

COMITÉ NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CONSEIL SCIENTIFIQUE D'INSTITUT

Compte rendu

(approuvé à l'unanimité moins une abstention)

Conseil scientifique de l'IN2P3
16-17 juin 2016

Sommaire

1. Examen de projet : accélérateurs	3
1.1. Introduction	3
1.2. Avis général	4
1.3. R&D photo-injecteurs et sources Compton	5
1.4. R&D accélération laser-plasma	7
1.5. R&D sources d'ions lourds	9
1.6. R&D supraconductivité en régime RF	12
1.7. R&D accélérateur pour le projet MYRRHA	13
1.8. Le projet SPIRAL2	16
1.9. Travaux sur les futurs collisionneurs.....	17
2. Vie du conseil.....	18
2.1. Comptes rendus	18
2.2. Politique et direction de l'institut	18
2.3. Futurs conseils	19
2.4. Fonctionnement.....	19

Membres du Conseil scientifique :

Présents : J.C. Angélique, M. Baylac, B. Blank, D. Boutigny, W. da Silva, M. Jacobé de Naurois, D. Duchesneau, P. Gay, R. Granier de Cassagnac, T. Hebbeker, C. Landesman, A. Lefebvre-Schuhl, P. Manigot, A. Maserio, C. Renault, M. Ridel, M.-H. Schune, M. Tripon, P. VanDuppen, D. Vincent, K. Werner.

Excusés : J. Giovinazzo, A. Monfardini.

Personnes présentes à la session fermée :

Direction de l'Institut : R. Pain, J.L. Biarrotte, F. Farget, P. Verdier.

Orateurs : S. Bousson, H. Monard, A. Specka, T. Thuillier, D. Longuevergne, F. Bouly.

Rapporteurs externes : V. Petrillo, P. Muggli, J. Lettry, S. Calatroni, R. Ferdinand.

Ordre du jour de la séance ouverte (jeudi 16 juin)

- **Introduction :** Maud Baylac
- **Le contexte des R&D accélérateurs à l'IN2P3 :** Sébastien Bousson
- **R&D photo-injecteurs et sources Compton :** *Hugues Monard*
- **R&D accélération laser plasma :** *Arnd Specka*
- **R&D source d'ions lourds :** *Thomas Thuillier*
- **R&D supraconductivité en régime RF :** *David Longuevergne*
- **R&D accélérateur pour le projet MYRRHA :** *Frédéric Bouly*
- **Le projet SPIRAL2 :** *Franck Varenne*
- **Travaux sur les futurs collisionneurs :** *Philip Bambade*

Ordre du jour, documents préparatoires et présentations publiques sont disponibles sur le site de l'IN2P3 : <http://www.in2p3.fr/actions/conseilsscientifiques/conseils.htm>

1. Examen de projet : accélérateurs

Remerciements aux orateurs et rapporteurs externes

Le conseil remercie les orateurs pour la qualité et la clarté de leur exposé concernant les différents projets présentés lors de ce conseil.

Le conseil remercie également les rapporteurs pour leur travail et la pertinence de leur contribution sur les projets étudiés par le conseil.

Cependant, le conseil tient à souligner que l'organisation de cette session s'est avérée mouvementée, bien que plus anticipée que les précédentes. Plusieurs rapports sont parvenus bien après la date butoir, et l'un d'eux manquait encore le jour même de la tenue du conseil. La qualité des rapports reçus était très variée et manquait dans certains cas de synthèse ou d'éléments cruciaux pour l'évaluation. Or une trame précise (portée au paragraphe 2.4 de ce rapport) avait été pour la première fois fournie aux orateurs. Le conseil rappelle que ses recommandations ne sauraient être positives s'il ne s'estime pas en mesure de juger objectivement les projets en se fondant sur des documents clairs, précis, concis et exacts.

1.1. Introduction

Les activités liées aux accélérateurs concernent douze laboratoires de l'IN2P3 et 320 équivalents temps-plein (ETP)¹, dont une vingtaine de chercheurs. Depuis 2007, dix jeunes chercheurs ont été recrutés sur cette thématique. Les activités peuvent se résumer ainsi :

- Le fonctionnement des plateformes existantes mobilise un quart des forces dédiées à la thématique (80 ETP).
- La production et l'accélération d'ions lourds, pour nourrir en particulier les expériences de physique nucléaire, concernent les accélérateurs de deux laboratoires : ALTO à l'IPN d'Orsay (20 ETP) et le GANIL à Caen (130 ETP dont 90 dédiés au projet SPIRAL2). La R&D sur les faisceaux d'ions lourds est présentée au paragraphe 1.5 de ce rapport.
- L'augmentation de l'énergie, du gradient accélérateur, de la luminosité et du flux de particules pour les accélérateurs du futur est recherchée à travers les cavités supraconductrices (10 ETP, paragraphe 1.6), les accélérateurs linéaires de forte puissance et les ADS (25 ETP) dont MYRRHA (paragraphe 1.7), l'accélération laser-plasma (10 ETP, paragraphe 1.4) et diverses activités sur les collisionneurs (15 ETP).
- Les machines à électrons de forte luminosité sont développées à des fins variées, autant fondamentales que sociétales (30 ETP, paragraphe 1.3).

Au niveau national, les liens de ces activités sont évidemment forts avec le CEA — le service des accélérateurs de l'IRFU est constitué de 130 personnes et le CEA fournit 80 ETP au GANIL —, les sociétés civiles d'accélérateurs (ESRF, SOLEIL), plusieurs universités et l'industrie (GIS avec Thales-ED...). Aux niveaux européen et international, les partenaires sont nombreux (CERN, DESY, GSI, INFN, SCK-CEN...) et des programmes européens financent plusieurs aspects de la thématique.

¹ D'après un relevé fait sur la base de données ISIS en 2014.

Il est à noter que ce conseil est le premier à passer en revue les activités de l'IN2P3 concernant les accélérateurs dans leur ensemble.

Questions posées par l'IN2P3

1. Les activités de R&D « accélérateur » présentées sont-elles en adéquation avec les priorités et orientations de l'institut ?
2. Quelle est la pertinence/qualité des travaux de R&D pour chacune des activités présentées ?
3. Quelles sont les principales spécificités (points forts / points faibles) des équipes « accélérateur » de l'institut dans le contexte français, européen et international ?
4. L'implication de l'institut dans les activités de recherche accélérateur (accélération laser-plasma, supraconductivité RF en particulier, « R&D amont » de façon générale) doit-elle être soutenue et à quel niveau ?
5. En parallèle de la participation actuelle de l'institut dans la construction des linacs hadrons de forte puissance SPIRAL-2 et ESS, la forte implication envisagée des équipes IN2P3 dans le projet MYRRHA est-elle opportune/raisonnable ?
6. Les activités actuelles et envisagées paraissent-elles soutenables ? Y a-t-il des thématiques devant clairement être renforcées/délaissées au vu des forces et compétences en présence à l'IN2P3 ?

1.2. Avis général

Les activités « R&D accélérateurs » à l'IN2P3 couvrent un large spectre, allant des concepts innovants les plus fondamentaux à la construction d'accélérateurs proprement dits. Cette variété témoigne d'une excellente expertise à l'institut et elle profite à de grands projets nationaux (SPIRAL2, ALTO...) et internationaux (ESS, MYRRHA, ELI-NP...). Cette expertise a amené les chercheurs, ingénieurs et techniciens de l'IN2P3 à s'investir dans un grand nombre de projets, de tailles diverses.

