

COMITÉ NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CONSEIL SCIENTIFIQUE D'INSTITUT

Compte rendu

Conseil scientifique de l'IN2P3
9-10 février 2021

Sommaire

1. Introduction: J.-L. Biarrotte	4
2. Physique des accélérateurs et défis technologiques pour le XXIe siècle : F. Zimmermann	4
3. La R&D sur le FCC et les futurs collisionneurs à l'IN2P3: A. Faus-Golfe	4
3.1 Présentation du projet Future Circular Collider - Next Particle Collider (FCC-NPC)	4
3.2 Avis général	6
3.3 Recommandations	7
4. Projet PERLE à Orsay : W. Kaabi	10
4.1 Présentation de PERLE	10
4.2 Avis	11
4.3 Recommandations	12
5. R&D sur l'accélération d'électrons par technologie laser-plasma à l'IN2P3 : A. Specka.....	14
6. Projet PALLAS : K. Cassou	14
6.1 Présentation de PALLAS (Prototype Accélérateur Laser Plasma)	14
6.2 Avis	15
6.3 Recommandation	15
7. R&D sur les cavités radio-fréquence supraconductrices à l'IN2P3 : M. Fouaidy	17
7.1 Présentation du projet	17
7.2 Avis	18
8. Point sur les contributions de l'IN2P3 sur ESS et MYRRHA : G. Orly	18
8.1 Présentation	18
8.2 Avis	19
9. Contributions IN2P3 sur PIP-II : D. Longuevergne	20
9.1 Présentation de PIP-II	20
9.2 Avis	20
9.3 Recommandations	21
10. ARCO, Centre de Recherche en Accélérateurs d'Orsay, organisation et positionnement national : S. Bousson	22
10.1 Présentation de ARCO	22
10.2 Avis	22
11. Recommandations générales sur ESS, MYRRHA et PIP-II	23
12. Discussions internes au CSI	23
12.1 Discussions avec la direction	23
12.2 Vie du Conseil	25

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 : S. Bousson, K. Cassou, A. Faus-Golfe, M. Fouaidy, W. Kaabi, D. Longuevergne, G. Orly, A. Specka, F. Zimmermann

Invités: Philippe Balcou (CS CNRS), Juan Hernandez (CS CNRS)

Rapporteurs : Antoine Chance (CEA), Frank Zimmermann (CERN), Erk Jensen (CERN), Marie-Emmanuelle Couprie (SOLEIL), Ralph Assmann (DESY), Paolo Pierini (ESS/INFN)

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

La séance du 9-10 février 2021 est dédiée à l'examen des technologies d'accélérateurs à l'IN2P3. Cette séance a été tenue à distance.

Programme de la session ouverte du 9 février :

- 1) Introduction (J.-L. Biarrotte)
- 2) Accelerator physics and technology challenges for the XXIst century (F. Zimmermann)
- 3) The R&D on FCC and future colliders at IN2P3 (A. Faus-Golfe)
- 4) PERLE @Orsay TDR (W. Kaabi)
- 5) Electron laser-plasma acceleration R&D at IN2P3 (A. Specka)
- 6) PALLAS (K. Cassou)
- 7) Superconducting RF cavities R&D at IN2P3 (M. Fouaidy)
- 8) Status of IN2P3 contributions to ESS and MYRRHA (G. Orly)
- 9) IN2P3 contribution to PIP-II (D. Longuevergne)
- 10) ARCO, Centre de Recherche en Accélérateurs d'Orsay : organisation et positionnement national (S. Bousson)

1. Introduction : J.-L. Biarrotte

J.-L. Biarrotte introduit les technologies d'accélérateurs de particules à l'IN2P3. La présentation est disponible sur le site web du CSI :

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

2. Physique des accélérateurs et défis technologiques pour le XXI^e siècle : F. Zimmermann

La présentation est disponible sur le site web du CSI.

3. La R&D sur le FCC et les futurs collisionneurs à l'IN2P3: A. Faus-Golfe

3.1 Présentation du Future Circular Collider - Next Particle Collider (FCC-NPC)

Les initiatives prioritaires pour le futur de la physique des hautes énergies dans le domaine des développements des collisionneurs sont exposées avec clarté dans la mise à jour récente de la Stratégie Européenne pour la Physique des Particules. Les nouvelles missions prioritaires spécifiques pour les laboratoires européens sont décrites dans les extraits suivants :

« La prochaine priorité pour ce qui concerne les collisionneurs est une usine à Higgs électron-positon. À plus long terme, la communauté de la physique des particules en Europe a l'ambition de faire fonctionner un collisionneur proton-proton à la plus haute énergie atteignable. [...] L'Europe, avec ses partenaires internationaux, devra étudier la faisabilité technique et financière d'un futur collisionneur de hadrons d'une énergie d'au moins 100 TeV dans le centre de masse au CERN, avec, comme première phase éventuelle, la construction d'une usine à Higgs et de production électrofaible sous la forme d'une machine électron-positon. L'étude de faisabilité des collisionneurs et de l'infrastructure correspondante devra être mise en œuvre en tant que projet d'envergure mondiale, et être réalisée suivant le calendrier de la prochaine mise à jour de la stratégie. »

La Direction de l'IN2P3 a fortement contribué à la rédaction stratégique de ces paragraphes dans leur forme finale. Les laboratoires concernés – principalement IJCLab et LAPP – ont adapté l'organisation de leur travail à ces nouvelles priorités, déterminées par l'étude de faisabilité, dans les cinq ans à venir, des collisionneurs du FCC : une usine à Higgs et de production électrofaible dans une première étape (FCC-ee) ; et un collisionneur à hadrons de plus de 100 TeV à plus long terme (FCC-hh).

C'est dans cette optique que l'expérience de l'IN2P3, acquise sur les collisionneurs linéaires CLIC, ILC, et ATF2 (Accelerator Test Facility 2 à KEK, prototype du système de focalisation prévu aux futurs collisionneurs linéaires ILC et CLIC), est mise à profit en vue de développer, de manière synergétique, plusieurs contributions essentielles et une influence incontournable à SuperKEKB et aux collisionneurs du FCC, dans le cadre du projet « FCC-NPC ».

Le projet, tel qu'il est présenté au Conseil, est divisé en sept groupes de travail :

- **Coordination**
 - Recherche et organisation des synergies entre les projets et les différents groupes de travail
 - Administration commune
 - Organisation de réunions régulières et de revues des progrès
- **Faisceaux nanométriques**
 - Participation à la troisième phase de ATF (ATF3) afin de comprendre les limitations mises en évidence par ATF2, lors de la focalisation finale de faisceaux intenses pour ILC et CLIC, en vue de démontrer le réalisme de la luminosité nécessaire à ces projets.
 - Sur la base de cette expérience acquise, et de l'expérience unique de l'IN2P3 en termes de monochromatisation, participation aux études de la région d'interaction de FCC-ee, et en particulier, de l'optique pour la monochromatisation de l'énergie dans le centre de masse à $\sqrt{s} = 125$ GeV, tout en préservant une luminosité élevée, en vue de la mesure éventuelle du couplage de Yukawa de l'électron.
- **Stabilisation et positionnement des faisceaux nanométriques**
 - Participation, sur la base de l'expérience acquise sur ATF, ATF2, et SuperKEKB, à l'étude de la stabilisation des faisceaux nanométriques de FCC-ee.
 - Étude et atténuation des vibrations de l'interface entre la machine et les détecteurs (MDI) de FCC-ee.
 - Développement d'un système de positionnement et de réalignement automatique des éléments de la machine pour FCC-ee.
- **Suivi instantané de la luminosité**
 - Opération de « LumiBelle2 » pour optimiser la luminosité de SuperKEKB, et fournir les observables expérimentales nécessaires, stabiliser et minimiser les décalages vertical et horizontal entre les faisceaux au point d'interaction.
 - Sur la base de l'expérience acquise, la participation au développement d'un système de suivi de luminosité pour FCC-ee, similaire à celui de SuperKEKB, est envisagée en collaboration avec le CERN.
- **Sources intenses de positons**
 - Sur la base du leadership de l'IN2P3 en la matière, exploitation des synergies multiples entre les sources de positons nécessaires à tous les

collisionneurs leptoniques de très haute luminosité (CLIC, ILC, SuperKEKB, FCC-ee, et même un lointain collisionneur à muons).

