GEANT4) ont été faites au CC-IN2P3 sous le contrôle du LUPM. La contribution de l'IN2P3 aux activités de maintenance & opérations de Fermi se fait via le financement du calcul au CC-IN2P3 depuis le lancement.

Dès le début de la conception de la mission, la NASA a imposé que les données, ainsi que les outils pour les analyser, soient rendus publics, engageant la Collaboration dans un travail préparatoire essentiel sur les outils d'analyse bien avant le lancement. Des exercices d'analyse de données simulées à grande échelle ont été organisés de 2003 à 2006 pour valider ces outils. Les équipes de l'IN2P3 se sont fortement investies dans ces activités, ce qui leur a permis d'exploiter les données dès leur acquisition. Si la politique de données publiques a pu initialement être ressentie comme une pression, des avantages ont rapidement été remarqués, les droits et responsabilités assumés par les membres ayant cessés d'être directement proportionnés aux contributions financières ou techniques initiales des instituts auxquels ils appartiennent, Cela a permis des contacts privilégiés avec certains des meilleurs experts mondiaux du domaine hors de la Collaboration. Par ailleurs, le système mis en place de responsabilités tournantes des groupes de travail, semblable à ce qui se fait en physique des particules, a réduit les risques de conflit dans la Collaboration.

Au niveau de l'exploitation des données scientifiques, les équipes de l'IN2P3 ont apporté des contributions importantes à différents groupes de travail (catalogues de sources, pulsars, SNRs, AGN, sursauts gamma, matière noire). Dans ces différents groupes de travail, les équipes de l'IN2P3 ont été capables de prendre des rôles de coordination et se sont révélées motrices pour de nouvelles recherches : collaboration avec la communauté radio pour fournir les éphémérides radio dans la recherche des pulsars ; synergie avec le domaine de TeV pour étude combinées des AGN ; développement de nouvelles méthodes statistiques pour l'étude de la violation de l'invariance de Lorentz avec les photons issus des sursauts gamma ; étude des propriétés de jet des sursauts gammas ; première analyse statistique combinée de toutes les naines sphéroïdes considérées pour la recherche de matière noire ; etc.

Tout membre LAT du groupe de travail GRB assure chaque année environ cinq semaines par roulement en tant que responsable des sursauts gamma (« Burst Advocate »). En dehors des GRBs, les sources variables au GeV sont majoritairement des AGN, mais il y a aussi d'autres types de sources (soleil, sources galactiques, sources non-identifiées). Le LAT est très efficace pour surveiller le ciel au GeV. Cette surveillance est effectuée avec l'activité d'observation du ciel de rayons gamma (« Flare Advocate - Gamma-ray Sky Watcher »), assurée chaque semaine par un membre de la collaboration LAT. Les membres des équipes IN2P3 ont participé à ces roulements depuis le début de la mission, ce qui leur a permis de signer 16 préavis d'observation ATels (« Astronomer's Telegram », qui diffuse rapidement de nouvelles observations astronomiques).

4.2 Avis

Le Conseil félicite l'équipe pour les contributions significatives et visibles dans la collaboration Fermi-LAT ainsi que pour les résultats scientifiques remarquables obtenus depuis le lancement du satellite. L'équipe a trouvé un bon équilibre entre les contributions techniques et physiques dès le début de sa participation. La rotation des responsabilités au sein de la collaboration a permis la reconnaissance et la visibilité de membres de l'IN2P3. La règle de la NASA imposant de rendre publics les données et les outils d'analyse après un temps propriétaire s'est finalement transformée en un avantage, et constitue un bel exemple de gestion des données publiques.

4.3 Recommandations

La participation à la mission spatiale Fermi et à la collaboration Fermi-LAT constitue un exemple remarquable de synergie entre les domaines de l'astrophysique spatiale et de la physique des particules. Le soutien financier et le support en général de l'IN2P3 a été fondamental pour le succès d'une de ses premières aventures spatiales. Le Conseil recommande à la Direction d'accorder aux autres missions spatiales un soutien similaire à celle-ci, afin d'élargir la visibilité de l'Institut et de maximiser le retour scientifique.

Executive summary:

The participation in the Fermi spatial mission and in the Fermi-LAT collaboration constitutes a remarkable example of synergy between spatial astrophysics and particle physics domains. The funding and the general support of IN2P3 were fundamental to achieve success of one of the first spatial adventures of IN2P3 teams. The Council recommends that the direction of IN2P3 provide to other spatial missions a support similar to Fermi, in order to enlarge the visibility of our institute and maximize the scientific return.

5. AMS : Laurent DEROME

5.1 Présentation de AMS

Les objectifs scientifiques principaux du Spectromètre Magnétique Alpha (AMS-02) sont l'étude de la propagation des rayons cosmiques, la recherche indirecte de matière noire et la recherche d'antimatière. AMS-02 est un détecteur de particules complet, installé sur la station spatiale internationale (ISS), permettant l'identification et la mesure de l'énergie des électrons, positons, photons, protons, antiprotons, et noyaux.