Beaucoup de ces projets sont clairement sous-dotés en ressources humaines (parfois moins de 1 ETP). Le conseil estime nécessaire d'engager une réflexion pour concentrer certaines de ces activités, à l'intérieur des laboratoires ou à un niveau national. Il souligne l'importance de conserver un bon équilibre entre la recherche la plus en amont, véritable enjeu pour le futur, et les aspects de construction et d'amélioration des machines actuelles.

La possibilité de financement d'un certain nombre de ces projets par des programmes de relativement courte durée (ANR, EquipEx, IdEx, LabEx et autres Ex) est une opportunité pour leur démarrage, mais présente un danger pour leur pérennité. La question de l'avenir à long terme de certains de ces projets se pose clairement. Il est évident que l'institut ne peut pas, à lui seul, tous les soutenir au-delà de la fin de leurs financements initiaux. Comme dans d'autres domaines, une stratégie doit absolument être développée avec tous les financeurs, en amont et à long terme. Elle passera nécessairement par une priorisation des activités de l'institut.

En ce qui concerne les sources de lumière, le conseil rappelle qu'elles se situent, d'un point de vue scientifique, à l'interface des activités de l'institut avec d'autres instituts ou organismes, et souhaite que les contributions de ces différents acteurs soient équilibrées. Ces activités ont un potentiel d'industrialisation qui reste à explorer.

L'accélération de particules par ondes plasma créées par laser est un sujet fédérateur au-delà du périmètre de l'IN2P3. Il a un potentiel à très long terme pour des accélérateurs de particules ou la production de radio-isotopes. L'étude de ce potentiel doit être accompagnée par l'institut.

Les activités en lien avec SPIRAL2, projet phare de la physique nucléaire européenne aux financements et aux contributions in-kind internationaux, doivent être fortement soutenues, autant au niveau de l'accélérateur que des sources de production des faisceaux stables et radioactifs. Ces derniers méritent une meilleure structure de coordination.

Le travail sur les collisionneurs du futur et le développement des structures supraconductrices en régime RF sont un investissement dans le cœur de métier de l'IN2P3 pour la physique des particules et la physique nucléaire. Il doit être soutenu à un niveau adéquat.

Les activités dans le cadre de MYRRHA se situent dans le contexte de la mission sociétale du CNRS et de l'IN2P3. Elles doivent profiter d'un soutien continu de la part de l'institut. En forte baisse aujourd'hui, la compétence indispensable dans la dynamique de faisceau doit absolument être renforcée à l'IN2P3 au moins pour le projet MYRRHA et peut-être de façon plus générale.

1.3. R&D photo-injecteurs et sources Compton

Ces activités concernent les photo-injecteurs (PHIL), les sources de rayons X compactes (ThomX) et les sources gamma (ELI-NP). Le LAL est le seul laboratoire de l'IN2P3 impliqué.

La plateforme **PHIL** (pour photo-injecteur au LAL) exploite un photo-injecteur à 5 MeV. Le LAL possède une expertise reconnue au niveau international dans ce domaine par le développement d'une dizaine de photo-injecteurs de forte brillance pour différents projets, dont CTF (CLIC test facility au CERN). L'intérêt de PHIL est avéré comme plateforme de R&D pour les photo-injecteurs et de soutien pour les développements d'autres projets : ThomX (décrit ci-dessous), PRAE (une plateforme de recherche et d'applications d'électrons qui sera construite en 2016-19 pour l'IMNC, l'IPNO et le LAL) ou ESCULAP (décrit au paragraphe 1.4). La plateforme permet de former les équipes techniques, de fournir du faisceau à des utilisateurs et de proposer des travaux pratiques pour les étudiants. Les sujets de R&D affichés pour PHIL visent l'optimisation de paramètres essentiels des trois composantes des photo-injecteurs, notamment la durée, la stabilité et le *pulse shaping* des impulsions laser, l'augmentation du gradient accélérateur et du nombre de cellules, ainsi que la préparation des photocathodes.

ThomX est une source compacte de rayons X, fondée sur la diffusion Thomson et composée d'un photo-injecteur, d'une section d'accélération linéaire, d'un anneau de stockage et d'une source de photons. La source de photons est un laser amplifié dans une cavité Fabry-Perot de haute finesse. Il s'agit d'un projet innovant, conçu pour maximiser le flux de photons et offrir une machine compacte, fiable et réglable. ThomX sera l'une des premières sources de ce type en Europe et les performances attendues sont remarquables : elle pourra délivrer des photons d'énergie variable (45-90 keV) avec un flux maximal de 10^{13} photons/s. ThomX exploite et valorise les compétences du LAL (photo-injecteurs en bande S et cavités optiques résonnantes). Les solutions technologiques sont pertinentes, et les diagnostics des radiations doivent être développés. L'installation est financée par un EquipEx jusqu'à 2019 et la question de son financement au-delà des phases de construction et de mise en service se pose.

L'installation européenne **ELI-NP** (*extreme light infrastructure – nuclear physics*) comprend deux composantes : une source laser extrême et la source de gamma très intense GBS (*gamma beam spectrum*). Il s'agit du projet de source gamma le plus ambitieux au monde avec une brillance attendue de deux ordres de grandeur supérieure aux autres sources. Installée à Magurele en Roumanie, la machine GBS offrira une source de photons d'énergie ajustable (de 0,2 à 19 MeV). Grâce à une intensité inégalée, la source GBS ouvre de nouvelles possibilités, pour la physique nucléaire et d'autres applications. La machine GBS comprend un photo-injecteur, un accélérateur linéaire, un laser et un circulateur optique. Le circulateur pour le laser, développé par le LAL, permet d'augmenter la fréquence d'interaction de 100 à 3200 Hz. Il représente un élément essentiel du système optique. La machine GBS est proposée par le consortium EuroGammas composé de l'INFN, du CNRS, des entreprises Comeb, ALSYOM, Amplitudes et Scandinova. Pour ce projet, le CNRS et l'IN2P3 répondent à un appel d'offres commercial pour la construction de la machine. En partenariat avec les sociétés ALSYOM et Amplitudes, le LAL a la charge de réaliser la conception optique des points d'interaction et du transport des faisceaux lasers.

Avis et recommandations

Avant tout, le conseil déplore le manque de vision globale dans la présentation de ces activités.

Les sujets de R&D pour PHIL semblent pertinents mais ambitieux, compte tenu des moyens humains. Les ressources humaines disponibles sont en très forte baisse (départs et participations à de nombreux projets) : 1,3 ETP en 2016 seulement. Malgré son importance pour d'autres projets, la situation de PHIL en ressources humaines est critique. De même, le budget alloué à PHIL est actuellement inférieur au coût de fonctionnement annuel de 80 k€. Le conseil s'interroge sur la stratégie de mise en place des moyens nécessaires à l'exploitation de cette plateforme. De plus, le conseil souligne l'intérêt de proposer PHIL comme plateforme de travaux pratiques pour les étudiants, mission importante, qui gagnerait à être mise en avant.