- Recherche et développement de concepts novateurs (radiation canalisée le long de l'axe d'un cristal, utilisation de cibles granulaires, utilisation d'un solénoïde supraconducteur pour la capture...) afin d'augmenter l'intensité de la source de positons, dans le cadre de l'étude de l'injecteur pour FCC-ee, en collaboration avec le CERN, le PSI, et le LNF.
- Développement de simulations numériques basées sur l'intelligence artificielle pour l'optimisation des paramètres de l'injecteur de positons, partant du faisceau initial d'électrons jusqu'au système de capture, en passant par la cible.
- **Polarimétrie Compton**
 - Continuation et amélioration du système Laser du polarimètre amont de l'ILC, en vue de mesurer en continu et de manière reproductible la polarisation longitudinale des faisceaux avec une précision au pour mille.
 - Développement d'un polarimètre Compton pour SuperKEKB, après une future mise à niveau impliquant des faisceaux polarisés longitudinalement (prévue en 2026), pour atteindre une précision similaire à celle prévue pour ILC.
- **Matériaux et vide dynamique**
 - Exploration et étude des propriétés de nouveaux matériaux (au-delà du cuivre et de l'acier inoxydable) et de nouvelles techniques de traitement de surface (carbone, laser, matériau piège non-évaporable), en vue de réduire les effets dynamiques de pression, en particulier, le niveau d'émission secondaire et la désorption induite par ions (avec une attention spéciale pour FCC-ee, et des retombées sur FCC-hh).
 - Développement d'un code de simulation pour prédire ces effets pour FCC-ee et FCC-hh.

3.2 Avis

Le Conseil salue l'initiative de l'IN2P3 et de ses équipes pour leur dynamisme dans la réorientation du programme de recherche et développement sur les futurs collisionneurs, suite à la redéfinition des priorités européennes en juin 2020. Le Conseil apprécie le choix de renforcer substantiellement la R&D et la collaboration à l'international sur le projet FCC, avec une priorité temporelle sur la première étape du projet, i.e., l'usine de production de bosons de Higgs et de production électrofaible, FCC-ee. De plus, le Conseil approuve la stratégie consistant à mettre à profit de manière synergétique les travaux antérieurs et les compétences préexistantes, développés et acquises à l'IN2P3, sur les projets de collisionneurs linéaires. Finalement, le Conseil recommande fortement à la direction de l'IN2P3 (i) de veiller à mettre les moyens humains et financiers nécessaires à la réalisation des objectifs à court terme, pour assurer la recommandation du projet FCC lors de la prochaine

mise à jour de la stratégie européenne, et à plus long terme, pour assurer une participation de premier plan des laboratoires de l'IN2P3 au projet phare de la physique des hautes énergies lors du 21^{ème} siècle ; et (ii) d'encourager l'ensemble des équipes impliquées dans les développements sur les collisionneurs du futur à travailler de concert.

3.3 Recommandations

1. Pertinence du programme proposé

Le Conseil prend note des thèmes proposés dans le projet FCC-NPC, et reconnaît que le programme exploite de manière efficace l'expérience passée et présente (acquise sur CLIC, ILC, et ATF2) pour envisager des contributions essentielles sur SuperKEKB et sur le futur projet européen de collisionneurs de haute énergie, FCC-ee et FCC-hh, tout en assurant une veille sur le centre de tests de focalisation finale ATF3, sur les « études pré-lab » de l'ILC, et sur les concepts du CLIC et d'un collisionneur à muon. Le Conseil constate des synergies évidentes entre ces différentes activités, ainsi que la position unique de l'IN2P3 pour mettre à profit ces synergies, dans chacun des thèmes proposés.

Le Conseil remarque que ces synergies pourraient être développées de manière encore plus avantageuse dans certains thèmes :

- Une contribution au polarimètre/spectromètre de FCC-ee n'est pour le moment pas prévue dans le groupe 6. Même si les paramètres du Laser peuvent être différents, de nombreuses synergies existent entre la polarimétrie à SuperKEKB (et EIC) et celle de FCC-ee. Par ailleurs, le polarimètre/spectromètre est un élément essentiel et stratégique du programme du FCC-ee, et figure en bonne place dans l'étude de faisabilité financière et technique recommandée par la Stratégie Européenne. Cet instrument, dont l'étude sera menée par un groupe de travail international, est en effet la clé de voûte des mesures de précision au pôle du Z et au seuil de production de paires de W, et le serait également pour la production directe du boson de Higgs dans la voie s. Il permettra de 1) déterminer l'énergie des faisceaux e⁺ et e⁻ par dépolarisation résonante à mieux que ± 100 keV; 2) de s'assurer que les faisceaux en collisions sont dépolarisés à une précision de $\pm 10^{-5}$; et 3) de suivre les variations de l'énergie des faisceaux à quelques dizaines de keV près.
- Un groupe thématique sur la radio fréquence (RF) n'est pas inclus dans le programme pour le moment. La présentation d'information sur le sujet lors de la session ouverte du Conseil ne prévoit aucun investissement sur le sujet, malgré les synergies claires entre les compétences acquises dans le passé, et celles nécessaires pour FCC-ee. Par exemple, l'expérience unique de l'IN2P3 sur la simulation de l'effet « multipactor » dans les cavités accélératrices pourrait être mise à profit dans une collaboration avec le CERN. L'IN2P3 a également des compétences sur les cryostats, qui pourraient être mises à profit – peut-être à plus long terme – tant pour la RF de FCC-ee que pour les aimants de FCC-hh.

- Le groupe 7 pourrait s'enrichir d'une contribution sur la prédiction et le contrôle des bruits de fond induits, afin d'estimer les contraintes correspondantes sur le vide, voire donner naissance à un nouveau groupe thématique, en collaboration avec le CERN, autour de l'interface entre la machine et les détecteurs et du contrôle de l'ensemble des bruits de fonds induits par les faisceaux.

Le Conseil estime que ces synergies supplémentaires sont une voie d'entrée importante et visible dans le projet FCC, et encourage le groupe 1 (Coordination) à engager rapidement une revue d'experts pour en évaluer les tenants et les aboutissants, pour identifier d'autres synergies possibles, et afin de définir une stratégie optimale.

2. Évaluation des priorités

Les discussions menées lors de la réunion fermée du Conseil suggèrent que deux priorités essentielles émergent.

- Les travaux passés sur ILC ont révélé deux verrous techniques sur le chemin de la réalisation de la luminosité nécessaire au succès de ce collisionneur : une source de positons suffisamment intense (plusieurs ordres de grandeur plus intense que l'état de l'art) ; et une focalisation finale suffisamment performante à haute intensité (jamais réalisée par ATF2). Le Conseil encourage les efforts nécessaires à une résolution rapide de ces questions existentielles pour ILC (y compris par une ré-analyse des données de ATF2), par les groupes thématiques 2 et 4, et remarque que même en cas de conclusion négative pour ILC, les progrès réalisés seront précieux pour FCC-ee.
- Les travaux de faisabilité sur FCC-ee sont urgents par définition, puisque c'est sur la base de ces travaux que la stratégie européenne fera ses recommandations en 2026, puis que le collisionneur sera construit lors de la prochaine décennie. Le Conseil considère que l'ensemble des thèmes proposés (faisceaux nanométriques, stabilisation et position des faisceaux, suivi et optimisation de la luminosité en continu, sources de positons, choix des matériaux et vide dynamique) ou pas encore proposés (RF, interface machine-détecteur, polarimètre et spectromètre) ont le potentiel d'apporter des réponses essentielles sur la faisabilité (ou non) des performances nécessaires à la réalisation du programme ambitieux du collisionneur.