La Collaboration AMS regroupe environ 300 scientifiques. L'IN2P3 y est engagé depuis 1996. Une étape importante du projet a été le vol précurseur en 1998 (AMS-01). Le calendrier de l'expérience a été profondément bouleversé par l'accident de la navette Discovery en 2003. L'instrument AMS-02 a finalement été installé sur l'ISS en 2011 et est toujours en période de prise de données. Trois laboratoires de l'IN2P3

ont participé au projet : le LAPP (Annecy), le LPSC (Grenoble) et le LUPM (Montpellier), avec des contributions techniques sur le calorimètre électromagnétique, l'imageur Cerenkov, et le module GPS, respectivement. AMS-02 fonctionne 24h/24 et 365 jours/an depuis 2011. Une opération assez spectaculaire de remplacement des pompes de refroidissement pour l'aimant a cependant été nécessaire et a eu lieu fin 2019-début 2020. Le centre de contrôle des opérations (Payload Operation Control Center) d'AMS-02 est basé au CERN.

Au niveau de la concurrence, PAMELA était un instrument comparable à AMS-02, mais de plus petite taille, et a cessé d'opérer en 2016. D'autres expériences de mesure du rayonnement cosmique galactique (RCG) ont été envoyées sur satellite (DAMPE) ou installées sur l'ISS (ISSCREAM, CALET), mais ils ne fournissent qu'une mesure de l'énergie calorimétrique, avec une résolution en énergie modeste pour les hadrons et pas de capacité de mesurer le signe de la charge.

L'expérience AMS a mobilisé jusqu'à une quinzaine de chercheurs dans les trois laboratoires et une vingtaine d'ingénieurs sur une période de 10 ans, avec un investissement maximum dans la phase de construction des sous-détecteurs, jusqu'en 2006. A ce jour, le projet est financé par l'IN2P3 pour les fonds communs et par le CNES pour les missions. En termes de post-docs et d'allocations doctorales, le projet a bénéficié du soutien de l'IN2P3, du labex ENIGMASS, des universités Savoie Mont-Blanc et Grenoble Alpes. Le schéma particulier d'AMS-02, avec des responsabilités très partagées entre la NASA pour l'implantation dans ISS et l'IN2P3 pour la construction du détecteur, a bien fonctionné. En revanche, l'absence d'implication du CNES au niveau opérationnel a été un frein au rayonnement du projet. La coordination centralisée propre à AMS, même si elle s'est montrée efficace pour le succès du projet, n'a pas favorisé la visibilité des jeunes chercheurs.

5.2 Avis

L'expérience AMS-02 a contribué significativement à l'approfondissement de la connaissance du rayonnement cosmique primaire et secondaire. Les résultats de la collaboration AMS-02 ont eu un impact majeur sur les recherches de matière noire en fournissant de nouvelles données avec une meilleure précision et une gamme énergétique plus large. Le retour d'expérience scientifique est très satisfaisant. Le Conseil félicite donc l'équipe du projet AMS-02 pour les résultats obtenus et la performance de l'instrument.

Le poids de la contribution des laboratoires de l'IN2P3 dans la production scientifique de la Collaboration AMS-02 est important étant donnée la taille de la collaboration. Les résultats ont été bien valorisés avec, notamment, la mise en place en 2012 d'une base de données regroupant l'ensemble des mesures. Les équipes de l'IN2P3 ont joué un rôle actif dans la production scientifique, en particulier avec des participations aux travaux théoriques.

Avec une contribution initiale de trois laboratoires IN2P3 dans le projet AMS (LAPP, LPSC, LUPM), l'implication de l'IN2P3 est désormais réduite : après le retrait du LUPM en 2015 et du LAPP en 2019, seul le LPSC maintient une participation à l'exploitation des données d'AMS.

5.3 Recommendations

La participation de l'IN2P3 sur le projet AMS-02 est tout-à-fait pertinente au vu des performances uniques de cet observatoire et de la qualité des résultats scientifiques obtenus. Les laboratoires de l'IN2P3 ont réussi à acquérir une visibilité importante dans la réalisation du détecteur et ont eu un impact majeur dans les analyses de la collaboration.

Bien que le l'investissement scientifique de l'IN2P3 soit déjà amplement valorisé, et même si la participation va rester modeste (en nombre de FTE) dans les années futures, le Conseil recommande de veiller à continuer les analyses des données et les collaborations avec les théoriciens qui ont très bien fonctionné.

Executive summary:

The involvement of the IN2P3 in the AMS-02 project is very relevant in view of the unique performance of this observatory and the high quality of the scientific results obtained. The IN2P3 laboratories have managed to gain a significant visibility in the realization of the detector and to achieve a major impact in the data analysis within the collaboration.