Il est indispensable de préparer un plan de financement pour assurer les frais de fonctionnement de ThomX (250 k€/an) pour la période au-delà de celle financée par l'ÉquipEx. Cette installation présente un potentiel d'intégration dans des environnements hors laboratoire (hôpitaux, musées), mais la stratégie d'industrialisation doit être activement définie dès maintenant. D'autre part, le conseil s'inquiète des ressources humaines effectivement disponibles pour ThomX, compte tenu des autres projets en cours au LAL. Cela comprend les phases d'installation et de mise en service, mais aussi la phase d'exploitation qui nécessite une équipe scientifique et technique dédiée, même si certains postes (comme les opérateurs) sont potentiellement communs avec d'autres machines du LAL. Cependant, malgré de multiples demandes, le conseil n'a pas obtenu les informations détaillées pour juger pleinement de l'adéquation entre les moyens disponibles et les engagements.

L'intérêt d'une source de lumière en regard des missions de l'IN2P3 est une question à clarifier. Le conseil souligne que les sources de lumière se situent, d'un point de vue scientifique, à l'interface des activités de l'institut avec d'autres instituts ou organismes, et que les contributions de ces différents acteurs devraient être équilibrées.

Les travaux menés sur ELI-NP par le LAL, dont l'expertise est reconnue au niveau mondial, sont extrêmement innovants. Ils génèrent une production scientifique importante et des thèses. Cependant, la question des ressources humaines semble ici encore critique. Le personnel impliqué, scientifique et technique, est en partie commun aux autres projets et les calendriers sont très

proches. Une stratégie de gestion des moyens doit être établie de manière globale pour les projets présentés : PHIL, ThomX, ELI-NP et PRAE. Compte tenu des aspects contractuels pour ELI-NP, le conseil s'interroge sur le partage des responsabilités au sein du consortium en cas de retard ou de non-conformité par rapport aux spécifications.

En conclusion, la question des frais de fonctionnement semble délicate pour PHIL, mais surtout pour ThomX ainsi que la disponibilité des ressources humaines pour les différents projets présentés : une stratégie concrète doit être développée rapidement. Le conseil encourage le renforcement de collaborations, au-delà de l'existant, qui pourrait permettre notamment d'alléger le déficit en ressources humaines.

1.4. R&D accélération laser-plasma

Trois laboratoires de l'IN2P3 sont actifs dans le domaine de l'accélération laser-plasma :

- le LLR avec le groupe GALOP (groupe accélération par laser et ondes plasma),
- le CENBG avec le groupe ENL (excitations nucléaires par laser),
- le LAL avec les groupes ESCULAP (électrons courts pour l'accélération plasma) et ETALON (mesure de paquets courts de particules chargées).

L'accélération de particules par des ondes plasma, et notamment celles créées par laser (ou LWFA pour laser wakefield acceleration), est un domaine relativement récent, très en amont de la R&D accélérateur. Il a connu des avancées remarquables lors de la dernière décennie et a engendré la floraison d'une multitude de projets expérimentaux partout dans le monde.

Leur réalisation a été rendue possible par la démocratisation des lasers infrarouges, de haute puissance ($>10^{14}$ W) et ultra-courts ($<10^{-13}$ s). En extrapolant cette évolution, il est vraisemblable que dans la prochaine décennie les progrès de l'accélération laser-plasma seront marqués par les lasers pétawatt (PW) et multi-pétawatt, dont le laser APOLLON de CILEX (centre interdisciplinaire de lumière extrême) installé sur le plateau de Saclay.

Dans des régimes plasma et par des mécanismes très différents, il est aujourd'hui possible d'accélérer des électrons jusqu'à des énergies de quelques GeV, des protons et des ions légers jusqu'à quelques centaines de MeV, sur des distances très petites (quelques centimètres) et dans des paquets très brefs ($<10^{-14}$ s). À des horizons temporels différents, ces recherches visent des applications multiples proches des thématiques de l'IN2P3 : les sources de lumière X, les accélérateurs et les collisionneurs compacts, la radiothérapie et la physique nucléaire.

Les trois laboratoires de l'IN2P3 qui conduisent actuellement des activités de R&D expérimentale dans ce domaine envisagent de les développer auprès d'installations existantes ou futures. Les équipes sont impliquées dans des collaborations pluridisciplinaires nationales ou internationales. Elles sont également intégrées, voire parties prenantes, dans des réseaux européens et dans des projets de plus grande envergure comme l'étude de design EuPRAXIA (european plasma research accelerator with excellence in applications).

Au sein du CNRS, la nature pluridisciplinaire de la R&D autour de cette thématique conduit à une synergie, par fécondation mutuelle, entre les communautés scientifiques traditionnellement dans le périmètre de l'IN2P3 (accélérateurs, particules, nucléaire) et celles de l'institut de physique (INP, lasers, plasmas, matière) et de l'institut des sciences de l'ingénieur et des systèmes (INSIS).

À ce stade, la participation de ces laboratoires « pionniers » de l'IN2P3 dans la R&D d'accélération laser-plasma requiert des moyens humains, financiers et techniques relativement modestes, d'une part parce que l'instrument le plus onéreux (le laser) est en général financé par d'autres moyens, et d'autre part parce que les dispositifs expérimentaux sont comparativement simples.

L'accélération laser-plasma est en phase de développement au niveau mondial depuis une dizaine d'années, pour ses applications potentielles : à court terme dans le domaine des sources de rayonnement, et à très long terme dans celui des collisionneurs linéaires. Son mode de fonctionnement en régime non linéaire est validé par des codes de simulation comme SMILEI développé par le groupe du LLR. Ses activités sont par ailleurs centrées sur l'accélération d'électrons dans des plasmas sous-denses auprès de CILEX, avec dans le futur proche l'utilisation du laser PW APOLLON. L'importance de cette R&D au niveau mondial s'est concrétisée au niveau européen avec le projet EuPRAXIA. Le CEA, le CNRS et SOLEIL confirment ainsi leur engagement dans les nouvelles techniques d'accélération plasma pilotée par laser, ce projet dépassant largement les capacités d'un seul laboratoire.

Au LAL, le projet ESCULAP, d'injection d'un faisceau conventionnel produit par PHIL dans un accélérateur plasma produit par Laserix permet d'aborder une thématique complémentaire à celle présentée par le LLR et CILEX. Le projet ETALON mené par un sous-groupe du précédent propose une mesure non destructive de la distribution longitudinale de paquets de particules relativistes en un seul tir. Cette méthode est importante pour les accélérateurs à champ de sillage. Un premier financement ANR, terminé en 2015, a permis des premiers tests encourageants sur FACET à SLAC.

L'étude de modes originaux ou rares d'excitation et de désexcitation du noyau liés à son couplage au cortège électronique dans les plasmas chauds et denses a conduit le groupe du CENBG à rechercher des améliorations de la qualité des faisceaux de protons et d'ions dans l'accélération laser-plasma. En effet, la génération d'ions par des cibles solides illuminées par des lasers intenses pour l'étude des excitations nucléaires a conduit à des résultats impressionnants, bien que l'énergie des particules émises reste limitée pour des raisons encore inconnues pour le moment, et suive une distribution exponentielle (de Boltzmann), ce qui pourrait limiter leur potentiel d'utilisations. La levée des limitations actuelles sur les cibles fixes est un enjeu majeur. Le groupe envisage l'utilisation de jets de gaz comme cible, ce qui permettrait de contourner ces difficultés et de produire des faisceaux plus intéressants.