Les études de monochromatisation sont un cas particulier, puisque la mesure du couplage de Yukawa de l'électron à $\sqrt{s} = 125$ GeV n'est pas dans le programme de base de FCC-ee, et pourrait donc apparaître comme subalterne dans le projet FCC-NPC. L'étude de faisabilité de cette mesure, et donc en particulier la possibilité de délivrer une luminosité suffisamment importante en mode monochromatique, pourrait avoir un impact important sur le nombre de points d'interaction, et donc sur le tracé du tunnel. Une décision rapide (d'ici quelques mois) est indispensable, et des résultats préliminaires sur cette étude pourraient influencer la décision.

3. Ressources

Le Conseil réalise que les lignes ci-dessus n'apportent pas de réponses définitives sur la priorité relative à accorder aux différents axes de recherche, et donc sur les axes à renforcer par des ressources supplémentaires. Le Conseil suggère néanmoins que la priorité donnée par la stratégie européenne à l'étude de faisabilité des collisionneurs de FCC (ee, puis hh) pour le futur de la discipline en Europe est un encouragement clair à renforcer les équipes (ressources humaines et financières) autour de FCC-ee en général, et autour des aspects critiques de FCC-hh. Le Conseil note en passant que (i) toutes les équipes du projet FCC-NPC manquent de ressources et qu'un renfort rapide est nécessaire pour réaliser les objectifs minimaux ; et (ii) FCC-ee est un projet qui devrait occuper les 40 prochaines années, et FCC-hh devrait s'étendre sur 40 années supplémentaires.

Le Conseil propose en conséquence que la direction de l'IN2P3 forme et recrute des jeunes dès maintenant, puis de manière régulière et soutenue dans les prochaines années, sur les différents axes de recherche autour de FCC, afin d'assurer la continuité et la pérennité du projet. Dès que les conclusions des études portant sur la faisabilité de la luminosité pour ILC seront connues, il pourra alors s'avérer nécessaire de réorienter les ressources humaines et financières y afférentes.

À plus long terme, dans l'optique où la nécessité d'un collisionneur de leptons à très haute énergie (10 TeV ou plus) se concrétiserait, les mérites relatifs d'un collisionneur circulaire de muons et d'un collisionneur linéaire électrons-positons sur la base d'une accélération dite plasma, doivent être étudiés dès maintenant afin d'orienter les ressources (limitées) sur la R&D la plus prometteuse dans le domaine des collisionneurs. Pour chacun des deux concepts (en supposant résolus tous les défis techniques correspondants), la luminosité réalisable pour une puissance donnée et à une énergie donnée, ou de manière équivalente, la puissance nécessaire pour obtenir la luminosité indispensable à un programme de physique répondant aux questions fondamentales du moment, ainsi que le spectre de luminosité, font partie des aspects essentiels à étudier.

Enfin, le Conseil note que la responsable IN2P3 du projet FCC-NPC a été nommée porte-parole de CLIC et recommande que les plans pour la gestion du projet FCC-NPC soient explicités pour le futur immédiat.

Executive summary:

The Council praises the proactivity of IN2P3 and its teams in the reorientation of the R&D program on future colliders, according to the new priorities of the European Strategy, updated in June 2020. The Council supports the choice of substantially strengthening the involvement on the FCC project, with a time priority on the e^+e^- Higgs and electroweak factory (FCC-ee). In addition, the Board approves the strategic and synergistic use of previous work and pre-existing skills, developed and acquired at IN2P3 on linear collider projects, in this perspective. Finally, the Board strongly recommends the management of IN2P3 (i) to secure the human and financial resources necessary to achieve the short-term objectives, towards a recommendation of the FCC project during the next European Strategy Update, and in the longer term, towards a leading participation of IN2P3 teams in the next high-

energy-physics flagship project; and (ii) to encourage all the teams engaged in future-collider activities to effectively work together.

4. Projet PERLE à Orsay : W. Kaabi

4.1 Présentation de PERLE

PERLE est un projet de d'accélérateur linéaire (linac) à recouvrement d'énergie (ERL) de puissance 10 MW basé sur la technologie à cavité radio-fréquence supraconductrice (SRF) et fournissant un faisceau d'électrons de 500 MeV à Orsay. Dans les ERLs, l'énergie fournie par la radio-fréquence (RF) pour l'accélération des particules est recyclée en ralentissant le faisceau après utilisation. Les ERLs délivrent des faisceaux avec la même qualité qu'un linac mais avec la possibilité de fournir des courants beaucoup plus élevés, grâce à la réduction de la puissance RF à fournir. La facture liée à la RF est bien sûr réduite, mais aussi celle liée au piège faisceau, puisque le faisceau utilisé est ralenti avant d'être arrêté.

Le concept d'ERL date de plus de 50 ans, mais la possibilité d'utiliser cette technologie pour construire des machines à électrons de forte puissance et à haute énergie n'est apparue que récemment, grâce au développement des cavités SRF et la possibilité de faire circuler à nouveau le faisceau (technologie multi-tour). Cependant, toutes les machines ERLs actuelles fonctionnent avec des puissances de faisceaux inférieures à 1 MW et des énergies inférieures à 100 MeV ; aucune d'elles ne combine les techniques SRF et multi-tour. PERLE est conçu pour être un démonstrateur pour des ERLs de haute énergie, forte puissance, basé sur les technologies SRF et multi-tour. De plus, la flexibilité de PERLE en fera une machine unique pour étudier différents effets, spécifiques ou non des hautes énergies, et qui peuvent détériorer la qualité des faisceaux, comme le « break-up », la formation de halo, le rayonnement synchrotron cohérent, la stabilité des aimants, les effets collectifs...

PERLE est une étape importante dans le contexte du projet LHeC (Large Hadron Electron Collider), qui prévoit des collisions entre les protons du LHC et un faisceau d'électrons de 50 GeV fourni par un ERL à 3 passages avec 1 GW de puissance (alors que le record actuel est de 1 MW). Un ERL peut aussi être utilisé dans de futurs anneaux de collisions $e^+ e^-$ (FCC-ee ou collisions $e^+ e^-$ dans le tunnel du LHC) afin de baisser la consommation de puissance et/ou d'augmenter l'énergie dans le centre de masse. Deux ERLs en construction, C-BETA à Cornell (4 passages d'accélération et de décélération) et BERLinPro à Helmholtz (1 passage) fourniront des puissances de faisceau au-dessus de 5 MW. Cependant, ces machines fonctionneront à plus basse énergie (respectivement 150 and 100 MeV) et la conception des arcs C-BETA est différente de celle de PERLE. En revanche, deux nouveaux projets, qui ne sont pas encore financés, ont choisi des technologies voisines de celle de PERLE : DIANA à Daresbury (pour des applications industrielles) et DICE à l'Université de Darmstadt (pour des R&D de physique photo-nucléaire, visant à remplacer le s-DALINAC).

Le projet PERLE intéresse aussi la communauté de physique nucléaire française. Une des options envisagées pour le projet de collisionneur électron-ion radioactifs (e-RI) au GANIL est basée sur un ERL haute puissance (50 MW) à un passage. Si cette option est choisie, elle pourra fortement bénéficier des développements en physique des accélérateurs réalisés pour PERLE. De plus, une équipe de physiciens nucléaires d'IJCLab soutient le projet DESTIN (DEep STructure Investigation of (exotic) Nuclei), qui consiste en la réalisation à Orsay d'un dispositif complet pour la production et la caractérisation d'ions radioactifs par photo-fission, incluant un piège à ions et un spectromètre à électrons. Il s'agirait ainsi de réaliser un démonstrateur à faible luminosité pour des expériences de diffusion d'électrons sur des noyaux radioactifs, qui pourrait aussi fournir des résultats scientifiques intéressants, comme la mesure du rayon de charge de ^{132}Sn .