Although the return on the scientific investment from the IN2P3 is already very important, the Council recommends, despite a modest participation in number of FTE foreseen in future years, to pursue the data analysis and collaborations with theorist that have proven very successful.

6. Planck : Matthieu TRISTRAM

6.1 Présentation de Planck

Le satellite Planck de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) est dédié à l'étude de l'Univers primordial par l'observation du fond diffus cosmologique (CMB) ou rayonnement fossile à 3K. Mis sur orbite en 2009, Planck a observé le ciel jusqu'en octobre 2013, produisant des images du ciel micro-onde et submillimétrique en température et en polarisation à très haute résolution, dans neuf bandes de fréquences allant de 30 à 857 GHz. Ces données ont été analysées jusqu'en 2018 par la collaboration Planck, qui a publié son troisième Data Release PR3 accompagné d'une série de 12 papiers. La dernière Data Release, PR4, a été rendue publique depuis.

La haute sensibilité des instruments embarqués et la large couverture en fréquence a permis de séparer efficacement les effets d'avant-plan (par exemple les fluctuations de température de la poussière galactique) et le rayonnement fossile, donnant lieu à une mesure du CMB et de ses fluctuations en température et en polarisation du fond diffus cosmologique avec une précision et un degré de détails jamais atteints auparavant. Les mesures de Planck fournissent en conséquence les contraintes existantes les plus précises (au niveau du pour cent) sur les paramètres du modèle standard cosmologique (Λ CDM), ainsi que des limites très strictes sur les écarts par rapport à ce modèle. Le modèle Λ CDM à six paramètres est parfaitement

compatible avec les données et, malgré la précision des mesures, aucun signe de physique au-delà de ce modèle n'a pu être mis en évidence.

La contribution de l'IN2P3 au projet Planck, avec trois laboratoires impliqués (le LPSC Grenoble, l'IJCLab Orsay et l'APC Paris) a couvert l'ensemble des aspects de la mission, de la conception et des prédictions initiales à l'interprétation cosmologique et à la diffusion des résultats, en passant par la construction et l'étalonnage des instruments embarqués, la conception et réalisation de l'ordinateur de bord de l'instrument haute fréquence (HFI), la simulation, le traitement et l'analyse des données, la création de méthodes d'analyse originales, et la publication scientifique – avec 14 papiers menés à bien par des physiciens de l'IN2P3.

6.2 Recommandations

Le projet Planck est la mission de référence sur le fond diffus cosmologique, avec des résultats exceptionnels qui serviront de référence pour les années à venir. Le Conseil souligne que la collaboration Planck a permis de former toute une génération d'étudiants en cosmologie, et a permis aux équipes IN2P3 d'acquérir une expertise reconnue sur les aspects scientifiques et techniques associés à l'étude du CMB, ce qui leur a permis de se positionner de façon stratégique et essentielle sur les futures missions spatiales dédiées à l'étude des modes B du CMB telles que LiteBird.

Le Conseil félicite les équipes de l'IN2P3 pour l'importance et l'excellence de leur production scientifique, reconnue internationalement grâce à une forte implication sur l'extraction de l'information et la compréhension des données. Le Conseil note cependant que ces contributions essentielles n'ont pas été récompensées en interne de manière épanouissante: une participation accrue tant à la direction des groupes d'analyse et d'édition qu'aux instances décisionnelles de la Collaboration aurait été naturelle, mais le principe de responsabilité tournante (classique dans HEP) n'a jamais été mis en place dans Planck. Cette situation a été la cause de sérieuses frustrations dans les équipes. Le Conseil recommande à la Direction de l'IN2P3 de rester vigilante sur ce point dans le cadre des futurs projets spatiaux, en particulier en soutenant les équipes de l'IN2P3 dans les négociations de prise de responsabilités dans le projet. En effet, l'IN2P3 a acquis aujourd'hui un savoir-faire enviable qui justifierait qu'il joue un rôle moteur dans ces collaborations.

Executive summary:

The Planck cosmic-wave-background (CMB) space mission delivered exceptional results, which will serve as a reference for years to come. The Council emphasizes that the Planck collaboration made it possible to train a whole generation of students in cosmology, and allowed the IN2P3 teams to acquire recognized expertise in the scientific and technical aspects associated with the study of CMB. IN2P3 is now in a strategic and essential position to commit to future space missions dedicated to the study of B modes of the CMB, such as LiteBird.

This important investment in the information retrieval and data understanding led to an intense and internationally recognized scientific production. The Council notes, however, that their effort was not appropriately rewarded internally by either participation or leadership in additional scientific publications. This situation, probably

due to the absence of IN2P3 physicists and engineers in the project management structures, caused serious frustration among the teams. The Council recommends the Direction to remain vigilant and cognisant of this specific aspect in the context of future space projects, in particular by supporting the IN2P3 teams when negotiating responsibilities within the project. In fact, IN2P3 has today acquired an enviable know-how, which would justify playing a leading role in these collaborations.