Avis et recommandations

Le conseil souligne la pertinence et la variété des activités réalisées dans le domaine de l'accélération laser-plasma, ainsi que la position pionnière de certaines équipes. Dans un contexte de montage de projets internationaux de grande envergure, il s'inquiète de la relative dispersion et des tailles modestes des équipes, travaillant parfois sur des sujets très proches. Il recommande fortement une plus grande coordination entre les équipes. Une fois celle-ci opérée, les développements techniques associés ainsi que l'accès à des lasers de puissance à haute cadence semblent possibles, au prix d'un léger renforcement de l'activité.

La place du LLR dans CILEX est stratégique mais souffre de l'absorption de l'unique chercheur dans des tâches de coordination.

Les paramètres du photo-injecteur PHIL du LAL, bien qu'impressionnants pour d'autres applications, ne sont pas forcément adaptés au LWFA que le Laserix peut produire. D'autre part, les ressources en personnel semblent insuffisantes pour un effort purement local, hors des grandes collaborations, et la sécurisation des financements nécessaires ne semble pas garantie. Le conseil recommande d'étudier les moyens d'un rapprochement de l'équipe ESCULAP avec d'autres, impliquées dans des thématiques voisines, et de rechercher des financements communs. Un rapprochement avec l'équipe du LLR bénéficierait évidemment aux deux équipes.

Avec la fin de son ANR, l'équipe ETALON est également confrontée à un manque de moyens humains. Le conseil lui recommande d'établir une stratégie claire basée sur une participation à CILEX.

Si l'IN2P3 souhaite apporter une contribution à la hauteur des enjeux pour le but à long terme de futurs collisionneurs, une collaboration renforcée est à engager rapidement entre les équipes du LLR, du CEA et du LAL, en particulier en précisant la contribution de ce dernier au projet CILEX-APOLLON. Le conseil recommande également d'étudier les moyens de renforcer cette activité.

La génération d'ions, des protons aux noyaux plus lourds par des cibles solides illuminées par des lasers intenses est un domaine de recherche intensive au CENBG. Les développements en cours avec l'utilisation d'un jet de gaz de haute densité comme cible méritent largement d'être soutenus. Le conseil recommande donc d'en étudier les moyens.

1.5. R&D sources d'ions lourds

Les activités sur les sources d'ions lourds à l'IN2P3 sont diverses et variées. Elles concernent les sources ECR (résonance cyclotronique électronique), les faisceaux métalliques, les *boosters* de charge ECR, les faisceaux radioactifs ECR, les sources lasers, les sources chaudes à plasma, les cibles... Trois principaux groupes (au GANIL, à l'IPN d'Orsay et au LPSC Grenoble) travaillent sur les uns ou les autres de ces sujets de façon relativement indépendante. Ils totalisent une quinzaine de chercheurs et (surtout) d'ingénieurs publiants, et une quinzaine de développements identifiés. Dans le document fourni au conseil, les activités sont séparées en trois composantes : 1/ la R&D sur les sources d'ions lourds ECR utilisées pour produire les faisceaux d'ions multichargés des accélérateurs, 2/ la R&D sur les ensembles cible+source utilisés pour générer des faisceaux d'ions radioactifs d'état de charge 1+, et 3/ la R&D sur les *boosters* de charges utilisés pour augmenter l'état de charge des faisceaux radioactifs afin d'assurer leurs post-accélérations. Toutes trois sont importantes dans le contexte de SPIRAL2 (système de production d'ions radioactifs accélérés en ligne) dans ses phases 1, 1+, 1++ ou 2.

1.5.1. Les sources d'ions lourds stables pour SPIRAL2

L'objectif est de fournir des faisceaux de haute intensité de rapport $Q/A = 1/3$ pour l'expérience S3 (super séparateur spectromètre). Par haute intensité, on entend 1 mA jusqu'à l'argon ($^{40}\text{A}^{13+}$). La source ECR supra A-Phoenix n'ayant pas atteint les performances requises, elle a été remplacée par une ECR Phoenix V2 à 18 GHz à température ambiante au confinement magnétique amélioré, opérationnelle sur SPIRAL2 depuis 2015. La source Phoenix V3 en est une amélioration : le premier plasma a été obtenu en 2016 et l'installation au GANIL est prévue pour 2018. Les perspectives du plus court au plus long terme sont :

- Le projet METIS (metal evaporation ion source) qui pourrait augmenter le rendement de production d'ions métalliques de 10 % à 20-60 % en chauffant les parois pour réduire les pertes par condensation.
- L'extension substantielle du domaine d'opération de SPIRAL2 en ajoutant un injecteur de rapport Q/A = 1/7 en amont de l'accélérateur linéaire. Il s'agit d'un projet à plusieurs millions d'euros comprenant une source ECR à 28 GHz.
- Des développements liés à la réalisation de faisceaux métalliques (Mn, V, Ni et U) : injection de magnésocène et vanadocène, montage d'une chambre de recyclage des vapeurs de calcium, réalisation de deux fours (dont un à 2000 °C pour le Ni) qui seront testés en 2016-17.
- Une R&D en amont d'une source à 60 GHz très ambitieuse (4 à 6 T, 30 000 A, 520 A/mm², densité de $4 \times 10^{13} \text{ m}^{-3}$).

1.5.2. Les ensembles cibles+source (ECS)

Dans la perspective de la jouvence de SPIRAL1 et du projet SPIRAL2, a été initié un programme de développement de sources d'ions de charge +1 couplées à des cibles à haute température, suivies d'un *booster* de charge (voir le point 3 ci-dessous). Certaines des très nombreuses approches suivies ont été développées et utilisées dans d'autres projets de faisceaux radioactifs, et sont en cours d'implémentation sur SPIRAL1 et ALTO. Cela concerne en particulier les sources à plasma (FEBIAD, IRENA) et à ionisation de surface. Or pour produire un faisceau radioactif spécifique, le développement d'une source laser sélective est également important. Ces développements ont lieu à ALTO et au GANIL avec le projet GISELE, muté en REGLIS (rare elements in gas-laser ion source) pour la phase 1. L'objectif est d'ioniser les isotopes radioactifs produits à S3, et à plus long terme (2020) les transporter vers DESIR. D'autres développements importants, partiellement financés par l'Europe via le projet ENSAR2, concernent de nouveaux matériaux cibles innovants pour la production d'éléments réfractaires. D'autre part, la jouvence de SPIRAL1 orchestrée à partir de 2010 pour améliorer la production (par fragmentation de projectiles sur une cible de graphite par exemple) de noyaux de courtes durées de vie (légers dans la zone de l'He au Kr, ou lourds et très déficients en neutrons) devrait aboutir et fournir ses premiers faisceaux en 2017. La stratégie est de produire 3 ECS/an pour l'exploitation, ainsi que 1 ECS/an pour le développement.