PERLE est soutenue par une collaboration internationale qui inclut aujourd'hui le CERN, Jefferson Lab, STFC-Daresbury, University of Liverpool, BINP-Novosibirsk, Cornell University et l'IJCLab. Suivant les recommandations des Conseils Scientifiques du LAL et de l'IPNO en Juin 2019, un effort important a été fait pour organiser la collaboration, avec l'établissement d'un Management Board avec huit membres (deux membres d'IJCLab, dont le responsable IN2P3 du projet PERLE). L'objectif actuel est de finaliser l'organisation de la collaboration et le partage des tâches pour la publication d'un TDR prévu à l'automne 2022. Après la phase de TDR, trois phases de construction sont prévues : la construction de la ligne d'injection jusqu'en 2025, la construction d'une version à 250 MeV avec trois passages mais un seul linac jusqu'en 2028, et la version finale d'ici 2030.

L'IJCLab est fortement impliqué dans la phase de TDR, avec la gestion du projet et des responsabilités au niveau de l'injection, de la SRF, de l'optimisation des lignes et des arcs de recirculation. Le bâtiment qui accueillera PERLE est un ancien hall expérimental, le hall SUPER ACO, qui est déjà bien équipé (pont roulant, électricité...) et pourra partager d'autres infrastructures (circuits de refroidissement, transformateurs électriques...) avec les autres accélérateurs installés à proximité. Le coût estimé du projet total est d'environ 25 M€, mais ce budget n'inclut pas les infrastructures qui devront être financées par le "Contrat Plan Etat-Région" (CPER).

En 2020, 5 permanents (quatre ingénieurs de recherche et un ingénieur) et deux non permanents (un ingénieur et un doctorant) ont travaillé sur PERLE à l'IJCLab. Il est prévu d'augmenter nettement les effectifs de PERLE. En particulier, le recrutement de deux post-docs et un doctorant en 2021 est déjà acquis.

4.2 Avis

Le projet PERLE est conçu pour être le démonstrateur d'une machine ERL de 500 MeV et de puissance 10 MW. Il fournira aussi des études très utiles sur de nombreux phénomènes cruciaux pour la construction d'ERLs de haute intensité et de haute énergie (halo, effets collectifs, charge d'espace, rayonnement synchrotron cohérent, instabilités de « micro bunching »...).

Bien que ce soit le premier projet d'ERL dans lequel s'impliquent les équipes de l'IJCLab, le laboratoire possède des compétences dans plusieurs domaines clés,

comme les photoinjecteurs, les cavités SRF, les cryomodules, le vide... L'IJCLab a donc toute sa place pour mener un tel projet ambitieux et participer au développement d'ERLs, en suivant les recommandations de la stratégie européenne de physique des particules.

La phase TDR est très importante pour bien définir tous les paramètres de cette machine. En particulier, les stratégies et les outils de diagnostics pour mesurer et éventuellement corriger les différents effets devront être bien explicités. L'accélération de faisceaux polarisés est très intéressante et cette voie doit rester ouverte, mais elle n'est peut-être pas prioritaire car elle implique des ressources supplémentaires pour la construction de l'injecteur et nécessite d'inclure des études sur le maintien de la polarisation. Les motivations pour la phase 1 à énergie réduite et un seul linac devraient aussi être mieux explicités. En effet, ce choix impliquera des développements supplémentaires spécifiques à l'énergie de 250 MeV et les effets mesurés ne seront pas forcément extrapolables à plus haute énergie. Enfin, l'intégration d'un point d'interaction dans le projet pourrait être étudiée en vue du TDR, car elle permettrait de renforcer l'impact de PERLE en démontrant la viabilité du fonctionnement multi-tour en présence d'interactions.

L'application aux collisions électrons-ions pour la physique nucléaire, soutenue par les équipes locales de physiciens, est très intéressante et renforce le projet, mais il semble nécessaire d'évaluer le risque que la démonstration du piège se fasse sur une autre installation avant PERLE. Le Conseil suggère d'étudier toutes les possibilités d'accueillir une expérience de physique ou une source de rayonnement et d'étudier la possibilité d'intégrer un volet « applications » dans le projet dès le TDR, en évaluant le coût humain, afin d'élargir la communauté d'utilisateurs et faciliter les demandes de financement.

4.3 Recommandations

Le Conseil recommande que la complémentarité avec les nouveaux projets à Darmstadt et DIANA à Daresbury, basés sur la même technologie que PERLE, soit étudiée, pour éviter toute duplication et vérifier que PERLE garde un fort potentiel de démonstrateur.

Un aspect très valorisant de ce projet est l'efficacité énergétique. Le Conseil recommande de quantifier le gain énergétique apporté par la technologie ERL pour la machine envisagée.

Le Conseil recommande de renouveler les discussions avec le CEA, dont l'implication pourrait renforcer notablement le projet. De façon plus générale, l'organisation du projet doit encore être finalisée. En particulier, il est primordial de bien fixer pour chaque « work package » du TDR les objectifs, la répartition des tâches, et d'établir des jalons pour les études, la réalisation de prototypes, etc. Une clarification des contributions au projet des grands laboratoires qui collaborent, en particulier du CERN, est nécessaire. Les ressources humaines dévolues à PERLE à l'IJCLab sont faibles, alors qu'il sera le laboratoire hôte. L'implication des permanents à IJCLab ne pourra sans doute pas augmenter fortement à court terme, compte-tenu des autres projets en cours. Le recrutement de deux post-docs et un doctorant en

2021 permettront de renforcer les ressources humaines à IJCLab sur PERLE mais ne seront pas suffisantes. Le Conseil invite donc la collaboration à se renforcer rapidement.

En résumé, le Conseil reconnaît l'importance pour l'IN2P3 de contribuer au développement d'ERLs de forte puissance et haute énergie. Il soutient l'implication d'IJCLab dans la phase TDR du projet d'ERL PERLE, mais considère nécessaire de renforcer la collaboration, de finaliser rapidement l'organisation du travail et de vérifier l'adéquation des RH disponibles à l'IN2P3 avec les tâches sur lesquelles ils sont engagés.

Executive summary:

The Council recommends that the complementarity with the new projects in Darmstadt and DIANA in Daresbury, based on the same technology as PERLE, be studied, to avoid any duplication and to verify that PERLE keep a strong potential as a demonstrator.

A very rewarding aspect of this project is energy efficiency. The Council recommends quantifying the energy savings brought by the ERL technology for the envisaged machine.

The Council recommends renewing discussions with the CEA, whose involvement could significantly strengthen the project. More generally, the organization of the project has yet to be finalized. In particular, it is essential to properly set for each TDR "work package" the objectives, the distribution of tasks, and to establish milestones for studies, the production of prototypes, etc. A clarification of the contributions to the project from the large collaborating laboratories, especially from CERN, is necessary. The human resources devoted to PERLE at the IJCLab are weak, whereas it will be the host laboratory. The involvement of permanent staff at IJCLab will probably not be able to increase significantly in the short term, given the other ongoing projects. The recruitment of two post-docs and a doctoral student in 2021 will strengthen human resources at IJCLab on PERLE but will not be sufficient. The Council therefore invites collaboration to strengthen rapidly.

In summary, the Council recognizes the importance for IN2P3 to contribute to the development of high power and high energy ERLs. It supports the involvement of IJCLab in the TDR phase of the PERLE ERL project, but considers it is necessary to strengthen the collaboration, to finalize quickly the organization of the work and to verify the adequacy of the HR available at IN2P3 with the tasks they are engaged on.