7. SVOM : Cyril LACHAUD

7.1 Présentation de SVOM

SVOM est une mission spatiale franco-chinoise dédiée à l'étude du ciel transitoire, avec un intérêt particulier pour les phénomènes explosifs extrêmes tels que les sursauts gamma (GRB). Approuvée en 2014, elle ambitionne d'être un acteur majeur sur cette thématique pendant la période 2022-2027.

Le satellite sera porteur de deux instruments gamma à grand champ de vue – un imageur (ECLAIRs) et un spectromètre (GRM) – ainsi que de deux instruments à petit champ de vue observant dans les X (MXT) et le visible (VT). Ces capacités multi-longueurs d'onde seront complétées par un segment sol constitué d'un ensemble de caméras optiques grand champ (GWAC) et de deux télescopes robotiques de suivi (GFT). Les alertes seront transmises sur Terre avec un délai court grâce à un réseau d'antennes VHF. Capable de pivoter rapidement, SVOM a également l'objectif de rechercher des contreparties aux sources mises en évidence par les détecteurs d'ondes gravitationnelles ou de neutrinos de haute énergie. Au-delà de la physique des sursauts gamma, SVOM compte donc contribuer fortement à l'essor de l'astronomie multi-messagers. Son large programme scientifique se décline en trois volets : le programme de cœur dédié aux GRBs (« *Core Program* »), un programme dédié aux objets éphémères d'abord détectés par d'autres observatoires (« *Target of Opportunity* » ou *ToO*), et un programme général (« *General Program* »).

7.2 Avis

Impliqué dès le début du projet, l'IN2P3 contribue à SVOM à travers quatre laboratoires, dont les responsabilités portent sur différents éléments de la mission : ECLAIRs pour l'APC, COLIBRI (GFT français) pour le CPPM, MXT pour l'IJCLab et les chaînes d'analyse ECLAIRs/GRM pour le LUPM. Les quatre laboratoires ont des rôles majeurs dans l'élaboration des programmes d'observations, notamment le ToO et le suivi d'alertes. Le Conseil apprécie ces contributions, menées avec des ressources humaines limitées, et recommande qu'une action soit engagée pour pallier au manque de visibilité de l'IN2P3 sur le site internet de SVOM, sur la page principale duquel ni le CNRS ni ses instituts impliqués n'apparaissent.

Le Conseil a pris connaissance avec satisfaction de l'état d'avancement de la mission. Le modèle de qualification du satellite a été testé avec succès, le déploiement des antennes VHF est en bonne voie de même que la construction de COLIBRI, dont l'installation au Mexique est prévue au premier semestre 2021. Il note

que la première lumière pour le satellite, prévue en décembre 2021, est malheureusement reportée à mi-2022 en raison de l'épidémie de Covid-19. Ce retard pourrait avoir pour conséquence de limiter le suivi des alertes émises pendant la période d'observation O4 de LIGO et Virgo, qui devra dans un premier temps s'appuyer sur le seul segment sol.

Compte tenu de l'impact attendu de SVOM dans le paysage des observations multi-longueurs d'onde et multi-messagers, le Conseil souhaiterait que les chercheurs ayant accès aux données soient suffisamment nombreux, pour prendre une part à l'exploitation scientifique en rapport avec les investissements techniques consentis pour contribuer aux instruments.

L'interconnexion avec d'autres projets pertinents de l'Institut (CTA, LSST, Virgo, KM3NeT) devrait être soutenue afin de mener à bien des analyses combinées multi-longueur d'onde et multi-messager des phénomènes transitoires, qui exploiteront au maximum les données des différents instruments.

8. Euclid : Kenneth GANGA

8.1 Présentation de Euclid

Euclid est une expérience spatiale de cosmologie, d'astronomie et astrophysique de classe moyenne sélectionnée par l'ESA en octobre 2011, dont le lancement est planifié sur un lanceur russe Soyuz en 2022. La Collaboration compte 16 pays, 250 laboratoires et institutions et 2200 membres inscrits (dont 1300 actifs). Il est prévu six ans d'observation et la production de plusieurs dizaines de Po de données.