1.5.3. Les boosters de charges

Une fois les faisceaux radioactifs 1+ produits, deux procédures sont envisagées pour augmenter leur état de charge : l'une d'elles est fondée sur une ECR (produisant des faisceaux de fort courant mais assez contaminés), l'autre sur une EBIS (*electron beam ion source*, produisant des petits courants mais de plus hauts états de charge). Les deux approches sont complémentaires et les groupes du GANIL et du LPSC ont activement participé à leur comparaison auprès d'ISOLDE. Ils se focalisent actuellement sur l'option ECR et la construction d'un tel *booster* pour SPIRAL1 a été réalisée dans le projet européen EMILIE. Un autre *booster* ECR a été construit par le LPSC et installé à SPES (INFN-LNL Italie). Ces *boosters* de charge optimisés devraient permettre une caractérisation complète de la production de faisceaux radioactifs multichargés. Des R&D sont également prévues pour améliorer la reproductibilité des réglages, augmenter la stabilité du plasma, produire des états de charge plus hautes ou plus basses...

Avis et recommandations

Les activités présentées sont essentielles, en particulier pour l'*upgrade* de SPIRAL1 et le projet SPIRAL2, et doivent être soutenues. Les documents fournis pour l'évaluation, constitués de trois parties séparées sans introduction ni mise en perspectives, présentent cependant une production et un dynamisme scientifiques évidents, mais sans doute également un défaut de coordination des équipes.

L'expertise historique sur les **sources ECR** pour la production d'ions stables est indéniable et mérite un support constant, incluant les développements à long terme comme la source innovante à 60 GHz :

- Les développements pour la phase 1++ de SPIRAL2 (et à terme la phase 2) donneront des opportunités uniques au niveau mondial.
- Les développements sur les faisceaux métalliques sont importants mais bénéficieraient grandement de la définition d'une stratégie claire qui sera fondée sur les besoins des physiciens utilisateurs et devra déboucher (entre autres) sur un faisceau d'uranium de haute intensité.
- La recherche ambitieuse sur une source prometteuse à 60 GHz initiée par les études de beta-beams est un programme de physique exploratoire au service de la communauté ECR mondiale, qui nécessitera un savoir-faire sur les plasmas spécifiques aux ECR. L'affichage d'une autre motivation physique que les beta-beams aujourd'hui au point mort serait bénéfique.-

Les nombreux développements sur les **ensembles cible+source**, pour la production d'ions radioactifs tels que présentés lors de ce conseil, nécessitent une meilleure coordination :

- La R&D devrait être guidée par la considération de chaînes complètes de production et d'accélération pour des éléments chimiques spécifiques, prenant en compte les pertes inhérentes à chaque composante. Si ces études existent, elles n'ont pas été présentées au conseil et méritent d'être mises en avant.
- Les développements d'une source laser sont essentiels pour S3 et la phase 2 de SPIRAL2.
- Dans l'hypothèse de SPIRAL2 phase 2, la durée de vie annoncée de trois mois pour les ECS semble optimiste, et doit soit être démontrée, soit être réduite (et la stratégie redéfinie).

L'IN2P3 bénéficie d'une expertise sur les **boosters ECR**, en particulier pour la jouvence de SPIRAL1. Le *booster* ECR installé en Italie sur SPES doit être suivi et caractérisé en détail. Le conseil souligne qu'un *booster* EBIS pourrait être une meilleure alternative pour les expériences phares de SPIRAL2 phase 2 (faisceaux de faible intensité, de haute énergie et d'isotopes loin de la stabilité) et recommande que les arguments pour choisir entre les deux technologies soient très soigneusement examinés.

Les priorités à imposer à l'ensemble de ces projets dépendent crucialement et évidemment du futur de SPIRAL2, que l'IN2P3 devra clarifier et prendre en compte.

L'ensemble de ces éléments amène le conseil à juger nécessaire d'amorcer une structure de coordination des développements sur les faisceaux radioactifs. Cette entité doit inclure ou consulter les experts des deux laboratoires concernés (GANIL et IPNO), ceux du LPSC pour la composante *booster*, ainsi que des physiciens utilisateurs. Ces derniers seront essentiels pour mettre en

perspective les développements techniques. Cette structure pourrait de plus être étendue à l'activité essentiellement indépendante des faisceaux stables, et rédiger des *feuilles de route* pour les deux types de faisceaux.

1.6. R&D supraconductivité en régime radiofréquence

Une cavité radiofréquence (RF) est une cage métallique qui abrite un champ électromagnétique dans le but d'accélérer des particules chargées. Le fait de choisir une cavité avec un matériau de construction dans un état supraconducteur permet d'éliminer toute perte d'énergie venant de la résistance électrique du matériau. Depuis le démarrage des activités de R&D de supraconductivité en régime RF à l'IN2P3 en 1986, l'objectif est l'acquisition des compétences nécessaires à la construction et au fonctionnement d'un accélérateur supraconducteur. Cette R&D reste d'actualité, car elle permet des accélérations de faisceaux de particules qu'il est aujourd'hui impossible d'envisager avec une technologie chaude, à savoir une accélération continue de plusieurs milliampères sous un champ électrique de plusieurs mégavolts par mètre.

L'IN2P3 est spécialisé et reconnu pour ses compétences sur les accélérateurs en niobium, dits à faible β ($=v/c$) c'est-à-dire des accélérateurs d'ions ou de protons à des énergies modérées, comme SPIRAL2, ESS ou MYRRHA. Il existe bien sûr un lien fort entre les efforts de R&D dans lesquels l'IN2P3 est investi et les projets d'accélérateurs en cours et à venir. Toutefois, seule la R&D est discutée ici.

Le programme présenté est foisonnant, avec sept projets distincts dont les ressources humaines sont modérées (1 ETP / projet en moyenne, répartis sur l'IPNO, le LAL et le LPSC). La plupart s'inscrivent dans une logique forte de consolidation de l'expertise existante et reconnue à l'IN2P3, d'accélérateurs de particules lourdes en cavités de niobium. De plus, le programme couvre l'ensemble des problématiques d'accélération, que ce soit les cavités accélératrices uniquement ou la configuration de machines finales pour laquelle les coupleurs et les systèmes d'accord à froid sont ajoutés.

L'ensemble de la R&D peut se classer en trois catégories : l'obtention du plus fort gradient accélérateur possible, l'obtention de la plus faible résistance de surface possible (haut facteur de qualité Q_0) et enfin la fiabilisation des systèmes en configuration de fonctionnement. Les programmes CAVSUP et MYRRHA (voir paragraphe 1.7) couvrent l'ensemble de ces aspects alors que les programmes PICASU et ECOMI portent sur les deux premières catégories et les programmes MULTIPAC et COUPLEUR LAL et IPNO se concentrent spécifiquement sur la troisième catégorie.

Avis et recommandations

La R&D supraconductivité en régime RF doit reposer sur un équilibre permanent entre développements indispensables à la réussite de projets en cours de construction et choisis par l'institut, et une recherche en amont qui permettra à l'IN2P3 de conserver un *leadership* dans ces domaines. Il est vital de veiller à cet équilibre. Les projets permettent les investissements d'infrastructure indispensables à la R&D, qui permettra la réussite des projets à venir. La R&D la plus prospective est celle qui concerne l'amélioration du gradient des cavités ; elle ne s'inscrit pas directement dans les activités historiques « niobium » de l'IN2P3 mais a un potentiel d'amélioration conséquente du gradient accélérateur et représente donc un enjeu important pour le futur de la discipline. Elle doit être soutenue notamment par l'exploitation d'expertises qui se trouvent à la frontière de plusieurs disciplines. Les parties *faible résistance de surface* et *fiabilisation en conditions réelles* sont très prometteuses et permettront un excellent retour sur investissement.