5. R&D sur l'accélération d'électrons par technologie laser-plasma à l'IN2P3 : A. Specka

5.1 Présentation du projet

Comme toutes les autres, la présentation est accessible sur le site web, mais il est à noter que le Conseil n'a pas reçu le rapport écrit sur lequel il aurait pu se baser pour le présent compte-rendu.

Le principe de l'accélération laser-plasma repose sur l'oscillation de densité électronique qui accompagne le passage d'une impulsion laser ultra-courte dans un plasma. La technique de CPA (Chirped Pulse Amplification) a permis à cette technique d'être développée dans de nombreux laboratoires dans le monde. La principale application à ce jour est la possibilité d'obtenir des sources compactes de rayons X pour la micro-tomographie ou la microradiographie. Dans le domaine de la physique des particules, le programme EuPRAXIA vise à avancer vers la conception d'un collisionneur de particules de haute énergie. Un panorama de l'état de l'art montre que les meilleures valeurs des variables importantes (typiquement : énergie, émittance, charge accélérée, taux de répétition) ne sont pas obtenues simultanément par une même expérience. Dans ce contexte, le GDR « APPEL » regroupe les laboratoires français pour, entre autres, définir la contribution à EuPRAXIA, et une feuille de route nationale sera en cours de rédaction à l'été 2021. La principale activité à l'IN2P3 sur la thématique de l'accélération d'électrons a été menée jusqu'à présent dans le cadre du « master projet » ALPe incluant la préparation des expériences sur le laser APOLLON. Ce laser atteindra d'abord une puissance crête de 1 PW sur un premier faisceau, qui sera ensuite complétée par un deuxième faisceau multi-PW. L'utilisation de ces deux faisceaux et la mise en place d'une ligne de transport des électrons entre les deux étages plasma est un projet expérimental ambitieux de démonstration d'accélération laser plasma.

5.2 Avis

La participation des équipes de l'IN2P3 à la construction de démonstrateurs pour cette technologie, comme EuPRAXIA qui pourrait être le premier accélérateur d'électrons multi-GeV basé sur l'accélération laser plasma, est considérée comme très importante par le Conseil.

6. Projet PALLAS : K. Cassou

6.1 Présentation de PALLAS (Prototype Accélérateur Laser Plasma)

PALLAS vise la construction d'un prototype d'accélérateur laser-plasma permettant d'accélérer des électrons du plasma dans la gamme de 150 MeV à 200 MeV, avec des propriétés de contrôle et de stabilité comparables aux accélérateurs RF. La conception est basée sur celle de l'injecteur laser plasma décrite dans le Conceptual Design Report (CDR) d'EuPRAXIA, projet européen ayant pour objectif la construction d'un accélérateur plasma à une énergie de 5 GeV.

La construction de PALLAS repose sur l'utilisation d'un système laser existant depuis une quinzaine d'années à l'université Paris Sud, LASERIX, qui doit être rénové et fiabilisé pour fournir les propriétés de faisceau laser requises pour l'injecteur laser plasma. Ce poste de dépense constitue la plus grosse partie du budget de PALLAS.

Le laser est ensuite focalisé dans un plasma qui constitue le milieu accélérateur : la construction d'un banc de test permettant le développement et le diagnostic du plasma est proposée dans le cadre de PALLAS. Une ligne de diagnostic pour analyser le faisceau d'électrons sera implantée derrière, dans la salle radio-protégée.

Le projet est proposé en trois phases. La première phase, sur la période 2020-2022, couvrira la construction et l'optimisation des paramètres faisceau, la seconde concernera la focalisation du faisceau tandis que la troisième phase permettra de préparer le transport du faisceau d'électrons pour injection dans un deuxième plasma éventuel. Les premiers faisceaux sont annoncés pour 2022, suivis d'une phase d'optimisation jusqu'en 2024, puis de la mise en place d'une ligne de transport en 2026 pour l'injection dans un deuxième étage.

Le projet est porté par l'IJCLab et les contributions (7.5 FTE) émanent essentiellement des personnels techniques et enseignants chercheurs d'IJCLab, avec une contribution (0.2 FTE) du LLR.

6.2 Avis

De nombreuses expériences ont démontré la capacité de l'accélération laser plasma à produire des milieux accélérateurs avec des champs de l'ordre de 100 GV/m et des sources d'électrons de 10 MeV jusqu'à une dizaine de GeV. Des paramètres de faisceaux d'électrons dans de larges gammes de charge (fC au nC), d'émittance et de reproductibilité ont été obtenus par différents groupes au niveau international et au niveau français, dans un mode exploratoire où la finalité était d'étudier les mécanismes physiques.

Le défi actuel consiste à obtenir tous les paramètres du faisceau d'électrons en même temps et à chaque tir laser, ce qui nécessite une maîtrise très fine de la machine et un dispositif de test permettant l'étude systématique des paramètres clés. Une telle démonstration constituera une avancée significative et une étape cruciale pour le développement de la technologie plasma vers la construction d'accélérateurs à venir.

Le Conseil souligne l'importance de ce projet de démonstrateur d'accélérateur laser plasma, unique au niveau français, et exceptionnel au niveau international, seul DESY ayant un projet de nature comparable. Il s'inscrit pleinement dans la contribution au centre d'excellence français pour EuPRAXIA. Dans ce contexte, il est important que des résultats soient obtenus dans les quelques années qui viennent pour que la contribution reste originale au niveau international.

6.3 Recommandation

Le projet est décrit en termes de développements techniques et laisse peu de place à la description des mécanismes physiques sur lesquels il repose. En particulier les

choix des mécanismes sélectionnés sont peu justifiés. Le Conseil recommande de mettre en place une direction scientifique et de renforcer l'expertise du projet par des collaborations avec les partenaires français qui ont contribué au CDR d'EuPRAXIA.

Les rôles respectifs des laboratoires et des industriels dans le projet doivent être clarifiés. Les tâches pour lesquelles les industriels ont une expertise doivent être identifiées (laser, magnétisme) et les laboratoires devraient se concentrer sur les parties originales du projet. Le Conseil recommande de mettre en place une structure de collaboration adaptée et formalisée, impliquant les collaborateurs hors IJCLab (en particulier à Paris-Saclay et à l'Institut Polytechnique de Paris) dans la réalisation du projet et au niveau décisionnel.

Le projet PALLAS prévoit d'utiliser le laser de la plateforme LASERIX, 22 semaines par an ; de plus des modifications conséquentes du laser sont financées dans le cadre de PALLAS, qui vont modifier significativement les paramètres et les performances du faisceau. Le Conseil recommande de clarifier plusieurs aspects comme le statut de la plateforme LASERIX, les modes de fonctionnement prévus dans le cadre du projet PALLAS, l'attribution du temps de faisceau laser, ou encore l'étude de l'impact pour le projet de l'utilisation du laser pour d'autres applications.

Le projet bénéficie d'un budget conséquent permettant de mener à bien la phase 1. Néanmoins, le hall expérimental dans lequel l'installation est prévue est trop petit pour déployer une véritable installation de test. Il paraît difficile de pouvoir installer des diagnostics ou des dispositifs de test complémentaires dans la configuration prévue, ce qui impose une limitation pratique aux développements futurs. La phase 1 doit être suivie de l'injection du faisceau d'électrons dans un deuxième étage plasma pour une accélération à plus haute énergie (au GeV) : pour cette deuxième phase, il faudra déménager l'ensemble. L'implantation choisie limite les perspectives de développement en termes de possibilités techniques, allonge fortement la durée du projet et vraisemblablement augmentera le coût global. La construction d'un injecteur laser plasma avec la ligne de transport du faisceau d'électrons dans le cadre de PALLAS semble difficile à réaliser selon le calendrier proposé et avec les ressources humaines décrites. La démonstration de l'utilisation des plasmas comme nouvelle technologie accélérateur est un objectif important pour la discipline qui devrait être soutenu par un programme ambitieux. Le conseil recommande donc une organisation des phases du projet qui permette un développement incrémentiel.