De récentes observations astronomiques indiquent que le contenu matière-énergie de l'Univers est dominé par de la matière noire et de l'énergie noire, de natures jusqu'ici inconnues. L'objectif principal d'Euclid est de déterminer la quantité et la distribution de matière/énergie noires à partir des propriétés détaillées des galaxies lointaines, afin de mieux comprendre la structure et l'histoire de notre Univers, notamment l'origine de l'expansion accélérée. Euclid étudiera la quasi-totalité du ciel extragalactique, avec une combinaison d'images et de spectres précis pour des sources relativement lumineuses. La mission est optimisée pour deux sondes cosmologiques primaires indépendantes : la lentille gravitationnelle faible (WL) et les oscillations acoustiques baryoniques (BAO). Ces deux sondes permettent d'étudier la nature de l'énergie noire, de la matière noire et de la gravité en suivant leurs signatures sur la géométrie de l'Univers et sur l'histoire cosmique de la formation des structures. Euclid cartographiera les structures à grande échelle sur une période de temps cosmique couvrant les dix derniers milliards d'années. Euclid mesurera précisément les faibles distorsions des images des galaxies lointaines par effet WL, dues à l'action de la gravitation des grandes structures sur la ligne de visée. L'étude de ces déformations permettra aussi de mesurer les paramètres cosmologiques et, en particulier, l'équation d'état de l'énergie sombre qui affecte l'évolution des structures cosmiques. La mesure du BAO, obtenue par analyse de l'agglomération des galaxies, permettra d'obtenir une image en 3D de l'évolution de la distribution de la matière noire et de la matière ordinaire (baryonique) dans le cosmos. Euclid pourra

estimer l'accélération causée par l'énergie noire avec une précision de l'ordre du pour cent, et les éventuelles variations d'accélération avec une précision de 10%.

Du côté de l'implication technique de l'IN2P3, deux projets sont mis en avant : l'instrument NISP (spectrographie et photométrie), et le segment sol (Science Ground segment).

Le laboratoire CPPM, en collaboration avec les laboratoires IP2I et LPSC, est responsable de l'intégration, la caractérisation et la validation des performances du détecteur « Near Infrared Spectrometer and Photometer » (NISP), l'un des deux instruments de la mission. Ces équipes développent en particulier des codes pour l'étalonnage, la simulation, et la validation. Le LMA a aussi la responsabilité de la caractérisation du miroir dichroïque. L'instrument a été livré en mai 2020.

Au niveau du segment sol, le CC-IN2P3 est le centre de traitement des données d'Euclid pour la France. Il traitera un quart des données de l'expérience, à égalité avec le centre de calcul italien, tandis que les autres centres de calcul ne traiteront que 10 à 20% des données chacun. Son rôle sera de livrer les produits de haut niveau. Environ 10 Po sur disque et 100 Po sur bande seront à terme hébergés au CC-IN2P3. Du côté des laboratoires, l'APC a largement contribué, en collaboration avec le CNES, au développement, à l'évolution, et la maintenance de l'environnement de travail collaboratif CODEEN (maintenance du code, intégration continue) hébergé aujourd'hui au CC-IN2P3 et utilisé par toute la collaboration Euclid.

L'IN2P3 a contribué également de manière importante à Euclid par la codirection de l'équipe des simulations (Organisation Unit SIM) et en ayant eu la responsabilité des simulations de la partie spectroscopie de l'instrument NISP. L'IN2P3 a aussi la coresponsabilité de coordonner le déploiement, l'intégration, et la production des simulations. Grâce à la connaissance de l'instrument des équipes et en collaboration avec les groupes d'analyse en cosmologie, l'IN2P3 développe des méthodes de réduction des données, de détection des amas, et d'analyse de la partie spectrale de l'instrument NISP. L'IN2P3 a également fourni les ressources informatiques pour produire ces simulations.

8.2 Avis

Le lancement d'Euclid est prévu en 2022 alors que le contrat entre la Russie et l'ESA arrive à son terme à peu près dans la même période. Si le projet prend du retard et qu'il faut changer de lanceur, des coûts et des délais supplémentaires devront être anticipés.

Les équipes de l'IN2P3 qui travaillent sur Euclid (seulement 5 ETP pour la physique sur 32 ETP au total, dont les CDD financés par le CNES) expriment leur inquiétude sur la possibilité de s'investir plus tard dans l'exploitation des données avec le même niveau de ressources qu'elles ont consacré à la partie développement. Il serait important pour l'IN2P3 de tirer pleinement bénéfice des investissements faits sur la construction, en soutenant les équipes par des moyens humains sur les aspects scientifiques. Il y aurait aussi avantage, pour la Direction de l'IN2P3, à encourager ses chercheurs à postuler en cas de renouvellement des responsabilités de groupes

de travail scientifiques. Dans les programmes spatiaux et en particulier dans Euclid, il serait intéressant de tenir une réflexion avec les chercheurs engagés afin de veiller à ce que IN2P3 soit aussi bien représentée dans la collaboration que l'INSU.

Les équipes actuelles de l'IN2P3, qui ont participé à la construction de l'instrument ou qui se sont impliquées dans le segment sol, ne sont pas partie prenante des discussions sur l'organisation des équipes opérationnelles (Instrument Operation Team) qui prendront le relai lors de la mission. Ayant joué un rôle important dans cette phase de construction, elles devraient l'être également pour la phase opérationnelle.