La partie présentée comme relative à l'amélioration du gradient (CAVSUP, PICASU, ECOMI) est celle pour laquelle la R&D proposée est la plus prospective. La volonté de développer une abrasion mécanique pour remplacer et améliorer le traitement chimique de surface et ainsi améliorer significativement l'état de surface des cavités est un progrès significatif qui doit se poursuivre. La recherche sur le multicouche et les matériaux alternatifs est ambitieuse, car elle demande la mise en œuvre de techniques de dépôt de couches minces complexes et difficiles à maîtriser. Ce choix, très bien motivé théoriquement, peut conduire à une amélioration importante des capacités d'accélération des cavités. Toutefois, la démonstration de sa faisabilité reste à faire, sur une surface plane et à bien plus long terme dans un contexte de cavités accélératrices. Cela pourra et doit certainement se faire avec des moyens rapidement renforcés probablement issus d'autres laboratoires et instituts pouvant apporter une expertise, l'ensemble devant être coordonné.

Les parties *haut Q_0* et *fiabilisation* (CAVSUP, MYRRHA, MULTIPAC, COUPLEUR, PICASU) sont très prometteuses et permettront un excellent retour sur investissement. Le conseil ne peut qu'encourager les collaborations entre laboratoires travaillant sur un même sujet.

Enfin, la R&D supraconductivité bénéficierait grandement en efficacité d'une cavité accélératrice multimode dédiée à la R&D, ce que la faiblesse du budget alloué par l'IN2P3 aux travaux de R&D ne semble pas permettre, tous les investissements d'infrastructure se faisant grâce à des fonds ponctuels obtenus sur appels d'offres.

1.7. R&D accélérateur pour le projet MYRRHA

Le projet MYRRHA est un prototype de réacteur nucléaire piloté par un accélérateur de particules (un ADS pour *accelerator driven system*) qui implique pour l'instant l'IPNO et le LPSC. L'accélérateur, couplé à un réacteur nucléaire sous-critique via une cible de spallation, délivrera un faisceau de protons de haute énergie et d'intensité modérée sur la cible, source externe des neutrons qui maintiendront la réaction en chaîne de la fission nucléaire dans le réacteur. Un système de type ADS nécessite l'utilisation d'un accélérateur de protons de forte puissance, produisant des faisceaux continus de plusieurs MW : la demande actuelle se situe typiquement autour de 2 MW pour un ADS démonstrateur, et entre 15 et 30 MW dans le cas d'un incinérateur de type industriel. La principale contrainte d'un tel accélérateur est sa fiabilité, indispensable pour diminuer les contraintes thermiques sur les structures du réacteur et maximiser la disponibilité de l'installation : moins de dix interruptions de faisceau de plus de trois secondes par période de fonctionnement de trois mois pour le démonstrateur, en vue d'atteindre moins de trois interruptions de faisceau de plus de trois secondes par an pour la version industrielle.

Le démonstrateur (50-100 MW_{th}) sera constitué de trois parties différentes : un accélérateur linéaire supraconducteur de protons de 600 MeV et de forte intensité (4 mA) qui fonctionnera principalement en mode continu avec de courtes interruptions régulières, une cible de spallation et un cœur de combustible MOX refroidi par un mélange liquide Pb-Bi. Ce projet s'inscrit dans le prolongement de projets de recherche soutenus par les programmes-cadres européens successifs (MAX, MARISA, MYRTE). Le design de référence pour MYRRHA a été obtenu à l'issue du projet européen MAX (2011-2014, avec participation de deux laboratoires de l'IN2P3 : IPNO et LPSC).

Au début de l'année 2016, le Centre d'étude de l'énergie nucléaire (SCK•CEN), et de façon plus large le gouvernement belge, ont émis le souhait de financer le prototypage avancé de tous les éléments

de l'accélérateur. Ceci dans l'objectif de lancer la construction de la première partie de l'accélérateur à l'horizon 2020 : « MYRRHA phase 1 » qui permettra de fournir un faisceau de protons de 100 MeV.

L'accélérateur du projet MYRRHA s'inscrit donc dans la mouvance des nouveaux projets d'accélérateur « mégawatts ». La puissance du faisceau visée reste raisonnable en comparaison à d'autres projets. Le principal défi est l'objectif de fiabilité, et c'est donc lui qui est au centre des projets MYRTE et MYRRHA phase 1.

L'avis du conseil scientifique de l'IN2P3 n'est demandé ici que sur les potentielles implications de l'IN2P3 dans la partie accélératrice avec deux projets : la poursuite de la R&D (projet MYRTE) très axée sur l'injecteur, et l'implication dans la construction de la première partie du démonstrateur d'accélérateur MYRRHA phase 1.

La technologie retenue permettra la mise en œuvre d'un schéma de compensation de panne, résultat d'études de R&D menées depuis plus de dix ans au travers de différents projets européens au sein desquels l'IN2P3 a joué un rôle majeur. Il est fondé sur la redondance, en parallèle pour la partie basse énergie (injecteur) et en série pour la partie haute énergie (LINAC). La fiabilité de la partie basse énergie (jusqu'à 17 MeV) repose sur le fonctionnement parallèle de deux injecteurs. Si un problème intervient dans le premier injecteur, un aimant doit permettre de commuter rapidement (en moins de trois secondes) vers le second injecteur. La partie injecteur implique fortement le LPSC : des prototypes de tronçon existent actuellement. Aucun travail de R&D n'a pour l'instant été effectué sur l'aimant permettant la commutation entre les deux injecteurs, mais il ne semble pas y avoir de problème de principe sur sa réalisation. Le principe de l'accélérateur repose sur les performances des cavités accélératrices supraconductrices RF actuelles qui sont suffisamment élevées pour envisager l'adoption de marges confortables sur les points de fonctionnement ainsi que sur la possibilité de mettre en place la redondance en série : la panne d'une cavité peut être compensée par les deux cavités placées en amont et les deux cavités placées en aval de la cavité faisant défaut. Les cavités sont de type Spoke. Ce type de cavités est une des grandes forces de l'IN2P3 (IPNO) qui mène depuis longtemps des programmes de recherche et développement dans ce domaine. Cette technologie n'est néanmoins pas actuellement utilisée dans un accélérateur en fonctionnement, ce qui nécessite donc de maintenir voire de développer les efforts. C'est la proposition de l'IPNO, en réalisant un cryomodule cohérent. Le projet MAX a conduit à leur *design* mais pas à une première réalisation. L'IN2P3 (IPNO) est également présent dans le projet européen de source de spallation (ESS) fondé sur un accélérateur linéaire supraconducteur à protons, et dont les cavités accélératrices seront similaires.

Le projet MYRTE (2015-2019, H2020 Euratom), suite de MAX, coordonné par l'IN2P3, se focalise sur la construction et le prototypage des premiers éléments de l'injecteur. L'IN2P3 est responsable de trois tâches dans le deuxième *workpackage* (WP2) qui s'articule autour du développement de l'injecteur et de sa fiabilité technologique, de la caractérisation du faisceau et de son contrôle, et d'activités plus transverses en vue de la construction de l'accélérateur linéaire.