Executive summary:

The description of the project is mostly technical and does not include information on the physical mechanisms on which it relies. In particular, the choice of selected mechanisms is not motivated. The Council recommends implementing a scientific management structure and reinforcing the project expertise by strong collaborations with French contributors to the EUPRAXIA CDR project.

The respective contributions of academic and industrial partners in the project should be clarified. The tasks for which there is an expertise of industrial partners should be identify (Laser, magnetism) and academic partners should focus on the most exploratory parts of the project. The Council recommends implementing a

contractual, adequate collaborative organization, involving collaborators outside IJCLab (in particular within Université Paris-Saclay and Institut Polytechnique de Paris) in the work and management of the project.

The PALLAS project plans to use the laser of the LASERIX platform 22 weeks per year; in addition, important modifications of the laser system are funded in the frame of PALLAS, which will change significantly the parameters and performance of the laser beam. The Council recommends to clarify several aspects such as the status of LASERIX platform, the mode of operation planned in the frame of PALLAS project, the mode of attribution of laser beam time, or a study of the impact for the project on the use of the laser beam for other applications.

The project benefits from a budget sufficient for the achievement of phase 1. However, the experimental hall inside which implementation is planned is too small for the deployment of a real test facility. The implementation of diagnostics or additional equipment for tests seems difficult in the proposed configuration and limits in practice the ambition of future developments. Phase 1 should be followed by the injection of the electron beam into a second plasma stage for acceleration to higher energy (at the GeV level): to implement this second phase, the whole setup will have to be moved into a larger hall. The current implementation plan inhibits the perspectives of technical development, increases significantly the duration of the project, and most probably the overall cost. The construction of a laser plasma injector including the electron beam transport in the frame of PALLAS seems difficult to achieve within the proposed time frame and human resources.

The demonstration of the use of laser driven plasma cavities as a new accelerator technology is an important objective for the field of accelerators that should be sustained by an ambitious program. The Council recommends implementing an organization of the project with phases based on incremental progress.

7. R&D sur les cavités RF supraconductrices à l'IN2P3 : M. Fouaidy

7.1 Présentation du projet

L'IJCLab est impliqué dans la R&D sur les cavités radio-fréquence supraconductrices (SRF) depuis une trentaine d'années. L'effort initial a été porté par une petite et jeune équipe qui s'est développée au point d'occuper aujourd'hui une position prééminente dans ce domaine, tant au niveau national qu'international.

Les travaux de recherche et le développement ont porté notamment sur les cryostats, sur les cavités elles-mêmes, et sur le système de coupleur, mais ils ont également impliqué le développement d'amplificateurs RF, les systèmes de contrôle pour la cryogénie et les amplificateurs RF, les systèmes de réglage des cavités (rapide et lent), les procédés de fabrication efficaces, ainsi que le développement de l'infrastructure nécessaire pour développer et construire ces composants. Alors que la R&D sur les cavités s'est concentrée initialement sur les cavités SRF elliptiques traditionnelles, le laboratoire joue aujourd'hui un rôle de premier plan au niveau

mondial pour une structure à géométrie demi-onde coaxiale appelée cavités « spoke ». Ces cavités sont particulièrement bien adaptées à l'accélération des ions dans la gamme d'énergie moyenne.

La cavité SRF n'est qu'une partie d'un système d'accélérateur qui comprend des coupleurs de puissance, des systèmes de réglage lent et rapide, et de nombreuses autres pièces annexes telles que des boucliers thermiques et l'isolation. Le système d'accélérateur complet, y compris le cryostat, les cavités, le système de réglage et les coupleurs, est souvent regroupé sous le nom de "cryo-module". Au fil des ans, l'IJCLab a développé toutes les parties de ces cryo-modules, ce qui a permis, par exemple, de concevoir de nouveaux modèles pour la source de spallation européenne (ESS) à Lund, et pour MYRRHA en Belgique. Le laboratoire construit aujourd'hui des cryo-modules spoke en série pour l'ESS, après avoir conçu et développé toutes les parties du cryo-module au laboratoire. La fabrication de toutes les pièces a été réalisée par l'industrie européenne et l'assemblage final a été effectué au laboratoire. Ils développent également un prototype de cryo-modules spoke pour MYRRHA dans le but de transférer la production en série à l'industrie.

Le laboratoire poursuit ses travaux de recherche et développement sur les performances des cavités et travaille actuellement sur des prototypes de cavités spoke pour l'accélérateur de protons PIP-II à Fermilab en utilisant une nouvelle technologie avec dopage à l'azote pour améliorer les performances. En outre, le laboratoire mène des travaux de recherche et de développement sur de nouveaux matériaux alternatifs pour les cavités, tels que le MgB_2 et le NB_3Sn , ainsi que sur des matériaux multicouches (SIS) afin d'améliorer le gradient, de réduire les pertes RF et d'améliorer la fiabilité des machines. L'objectif de cette R&D est de permettre au laboratoire de contribuer également à de futurs projets très exigeants tels que l'ILC et le FCC.

7.2 Avis

L'équipe est encouragée par le Conseil à prendre contact avec le chef du projet FCC-NPC, afin de favoriser la collaboration sur des tâches spécifiques pour le FCC (voir le rapport correspondant pour les détails).

Les niveaux de dotation en personnel et la gestion des compétences nécessaires pour garder une longueur d'avance dans ce domaine restent un défi auquel il faudra constamment prêter attention.

8. Point sur les contributions de l'IN2P3 sur ESS et MYRRHA : G. Orly

8.1 Présentation

L'IN2P3 est impliqué depuis une vingtaine d'années dans le projet MYRRHA situé à Mol (Belgique). Les laboratoires impliqués sont l'IJCLab, l'IPHC et le LPSC. MYRRHA est un projet d'ADS (« Accelerator Driven System ») : un réacteur sous-

critique alimenté par un accélérateur qui sert à soutenir la réaction en chaîne. Cette approche doit permettre d'immédiatement interrompre la réaction nucléaire, réduisant nettement les risques associés à la production d'énergie par fission nucléaire. De plus, le système pourrait permettre la transmutation de déchets nucléaires en éléments à plus court temps de vie. La première phase de MYRRHA, MINERVA, consiste principalement en la construction d'un accélérateur proton supraconducteur de 100 MeV afin d'établir la fiabilité nécessaire pour maintenir la réaction en chaîne.

Les contributions de l'IN2P3 sont axées sur le développement de l'accélérateur et la construction et les tests d'un module accélérateur (« spoke cavity »). La partie développement est essentiellement terminée, incluant la simulation du faisceau dans le linac, le développement complet de l'aimant rapide et du système à vide de l'entièreté du linac, et un prototype de système de mesure de position du faisceau. En ce qui concerne la construction du module accélérateur prototype, après de sérieux délais dans la publication et la signature de certains contrats à Mol, le projet converge maintenant vers la partie test, qui devrait débuter en juin. En parallèle de ces tests, une seconde phase de développement de l'accélérateur devrait commencer, axée sur l'intégration des différents éléments (dynamique de faisceau, vide, mesure de position du faisceau, mise en route de l'injecteur, et support à l'appel d'offre pour la construction des modules accélérateurs). Les discussions sont en cours pour la gestion par l'IJCLab de l'industrialisation du processus et la production et les tests de soixante modules et de leur infrastructure associée : coupleurs de puissance et systèmes d'ajustement à froid.

La European Spallation Source (ESS) est une nouvelle source à neutrons en cours de construction à Lund (Suède). Un élément clef de l'ESS est un accélérateur proton supraconducteur de 2 GeV et 5 MW. L'IJCLab est responsable de la production des 13 cryomodules formant la première section supraconductrice du linac (14 cryomodules en cas de défaillance de l'un d'eux), ainsi que des systèmes de distribution cryogéniques associés. Pour les cryomodules, 95% des composants ont été livrés, mais plusieurs problèmes de qualité ont été observés après l'assemblage des trois premiers modules. Des problèmes de qualité sont aussi apparus sur les lignes de distribution cryogéniques.