La synergie avec le projet LSST, dont les données seront également hébergées au CC-IN2P3, est une occasion pour les équipes de l'IN2P3 de combiner le potentiel de découverte des deux expériences. Les deux collaborations ont déjà commencé à définir des travaux à effectuer ensemble. En particulier, l'APC étudie la possibilité d'utiliser la chaîne d'analyse de LSST avec Euclid. Cependant l'IN2P3 n'est pas impliqué au plus haut niveau dans ces discussions.

Les équipes de l'IN2P3 ont développé une réelle expertise en détecteurs infrarouge grand format bas bruit, qui sera primordiale pour de nombreuses expériences futures. Il y a un risque de perdre cette expertise si aucune construction ne fait suite au projet Euclid.

Enfin, le rôle essentiel du CC-IN2P3 pour le traitement des données mériterait d'être mis en avant d'une façon encore plus visible dans la communication de l'IN2P3 sur l'expérience Euclid.

9. EUSO : Etienne PARIZOT

9.1 Présentation de EUSO

Le développement de la voie spatiale pour l'étude des rayons cosmiques d'ultra haute énergie choisie pour le projet JEM-EUSO permet à la fois d'augmenter considérablement la puissance statistique et d'assurer une couverture complète du ciel avec un seul et même instrument. JEM-EUSO est basé sur la technologie de fluorescence. Les développements récents ont aussi fait apparaître un avantage supplémentaire de l'option spatiale avec la possibilité d'orienter l'instrument vers la Terre, afin d'observer des gerbes de neutrinos cosmogéniques montantes, ce qui fait reculer l'horizon temporel des sources que l'on peut étudier et présente un intérêt certain dans le cadre de l'astrophysique multi-messager.

La mission JEM-EUSO devait initialement être déployée sur la plateforme expérimentale du module japonais de la station spatiale internationale (ISS). L'agence spatiale japonaise JAXA ayant abandonné la gouvernance de la mission JEM-EUSO, la mission a été complètement réorganisée, avec des missions intermédiaires portées successivement par différentes agences spatiales, notamment les missions ballons EUSO-Ballon (CNES) et EUSO-SPB (NASA) qui ont permis de valider les choix technologiques et de réaliser de premières mesures. Les principaux efforts actuels de l'équipe française portent sur l'exploitation de la mission spatiale

MINI-EUSO (ASI et ROSCOSMOS), en cours d'opération à bord de l'ISS. Ils portent également sur la préparation de la mission EUSO-SPB2 (Super Pressure Balloon), sélectionnée et financée par la NASA, pour un vol de plusieurs mois qui devrait permettre l'observation de plusieurs événements de rayons cosmiques d'ultra haute énergie (UHECR). Suite à un rapprochement avec la collaboration russe KLYPVE qui développait en parallèle un programme de détection d'UHECR à partir de l'espace, le projet, qui a pris le nom de K-EUSO entrera alors dans une nouvelle phase. K-EUSO permettra pour la première fois de dresser une carte complète du ciel en UHECRs, avec une exposition globale double de celle d'Auger, dans chacun des hémisphères. Ce programme présente aussi un intérêt pour la désorbitation de débris spatiaux en utilisant des lasers. A plus long terme, la collaboration envisage une mission spatiale POEMMA qui associera la détection des UHECR et des neutrinos cosmogéniques de très haute énergie.

Sur toutes ces missions, les équipes IN2P3 assument les responsabilités de différents modules de travail centraux pour l'ensemble des missions EUSO. Ils concernent la conception et la production des unités de détection et de leur électronique frontale, ainsi que leur assemblage et l'étalonnage complet de la surface focale. Les réalisations techniques principales sont les ASICs, les cartes PCB intégrées dans l'unité de détection, et les unités de détection elles-mêmes, dont l'assemblage est sous-traité à l'entreprise Matra Électronique. Un projet de R&T vient d'être accepté par le CNES. Il est à noter que les équipes IN2P3 jouent aussi un rôle important dans la modélisation des sources des UHECR et les calculs de processus d'accélération.

9.2 Avis

Après Auger, une approche permettant d'augmenter significativement le nombre d'UHECR observés et de comprendre leur origine, repose sur les observations dans l'espace. La Collaboration EUSO procède par étapes raisonnées, démontrant pas-à-pas la validité des choix techniques pour atteindre ses buts. L'étape majeure suivante, K-EUSO, sera cruciale au niveau scientifique et permettra de déterminer les efficacités de détection, la résolution en énergie, et le pouvoir de séparation entre progéniteurs proton et ion lourd. Ces résultats seront importants pour définir les objectifs scientifiques de la mission et viser une amélioration significative par rapport à Auger.

Les équipes de l'IN2P3 jouent un rôle important aussi bien au niveau technique (développement et construction des détecteurs, étalonnage) qu'au niveau scientifique (modélisation des sources) et stratégique (comité exécutif, coordinateur européen, co-responsable de la liaison avec l'ESA) dans la Collaboration EUSO. Le Conseil est d'avis qu'un soutien plus affiché, avec par exemple une contribution aux frais hors-personnel, essentiellement assurée actuellement par le CNES, indiquerait plus clairement l'intérêt que l'IN2P3 porte à sa participation dans l'expérience.