En plus des activités menées dans MYRTE, le développement de l'accélérateur du projet MYRRHA se poursuit par étapes. L'implication du LPSC dans MYRRHA phase I est axée autour des coupleurs de puissance pour les cavités Spoke, du contrôle du système d'accord à froid des cavités supraconductrices, de la conception des aimants de déviation du faisceau de protons à la fin de la ligne moyenne énergie, et de la définition des puissances de pompage nécessaires au vide requis

dans l'accélérateur. L'IPNO propose de prendre en charge le développement et le test d'un prototype de cryomodule équipé de deux cavités Spoke (en collaboration avec le LPSC et le LAL), la conception d'un prototype de moniteur de position de faisceau pour la section moyenne énergie, voire de s'impliquer via un CDD chercheur dans la dynamique du faisceau. À ce sujet, des simulations sont développées avec le CEA afin de prendre en compte non seulement la dynamique des faisceaux mais aussi la faisabilité des compensations de pannes et l'optimisation de la fiabilité de l'accélérateur.

Avis et recommandations

Le projet MYRRHA est important au niveau purement scientifique mais aussi pour remplir les missions sociétales du CNRS. Dans ce cadre, l'institut joue un rôle moteur au sein des projets européens soutenant les développements pour un accélérateur pour un complexe ADS. Cela a permis de former des personnes dans le domaine, mais aussi d'acquérir de nouvelles compétences tout en apportant des résultats et le développement de nouveaux outils/concepts.

Le projet MYRTE, dont le *workpackage* accélérateur est coordonné par l'IN2P3, se focalise sur la construction et le prototypage des premiers éléments de l'injecteur. Le conseil relève la qualité des activités proposées, tout à fait dans le cadre des missions de l'IN2P3, et il conseille de soutenir ces activités jusqu'à la réalisation des prototypes.

Le lancement de la phase 1 de MYRRHA (100 MeV) est une excellente opportunité pour l'IN2P3 de participer à la construction d'un grand instrument fondé sur des concepts novateurs, tout en apportant et en continuant à développer son expertise dans le domaine des accélérateurs de particules. Les ressources présentées paraissent en adéquation avec les objectifs des équipes de l'IN2P3 et reflètent une bonne connaissance des enjeux liés aux livrables prévus à ce stade. Le développement d'un cryomodule implique principalement l'IPNO, mais aussi le LPSC et dans une moindre mesure le LAL. Sa réussite passe par une implication coordonnée des trois laboratoires qui doit encore être précisée. L'intérêt de la synergie avec ESS est clair et est un point fort du projet.

Le coût et les ressources humaines importants nécessitent des discussions détaillées entre l'IN2P3 et le SCK-CEN. Le conseil incite les responsables du projet à poursuivre les discussions pour préciser et fixer les engagements respectifs. Le conseil recommande à l'IN2P3 de veiller à ce que soit mis en place un groupe local à Mol, en Belgique, correspondant à l'ambition du projet à la fois pour la construction et pour l'opération.

Les activités de R&D liées à la fiabilité sont utiles non seulement pour un projet tel que MYRRHA mais aussi pour les accélérateurs en général et présentent donc de ce fait un intérêt certain pour l'IN2P3.

L'implication de l'IN2P3 dans la dynamique de faisceau de MYRRHA a été prépondérante et a ainsi participé à la crédibilité du projet d'ADS dans la communauté. En forte baisse aujourd'hui, cette compétence indispensable de dynamique des faisceaux doit absolument être renforcée à l'IN2P3 pour assurer le succès du projet.

1.8. Le projet SPIRAL2

Ce point n'est présenté au conseil que pour information.

SPIRAL2 est une extension du GANIL et de SPIRAL1 proposée dès le début des années 2000 qui accroîtra de manière significative le potentiel du GANIL en matière de production d'isotopes radioactifs et de flux de neutrons. Pour diverses raisons, notamment des études techniques peu avancées sur les parties critiques du projet et des financements très insuffisants, le projet se décline, depuis 2006, en quatre phases : l'accélérateur linéaire et les aires expérimentales S3 et NFS (phase 1) l'aire expérimentale DESIR (phase 1+), l'injecteur de haute intensité (phase 1++) et le bâtiment de production d'ions exotiques (phase 2).

Les bâtiments de la phase 1 sont actuellement construits et l'installation de l'accélérateur a commencé avec un premier faisceau produit en décembre 2014 jusqu'à la sortie de la source. Un autre jalon était la production d'un faisceau jusqu'à la sortie du RFQ fin 2015. Si les autorisations arrivent comme prévues, l'accélérateur livrera son premier faisceau fin 2016 ou début 2017. Les faisceaux de SPIRAL2 seront caractérisés principalement par leur très haute intensité (jusqu'à 5 mA) et une énergie de 14,5 MeV/A (ions lourds), 20 MeV/A pour les deutons et 33 MeV pour les protons.

Ces faisceaux seront dans un premier temps injectés dans NFS (Neutrons for Science) pour la production de très hauts flux de neutrons notamment pour la mesure des sections efficaces de réaction de neutrons pour des expériences de physique nucléaire fondamentale, pour l'astrophysique, la physique des matériaux, le cycle électronucléaire, etc. Le démarrage de NFS est prévu pour 2017.

Le deuxième équipement expérimental de SPIRAL2 est S3, un séparateur-spectromètre supraconducteur de très grande acceptance et résolution. S3 examinera des noyaux loin de la stabilité le long de la ligne $N=Z$, des noyaux très et super-lourds et des collisions ion-ion. Il produira aussi des noyaux pour leur étude à basse énergie avec REGLIS ou dans DESIR. Son démarrage est prévu en 2018.

Fin 2013, à cause de contraintes financières, la phase 2 de SPIRAL2 a été reportée *sine die*. Cependant, la conception et la construction de DESIR ont été incluses dans une phase 1+. DESIR est une installation dite de « basse énergie » qui utilisera des faisceaux issus de SPIRAL1 et de REGLIS/S3 à une énergie de 30-60 keV pour des études en spectroscopie de décroissance, spectroscopie laser et spectrométrie de masse. Son démarrage est prévu en 2020 ou 2021 en fonction de la procédure d'autorisation choisie.

Pour augmenter les intensités de l'accélérateur de SPIRAL2, un nouvel injecteur « $A/Q=7$ » pour des ions lourds de masse au-delà de 50 a été inclus dans le projet comme phase 1++. Il pourra entrer en service en 2021, mais il n'est actuellement pas financé.

Actuellement les phases 1 et 1+ sont intégralement financées avec un coût global de 122,8 M€ (coût 2016). Aucun financement n'est prévu aujourd'hui pour la phase 2.

SPIRAL2 dans ses phases 1 et 1+ avance aujourd'hui bien et semble avoir un planning et un financement consolidés. Ce projet permettra une avancée importante dans notre compréhension de la structure nucléaire, de l'astrophysique nucléaire, de la physique atomique, de la physique avec des

neutrons et en physique médicale. Cependant, l'abandon de la phase 2 à un stade d'étude détaillée pénalise fortement la communauté.

1.9. Travaux sur les futurs collisionneurs

Ce point n'est présenté au conseil que pour information.