8.2 Avis

L'IJCLab a développé une grande expertise (et une renommée) dans les « spoke cavity », éléments essentiels pour les sections à énergie intermédiaire dans les accélérateurs linéaires à haute puissance. Ils sont responsables de ces composants pour plusieurs accélérateurs de ce type en construction actuellement : MYRRHA, ESS et PIP-II. La difficulté à ce stade semble être principalement au niveau de l'industrialisation de certains aspects de fabrication.

9. Contributions IN2P3 sur PIP-II : D. Longuevergne

9.1 Présentation de PIP-II

Le projet international PIP-II est un ensemble de mises à niveau et d'améliorations du complexe d'accélérateurs du Fermilab. Il vise plus particulièrement à fournir un faisceau intense de neutrinos au projet DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment).

Le département accélérateur d'IJCLab est, depuis 2018, fortement impliqué dans ce projet et plus spécifiquement dans la conception et le développement de composants d'accélérateur nommés SSR2 (Single Spoke Resonator type 2) pour une section du linac supraconducteur. La phase de prototypage du cryomodule SSR2 a d'ores et déjà été lancée suite à la signature d'une déclaration d'intérêt (Sol) entre le DOE et l'IN2P3. Les premiers prototypes (cavité accélératrice supraconductrice, système d'accord de fréquence et coupleur de puissance RF) ont été conçus et optimisés de façon conjointe avec le FNAL et sont en cours de fabrication.

En 2022, la phase de production sera lancée après la validation en conditions opérationnelles du cryomodule prototype à Fermilab (fin 2021). En parallèle du lancement de cette phase, les installations du laboratoire seront mises à niveau afin de permettre le déroulement des essais de production de la cavité.

Les contributions « In Kind » de l'IN2P3 à la phase de production de PIP-II dont il est prévu qu'elle se termine en 2026 consisteront à : 1) soutenir les équipes de Fermilab pendant les phases de fabrication et de traitement de surface effectuées dans des entreprises spécialisées ; 2) valider les performances des cavités SSR2 dans le cryostat vertical à Orsay ; 3) expédier tous les composants à Fermilab, prêts à être intégrés dans les cryomodules.

9.2 Avis

Le projet PIP-II repose sur l'expertise reconnue d'IJCLab dans le développement de cavités similaires, expertise développée grâce aux contributions du laboratoire sur les projets ESS et MYRRHA.

Il est clair pour le Conseil que l'équipe d'Orsay possède l'expertise et les compétences nécessaires pour assurer les points 2 et 3 listés ci-dessus et qu'elle fournirait effectivement un excellent service au projet PIP-II. Il est à noter que l'effort de la phase de R&D de l'équipe recoupe fortement la phase de livraison du projet ESS, qui a déjà subi de lourds retards ainsi que la montée en puissance des activités du laboratoire sur le projet MYRRHA.

Les paramètres annoncés ($Q_0 > 9 \cdot 10^9$ pour $E_{acc}=11.5$ MV/m) sont ambitieux mais réalisables. Ils nécessitent malgré tout un suivi strict et un plan d'assurance qualité rigoureux.

Le Conseil souligne un risque qui pourrait être lié à la non réalisation des objectifs de la phase R&D dans les délais et au chevauchement de cette phase R&D avec la phase de production. Ceci constitue un aléa pour le projet, même si les

engagements du laboratoire ne reposent que sur les tests et non sur un refonte éventuelle de la conception des cavités au cours de la phase de production.

Pour le point 1, une part importante de la contribution de l'IJCLab est la supervision de l'assurance et du contrôle qualité chez les fournisseurs extérieurs.

9.3 Recommandations

Le projet PIP-II, dans l'expertise de l'équipe, permet au laboratoire de s'engager dans ce programme international, d'en retirer des expertises nouvelles et une mise à niveau d'une partie de ses installations. Le Conseil recommande que les effectifs sur ce projet soient plus en adéquation avec les engagements, afin que le projet PIP-II n'impacte pas les projets sur lesquels le laboratoire est déjà engagé (ESS, MYRRHA).

La question des responsabilités (entre le FNAL et l'IJCLab) en cas de problème avec les résultats est à clarifier et à préciser, que ce soit lors de la phase de R&D, ou bien en phase de révision lors de la production, ou encore s'il venait à y avoir du retard sur la livraison des équipements par les industriels.

L'organisation actuelle manque de personnel clairement identifié sur l'assurance produit (« Project Controller », QA, QC). Un tel projet nécessite un renforcement sur ces aspects le plus tôt possible par des agents experts dans ce domaine. Dès ces agents identifiés, le Conseil recommande d'organiser rapidement, au sein d'IJCLab, un retour d'expérience sur l'assurance produit global touchant aux projets accélérateurs d'IJCLab, afin d'anticiper les éventuels problèmes (notamment sur les aspects d'établissement du cahier des charges et suivi des sous-traitants). En particulier, une présence (presque) permanente de contrôleurs dans les locaux des fournisseurs devrait être envisagée, et des points de revue appropriés devraient être inclus dans les contrats de sous-traitance.

Au niveau d'IJCLab, le Conseil encourage des échanges scientifiques avec les équipes impliquées sur PIP-II et sur Dune.

Executive summary:

The PIP-II project is well within the expertise of the team, and allows the laboratory to get involved in this international program, learn new expertise and an upgrade part of its installations. The Council recommends adapting the human resources to the commitments, such that PIP-II does not impact the other projects to which the laboratory has already committed (ESS, MYRRHA).

The sharing of responsibilities (between FNAL and IJCLab) needs to be clarified in case of problem in the results, either occurring during the R&D phase, in the phase of redesign during production, or in case of delays in the delivery of the equipment by the industrial partners.

The present organization lacks human resources clearly identified on the quality insurance (Project controller, QA, QC). Such a project needs reinforcement on these aspects as soon as possible by experienced people in this domain. As soon as these experts will be identified, the Council advises to organize rapidly, within the IJCLab, a

return of experience on the global quality insurance of accelerator projects at IJCLab, in order to anticipate potential problems (especially on aspects of the contract specification and monitoring of sub-contractors). In particular, (almost) permanent presence of controllers at the supplier's facilities should be considered, and appropriate reviews should be included in the contracts.

At the level of the IJCLab, the Concil encourages scientific exchanges with the teams involved on PIP-II and Dune.

10. ARCO, Centre de Recherche en Accélérateurs d'Orsay, organisation et positionnement national : S. Bousson

10.1 Présentation de ARCO

ARCO est une initiative visant à coordonner les activités et compétences sur les accélérateurs à l'IJCLab, qui résulte de la fusion de cinq laboratoires du campus d'Orsay. Cette structure, nouvelle, affiche plusieurs objectifs, notamment d'être une porte d'entrée unique vis-à-vis de l'extérieur (rôle d'orientation), de nouer des relations étroites avec les principaux acteurs locaux, de communiquer en interne et en externe de façon coordonnée, d'initier des groupes de travail thématiques autour de projets et compétences communes ou complémentaires, et enfin d'assurer une animation scientifique autour des accélérateurs.

10.2 Avis

Comme indiqué lors du Conseil Scientifique de l'IN2P3 de février 2020, dédié aux plateformes labellisées IN2P3 (en particulier ALTO, Andromède et SCALP pour ce qui concerne ARCO), la création de l'IJCLab « ouvre a priori de nouvelles opportunités pour améliorer l'exploitation des trois plateformes, par exemple en mutualisant certaines ressources ou en coordonnant mieux les efforts de développements et de valorisation ». En ce sens, ARCO répond en partie à cette recommandation et le Conseil souligne l'intérêt et la pertinence des objectifs visés.