10. Résumé : Sophie HENROT-VERSILLÉ

S. Henrot-Versillé présente un résumé des projets discutés lors de la séance. La présentation est disponible sur le site web du CSI.

11. Commentaires généraux

Concernant d'une façon générale le bilan des missions Lisa Path Finder, Fermi, AMS et Planck, le Conseil se réjouit et félicite l'ensemble des équipes pour les résultats de ces quatre missions extraordinaires. Il apparaît que le choix de ces quatre expériences était judicieux, que les contributions de l'IN2P3 y ont été déterminantes, et que leur retour scientifique a été majeur. Le Conseil souligne par ailleurs le soutien important du CNES, sans lequel ces succès n'auraient pas été possibles. De ce fait, la participation de l'Institut aux projets spatiaux ne semble pas devoir être remise en question, et le Conseil recommande naturellement que ce type de participation soit poursuivi dans le futur.

Le niveau d'expertise acquis dans le domaine des expériences spatiales est désormais très élevé. Le Conseil remarque que la visibilité des équipes dans ces missions est de ce fait très importante, ce qui constitue une force qu'il s'agira dorénavant de bien mettre en avant pour défendre les intérêts de l'Institut dans la répartition des tâches et des responsabilités pour les expériences futures. L'attitude prudente des premières années, destinée à assurer une participation de l'Institut dans les collaborations, devrait laisser place à une démarche plus ambitieuse. Le Conseil recommande que l'Institut soutienne ses équipes souhaitant participer aux projets spatiaux, et ceci dès les premières phases des projets, afin d'obtenir des responsabilités à la hauteur de leur expertise. Afin de faciliter le soutien des chercheurs dans leurs négociations et interactions avec les autres instituts du CNRS ou les autres organismes comme le CNES, une équipe de personnes compétentes de différents laboratoires pourrait être constituée afin d'aider au montage des projets.

Le conseil relève que les contributions matérielles (« hardware ») sont celles qui procurent une visibilité durable dans les projets, mais que pour pouvoir les mener à bien, une masse critique est nécessaire. Il sera crucial de veiller à maintenir les expertises techniques au sein de l'institut, et d'éviter les possibles pertes de compétence, notamment lorsque des CDD du CNES ont été mis à contribution pour les participations passées. Le Conseil note qu'au-delà de ces contributions matérielles, l'institut peut également apporter son expertise en simulations. Un équilibre doit être trouvé entre visibilité sur les contributions techniques et visibilité en termes de retour scientifique par l'analyse des données ; les activités d'analyse doivent être évidemment soutenues par l'Institut. Le Conseil souligne par ailleurs le gain en organisation et en procédures qui a été apporté dans les laboratoires par les participations aux projets spatiaux.

Le Conseil note que les missions spatiales sont désormais plus longues que par le passé, et peuvent durer plus de 20 ans entre la phase de définition et la phase d'exploitation. En conséquence, il serait bénéfique pour les projets et pour

l'ensemble des protagonistes que des rotations de responsabilités interviennent plus fréquemment au cours du cycle de vie du projet, comme cela se pratique dans le domaine des hautes énergies.

Les succès des participations précédentes doivent être mieux mis en visibilité, à la fois auprès des partenaires (CNES, etc.) mais aussi à l'extérieur du domaine. L'Institut pourrait par exemple se doter d'un poste de chargé de communication dédié aux projets spatiaux.

12. Discussions internes au CSI

12.1 Discussion avec le président de la section 01

Raphaël Granier de Cassagnac évoque l'actualité de la Section 01. La session de printemps a été étalée, et l'audition des concours de la Section 01 a eu lieu au LPNHE juste avant le confinement. Il y a plusieurs nouveautés notables cette année sur les recrutements.

Tout d'abord, la direction de l'IN2P3 a décidé d'afficher un coloriage de poste CRCN en moins que le nombre de postes à pourvoir, ce qui a permis d'évaluer des candidatures plus variées. Par ailleurs, le classement fourni par la Section comporte plus de candidats admissibles que le nombre de postes prévus ; et ce qui est nouveau, la Section a classé au premier rang ex-aequo des admissibles un nombre de candidats inférieur au nombre de postes. La Section a suivi la proposition d'Antoine Petit, qui consistait à classer les candidats incontournables tout en laissant une marge de manœuvre à la politique scientifique. C'est une situation difficile pour les candidats, et ce sera au jury d'admission de prendre les décisions à partir du classement de la section. Cette procédure donne des possibilités de remplacement s'il y a des désistements.