L'exposé de Philip Bambade a présenté les travaux actuellement entrepris dans le cadre des accélérateurs du futur. Ceci inclut le réglage du faisceau dans la zone de collisions pour optimiser la luminosité, la collimation du faisceau dans des éléments sensibles tels que les aimants supraconducteurs, des équipements de mesures pour caractériser les faisceaux ou encore l'intégration de l'accélérateur et les expériences.

L'exposé a traité aussi bien des aspects sur des accélérateurs déjà en exploitation comme le LHC ou SuperKEKB, mais aussi des machines du futur tels que CLIC, ILC ou FCC-hh.

Les laboratoires impliqués dans ces activités sont le LAL, le LAPP, l'IPHC et l'IPNO. Dans chaque laboratoire, cinq à dix personnes participent à ces activités. Le choix des travaux est conditionné par la taille des équipes et les travaux se concentrent principalement sur des études à forte valeur ajoutée scientifique ou technique, et n'essaient pas de rentrer en compétition avec les grands laboratoires d'accélérateurs comme le CERN, KEK ou DESY.

2. Vie du conseil

2.1. Comptes rendus

Le compte rendu du conseil du 18 février 2016 est adopté à l'unanimité.

2.2. Politique et direction de l'institut

Le conseil discute deux questions avec la direction.

2.2.1. Conseil d'orientation

L'arrêté du 29 avril 2016 relatif à l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules du Centre national de la recherche scientifique² instaure l'existence d'un conseil d'orientation. Quel sera le rôle de cette instance ?

Ce conseil existait déjà sous le nom de conseil de direction et avec une composition subtilement différente mais traduisant une coordination élargie. Les trois instituts nationaux en ont un. Il s'agit d'une sorte de conseil d'administration devant lequel la direction fait un rapport sur la façon dont elle opère les missions qui lui sont conférées (par le décret). C'est l'action de la direction qui y est examinée, par la direction du CNRS, le ministère, le CEA, les universités, le CNES, etc. Il revêt aussi un aspect de prospectives.

À propos du calcul, la direction souligne que, dans le décret, il s'agit bien d'administrer les « données scientifiques concernées » par l'Institut, et pas au-delà comme il a été suggéré ici ou là.

2.2.2. Fusion de laboratoires

Des rumeurs de fusion de laboratoires dans le sud de l'Île-de-France circulent, qu'en est-il ?

L'IN2P3 n'est pas à l'initiative de ce qui se passe à l'Université Paris-Sud et qui est liée à Paris-Saclay, notamment à P2IO vallée. Cela ne concerne pas nécessairement que les quatre laboratoires de l'IN2P3 (CSNSM, IMNC, IPNO, LAL), mais pourrait aussi englober le LPT et l'IAS. La direction remarque que des collaborations se développent entre certains de ces laboratoires. Le conseil a pu le constater dans le domaine des accélérateurs, mais c'est également le cas pour le calcul, et pour quelques collaborations scientifiques. Un argument invoqué pour la fusion est le renforcement de la visibilité internationale.

La direction de l'IN2P3 pense que c'est une très bonne idée, pour des vraies raisons scientifiques, et dans le contexte international. Les discussions ont commencé et elles génèrent des questionnements légitimes. Tout le personnel doit être associé à la réflexion. Le CEA doit évidemment être dans la boucle. Et tous à l'IN2P3, y compris dans les laboratoires hors de la région, doivent participer à cette réflexion, car une entité de cette taille pourrait avoir un rôle national.

Quid du LLR et de l'École polytechnique ? L'initiative est de type *bottom-up*, et provient de certains laboratoires associés à l'Université Paris-Sud. Il est plus simple de s'en tenir à cela, avec un acteur de

² <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2016/4/29/MENR1611333A/jo/texte>

moins. Mais du pur point de vue de l'institut, ce ne serait pas inintéressant d'inclure le LLR. Rien n'est déterminé, il faut en parler rapidement.

Le conseil se demande également : Quels seront les rôles respectifs de l'IN2P3 et d'un tel laboratoire (environ un quart de son effectif) à l'international ? Comment et pourquoi intégrer des thématiques scientifiques si différentes ? Comment gérer le fait que les laboratoires cités relèvent de départements différents dans Paris-Saclay, et pas uniquement de l'IN2P3 au CNRS ? La direction n'a pas encore la réponse à ces questions, mais elle y est sensible.

2.3. Futurs conseils

Les dates proposées pour les conseils de 2017 sont les 2 & 3 février, 22 & 23 juin, et 19 & 20 octobre. Le premier d'entre eux sera dédié aux astroparticules : la jouvence d'Auger, et CTA.

2.4. Fonctionnement

Le conseil a établi un modèle de document pour projet examiné par le Conseil scientifique de l'IN2P3

Dans un format éventuellement libre — mais pourquoi ne pas s'en tenir à la table des matières proposée ? —, ce document devra ABSOLUMENT contenir les informations suivantes. Il fera MAXIMUM 20 pages, mais des renvois vers des documents externes (lettres d'intention, design reports, sites web, etc.) permettront, si besoin, d'approfondir.

Résumé (une page)

1. Enjeux scientifiques

Quelle question scientifique le projet adresse-t-il ? Avant le projet lui-même, où en est la science dans le domaine concerné ? Comment en est-elle arrivée là ?

2. Projet

En quoi consiste exactement le projet, et comment répond-il aux enjeux susmentionnés ? Quelles sont les productions scientifiques attendues (publications, brevets, thèses, réalisations, etc.) ?

3. Genèse et calendrier

Comment / quand le projet est-il né ? Quelles sont les étapes franchies / à franchir ? Au niveau global (si applicable), mais surtout à l'IN2P3. Le cas échéant, rappeler d'éventuels passages devant des conseils scientifiques (IN2P3, laboratoires, comité d'expériences, etc.) et leur conclusion. Quelles sont les productions scientifiques passées (publications, brevets, thèses, réalisations, etc.) ?

4. État de l'art

Comment se positionne le projet vis-à-vis de l'éventuelle concurrence (nationale, européenne et internationale) en matière de calendrier et de performances ?

5. Ressources et moyens

Quelles sont les ressources techniques et humaines disponibles pour le projet, et leur évolution temporelle passée (si applicable) et envisagée ? Pour un projet collaboratif, indiquer quelle fraction l'IN2P3 représente, en termes humains et financiers.

Ressources humaines : *Lister les laboratoires impliqués à l'IN2P3, avec pour chacun, le nombre de physiciens permanents / non-permanents / ingénieurs impliqués, ainsi que l'équivalent ETP. Donner les noms, au moins des permanents, ainsi que la fraction de chacun dédiée au projet.*

Ressources financières : *Combien coûte le projet, globalement et à l'IN2P3 ? Quel budget est disponible ? Préciser les montants et les sources, ainsi que leur évolution temporelle. Un tableau année par année peut être judicieux.*

6. Réalisations techniques

Quelles réalisations techniques sont envisagées, et comment seront-elles réalisées (interne, sous-traitance...)? Préciser ici les besoins en personnel technique. Si des équipements spécifiques doivent être acquis, préciser leurs potentielles utilisations futures.

7. Auto-analyse SWOT (facultative)

Quelles sont les forces, faiblesses, opportunités et menaces qui pèsent sur le projet ?