Le Conseil s'interroge sur la position non-hiérarchique attribuée à ARCO, c'est-à-dire fonctionnant en particulier sur la base de l'incitation et de la création de groupes de travail thématiques pour la mise en commun d'efforts de développement. En effet, pour qu'ARCO atteigne ses objectifs dans le cadre proposé, il faudra qu'ils soient clairement alignés avec la stratégie de l'IJCLab (et des autres structures internes associées). Il est clair qu'une bonne émulation émanant de ces groupes de travail sera bénéfique aux différents acteurs et plateformes de l'IJCLab liés aux accélérateurs. Le Conseil souhaiterait avoir un retour sous 1 ou 2 ans sur la mise en place des actions proposées ainsi que de leur impact.

11. Recommandations générales

Le Conseil identifie un potentiel problème de ressources humaines pouvant impacter les trois projets ESS, MYRRHA et PIP-II, notamment au cas où le projet PIP-II rencontrerait une difficulté imprévue. Le Conseil recommande au laboratoire IJCLab et à la direction de l'IN2P3 d'être particulièrement attentifs à l'évolution de ce projet.

De plus, comme évoqué en session fermée avec la direction de l'institut (voir paragraphe 12.1), les projets examinés reposent essentiellement sur les ressources de l'IJCLab, par ailleurs engagées sur d'autres développements (tels ThomX par exemple). Le Conseil recommande aux directions du laboratoire et de l'IN2P3 d'identifier les collaborations éventuellement nécessaires pour mener à bien tous ces projets.

12. Discussions internes au CSI

12.1 Discussions avec la direction

Nouvelles de la direction

Patrice Verdier est nommé chargé de mission Prospectives IN2P3. Il est remplacé par Berrie Giebels comme directeur adjoint de l'IN2P3. Vincent Poireau est nommé DAS astroparticules et cosmologie.

Point sur cette séance

Reynald Pain souligne le succès des séances ouvertes du CSI en visioconférence, et pose la question de savoir si ce fonctionnement n'est pas à retenir dans l'avenir. Il serait possible de remplacer la retransmission habituelle des séances ouvertes par une visioconférence, qui permettrait une plus grande interactivité.

Pour la direction, cette séance est importante et fait suite à la précédente séance de 2016 sur les mêmes activités. Une structuration a eu lieu depuis, qui a permis de faire émerger un certain nombre de projets. Les financements dans le domaine ont été accrus. Par exemple, le projet PIP-II est fortement soutenu par l'institut, à hauteur de 3M€.

Dans l'idée de la direction, cette séance du Conseil permettra de mettre en place une feuille de route précisant les priorités d'ici un an. A cause des contraintes en termes de ressources humaines, il est vraisemblable que tous les aspects des projets présentés ne puissent être réalisés. La direction aimerait demander au Conseil : est-ce que ce qui a été montré sur les projets est viable ?

Le Conseil fait remarquer que les projets examinés relèvent principalement de l'IJCLab, et abonde sur la question des ressources humaines. La recherche de collaborations avec le CEA semble être à encourager. Le Conseil demande si PACIFICS peut être un outil pour cela.

La direction répond que des discussions sont en cours sur les ressources humaines, mais souligne que 30% des forces de l'IN2P3 sur ces projets appartient à d'autres laboratoires que l'IJCLab. Des discussions au niveau des projets ont bien lieu avec le CEA, mais il n'y a pas de structuration à un plus haut niveau. Il semble que les priorités du CEA soient ailleurs aujourd'hui, ce pourquoi l'engagement avec l'IN2P3 n'est pas plus fort. En effet, PACIFICS permettrait une coopération accrue.

Point sur le colloque de restitution des prospectives

Le colloque est reporté du 19 au 22 octobre 2021 car il est important qu'il ait lieu en présentiel. Dans l'attente, les thématiques plus transverses vont pouvoir être organisées : un atelier sur la physique théorique des deux infinis, qui se tiendra les 7 et 8 juin 2021 à Paris, et un atelier sur les technologies quantiques pour les deux infinis (orientées détecteurs), qui se tiendra les 30 juin et 1^{er} juillet à Marseille. Il y aura des comités de pilotage pour chacune de ces thématiques, dans lesquelles des membres du CSI sont conviés. D'autre part, les prospectives techniques progressent, elles feront l'objet d'une restitution au colloque. Il n'est pas a priori nécessaire d'ajuster les documents déjà fournis, car un travail supplémentaire de synthèse est en cours.

Point sur le concours CNRS

Cette année, il y a eu une offre de poste au concours CR de plus que l'an dernier. Un poste IN2P3 est recruté dans la section 06 (sciences de l'information), sur le thème « Traitement de très grandes masses de données et calcul haute performance en cosmologie » et affecté au LAPP, possiblement sur LSST. Parmi les huit autres postes CR, il y a un profil blanc.

La liste des offres de postes pour la section 01 est ici :

https://gestionoffres.dsi.cnrs.fr/fo/offres/detail-fr.php?&offre_id=2

Les résultats du jury d'admissibilité sont rendus publics sur le site de la section 01 :

https://section01.in2p3.fr/concours_2021.html

Il est aussi à noter l'ouverture d'un poste d'IR qui sera affecté à l'IJCLab. A Caen, un poste d'IR ainsi qu'un poste de DR2 sont ouverts. Un poste de DR2 sur concours externe est ouvert sur la physique nucléaire au GANIL.

Prochaines sessions du CSI

Les rapporteurs souhaiteraient avoir à disposition toutes les présentations des orateurs pendant la séance, ce que permettrait une page indico. Cela a été mis en place pour cette séance et sera mis à l'œuvre à nouveau.

1) Séance du CSI du 29-30 juin sur la théorie :

Les activités de théorie à l'IN2P3 ont été structurées ces dernières années, avec la nomination d'une chargée de mission théorie, aujourd'hui Marcella Grasso, qui interviendra bien entendu. Le financement récurrent des équipes a été augmenté et

un financement par projets a aussi été mis en place. La séance permettra d'identifier les forces en présence et les sujets d'excellence. Il s'agit donc de faire un bilan, pour éventuellement structurer plus fortement les activités. Par exemple, les aspects de modélisation théorique (notamment en physique et astrophysique nucléaire) sont encouragés. La question de la relation avec l'INP est aussi à considérer. La direction va faire une proposition écrite d'agenda. Le séminaire sur les perspectives de la thématique théorie aura eu lieu avant la séance de juin, et un retour est envisageable en séance.

Le Conseil demande aussi à la direction un retour sur la séance portant les plateformes labellisées IN2P3 (février 2020), lors de la session de juin 2021.

2) La séance du CSI du 26-27 octobre 2021 sera dédiée aux neutrinos. Le Conseil a été contacté par la proto-collaboration HyperKamiokande qui montre la volonté d'être examinée pour avis (et pas seulement pour information). La direction indique que l'examen de HK pour avis n'est pas prévu à cette session, mais que cela pourra être fait lors d'un conseil ultérieur en 2022.

Point statutaire sur le jury d'admission CR section 01 et CR-CID

Les jurys proposés par la direction ont été votés à l'unanimité.

12.2 Vie du Conseil

Prochaine session du CSI

Christopher Smith présente quelques réflexions sur la préparation à la séance de juin sur la théorie.

Comités de pilotage des groupes de travail sur les perspectives

Christopher Smith accepte d'être membre du comité de pilotage pour le groupe de travail des perspectives sur la théorie, et Mahfoud Yamouni pour le groupe de travail sur les technologies quantiques.

Vote du compte rendu de la séance du CSI du 27-28 octobre 2020 : Approuvé à l'unanimité.

Sur l'élaboration des comptes rendus

L'écriture de pré-rapports par les groupes de travail qui examinent les projets en Conseil va être à nouveau mise en place. Ceci nécessite que les orateurs envoient leur rapport suffisamment à l'avance avant la séance, et permettra de gagner du temps sur la rédaction du prochain compte rendu.