Autre nouveauté, en plus des postes DR affichés IN2P3, il y avait cette année la possibilité de recruter dix DR au niveau du CNRS sur des critères d'excellence scientifique (pour des candidats étrangers), dont un est revenu à l'IN2P3. Une vingtaine de candidatures DR ont été examinées par la section. Le jury CNRS d'admission pour ces DR aura lieu fin août ou début septembre. Au niveau du CNRS, il y a aussi un jury d'embauche par voie contractuelle sur personnes en situation de handicap. Enfin il est remarqué que pour les deux postes DR IN2P3 coloriés, sur la thématique Higgs à l'IJCLab et au L2IT (DR en mobilité interne), il n'y a pas eu beaucoup de candidats.

Le Conseil demande pourquoi le rapport du tourniquet d'IJCLab n'a pas encore été envoyé au laboratoire. Il est répondu que la situation est un peu particulière car le laboratoire avait été évalué sans avoir été visité par la section. L'idée originelle était de présenter des conclusions préliminaires en AG au laboratoire, mais elle a été abandonnée. La direction de l'IN2P3 ne réclame pas de rapport écrit. Il est question

qu'un nouveau tourniquet soit organisé. Toutefois, un rapport exécutif sur le tourniquet précédent va être écrit et fourni à l'IJCLab.

12.2 Discussion avec la Direction

Retour du Conseil sur les projets spatiaux

Reynald Pain souligne que le retour demandé sur les projets spatiaux au CSI IN2P3 est un exercice qui n'a jamais été fait jusqu'ici : c'est la première fois. Historiquement, les questions de physique ont amené les équipes de l'IN2P3 à s'investir sur les projets spatiaux, au fil de l'eau, et l'Institut les a suivies. Pour cette séance, la question posée au Conseil est « Faut-il amplifier la participation de l'IN2P3 sur les projets spatiaux ou la réduire ? », car un certain nombre de projets nouveaux émergent.

Prochaine séance du CSI IN2P3 les 27-28 octobre 2020

La prochaine séance du CSI IN2P3 constituera la suite de cette séance-ci. Le programme abordera la complémentarité entre sol et espace sur les futures expériences de cosmologie, CMB et ondes gravitationnelles.

Les futurs projets d'ondes gravitationnelles ne pourront pas être évalués au même niveau que la cosmologie et le CMB car les projets n'en sont pas au même stade. Einstein Telescope (ET) ne fait pas encore partie des priorités nationales. Il est considéré comme intéressant au ministère. ET ne sera pas prêt pour évaluation à la prochaine séance, mais sera présenté pour fournir un point d'information. Un point de situation sera aussi fait sur Advanced Virgo+, et la question du transfert de compétences vers ET sera abordée. Il est prévu des discussions et une évaluation sur LISA pour envisager un agrandissement des contributions françaises. Le GDR ondes gravitationnelles sera présenté.

Au niveau cosmologie, la synergie entre LSST et Euclid est très récente en France. Il y a un plan de participation scientifique de l'IN2P3 sur cette collaboration. L'expérience DESI prend déjà des données. Côté CMB, LiteBird sera présenté pour évaluation tandis que Simons Observatory et CMB S4 seront discutés pour avoir des pistes de réflexion.

Le Conseil fait aussi la demande d'un retour sur la séance du CS IN2P3 de juillet 2019 (physique nucléaire) pour discussion à la séance d'octobre. Le Conseil souhaite aussi inviter Marcela Grasso (mission théorie IN2P3) à la prochaine séance fermée.

Contour des sections du CoNRS

A chaque changement de mandat à la tête du CNRS, un exercice est conduit consistant à se poser la question : faut-il redéfinir les contours des sections ? L'IN2P3 pilote la section 01 (85% de ses chercheurs), mais il ne faut pas oublier que d'autres chercheurs de l'Institut proviennent des sections 02 (physique théorique), 13 (des radiochimistes), 17 (système solaire et environnement lointain) et de quelques autres. Pour l'IN2P3, il est probablement plus simple et efficace de conserver une seule section principale, même s'il y a beaucoup de disciplines.

D'autre part, la création d'une nouvelle section interdisciplinaire science et données est discutée. L'IN2P3 envisage de demander un poste en recrutement sur cette section avec un véritable profil mixte, qui comporterait un aspect recherche sur la thématique calcul.

Point sur les prospectives IN2P3

Le Conseil demande comment a été organisé le colloque de restitution. Il rapporte qu'une demande de transparence sur le processus de sélection est faite de la part des contributeurs. La direction répond que l'objectif des prospectives est d'établir des priorités scientifiques. Les rapports vont circuler dans les groupes de travail (GT). A partir des rapports des GT, la direction pourra prendre des décisions sur les projets.

Pour des questions logistiques, le colloque de restitution est limité à 380 places. Les laboratoires font remonter une liste de propositions de participants, validée par la direction. Tous les membres du CSI IN2P3 sont invités. Tous les membres de comités de supervision / pilotage des GT sont aussi invités.