



Derniers préparatifs dans le tunnel du LHC avant le retour des faisceaux. Le 5 avril, des particules circulaient pour la première fois dans l'accélérateur, après le long arrêt technique. (CERN-PHOTO-201503-058-1)

Accélérateurs

Après deux ans de travaux de consolidation, le grand défi de l'année 2015 était d'exploiter le Grand collisionneur de hadrons (LHC) à l'énergie de collision inédite de 13 TeV, contre 8 TeV à la fin de la première période d'exploitation en 2013. L'année 2015 a débuté par la remise en route de l'accélérateur, refroidi à 1,9 kelvin (-271 °C) fin 2014, et la qualification de sept des huit secteurs à la nouvelle énergie. Au cours de cette phase, l'intensité du courant a progressivement été augmentée jusqu'à 11 080 ampères dans les circuits des 1 232 aimants dipôles supraconducteurs. Chaque secteur est entraîné en plusieurs étapes, certains aimants subissant une transition résistive (passage de l'état supraconducteur à l'état résistif), stoppant la montée du courant. L'opération est alors reproduite plusieurs fois jusqu'à atteindre l'intensité nominale. Fin mars, sept des huit secteurs étaient en service pour des faisceaux à 6,5 TeV d'énergie. Mais un grain de sable, ou plutôt un fragment de métal, empêchait le dernier secteur d'égaliser les sept autres. Un court-circuit à la terre, causé par un débris métallique, est apparu sur l'un des aimants. Pour éviter d'ouvrir la machine, opération qui aurait nécessité de réchauffer le secteur et entraîné plusieurs

semaines de retard, les équipes ont procédé à une intervention astucieuse : un fort courant a été injecté pendant quelques millisecondes afin de désagréger le fragment métallique. Opération réussie ! Les tests de remise en service de l'ensemble de la chaîne des accélérateurs ont eu lieu en parallèle.

Le printemps des particules

Le 5 avril, les faisceaux étaient de retour dans le LHC. Cinq jours plus tard, l'énergie de 6,5 TeV par faisceau était atteinte : un nouveau record. Après deux mois de réglages minutieux, les opérateurs du LHC annonçaient les faisceaux stables pour la physique et les premières collisions le 3 juin. La collecte de données pouvait alors recommencer dans les expériences du LHC (voir p. 12) Au cours de l'année, les opérateurs ont accru l'intensité des faisceaux en augmentant le nombre de paquets et en réduisant l'espace entre les paquets de 50 à 25 nanosecondes. À la fin de l'exploitation avec des protons, en novembre, jusqu'à 2 244 paquets de protons espacés de 25 nanosecondes circulaient dans chaque sens de l'anneau. Les



Préparation de l'un des deux nouveaux absorbeurs de faisceaux à l'injection installés pendant l'arrêt technique hivernal des accélérateurs. (CERN-PHOTO-201601-004-8)

Assemblage des cavités de l'accélérateur HIE-ISOLDE en salle blanche. (CERN-PHOTO-201603-057-16)

expériences ATLAS et CMS ont enregistré quelque 400 millions de millions de collisions de protons, soit une luminosité intégrée de 4 femtobarns inverses. La luminosité est le principal indicateur de performance d'un accélérateur, correspondant au nombre de collisions potentielles par seconde et unité de surface. La luminosité intégrée équivaut à la luminosité cumulée sur une période donnée, dans le cas présent la période d'exploitation de 2015. Les expériences LHCb et ALICE ont, elles, engrangé un grand nombre de données à des taux de collision plus faibles. Deux exploitations spéciales ont été menées pour les expériences LHCf, ALFA et TOTEM, situées de part et d'autre des expériences ATLAS et CMS, avec des faisceaux desserrés.

Chasse aux nuages

Pour parvenir à cette intensité de faisceau, les opérateurs ont dû chasser les nuages d'électrons. La montée en intensité induit en effet un phénomène d'avalanches d'électrons, qui déstabilise le faisceau et chauffe les écrans de faisceau, placés à l'intérieur des tubes de faisceau. La formation de nuages d'électrons est d'autant plus importante que les paquets de protons sont nombreux et rapprochés. Plusieurs semaines d'exploitation ont été consacrées au conditionnement des tubes de faisceau. L'opération consiste à faire circuler des faisceaux intenses, mais à des énergies faibles, pour libérer le plus possible d'électrons libres sur la surface des tubes et réduire le taux de production d'électrons.

Avec un nouveau record d'intensité de faisceau, la cryogénie a été poussée dans ses retranchements. D'autant que le temps de réponse du système de refroidissement, qui dépend de la circulation de fluides sur des kilomètres de tubes, est bien plus lent que celui du contrôle des faisceaux. Les paquets de particules sont injectés et éjectés en un clin d'œil. Pour mieux adapter la cryogénie aux phases d'injection et, surtout, d'éjection des faisceaux, un nouveau système de contrôle avancé a été développé. Il repose sur l'utilisation de 500 chaufferettes situées sur les écrans de faisceau qui sont mises sous tension

pour anticiper la montée en puissance de la cryogénie avant l'injection et pour amortir la chute brutale de la charge thermique au moment de l'éjection des faisceaux.

Le système de protection des aimants a démontré d'excellentes performances grâce à un outil de diagnostic qui avait été perfectionné avant le redémarrage. Il permet de détecter des signes précurseurs de dysfonctionnements et de localiser très précisément les défauts de fonctionnement. Les équipes ont profité de l'un des trois courts arrêts techniques de 2015 pour remplacer 1 000 cartes électroniques trop sensibles aux rayonnements.

L'exploitation du LHC s'est terminée en décembre avec trois semaines de collisions avec des ions plomb. Cette dernière exploitation a été précédée d'une semaine de collisions de protons à 2,51 TeV par faisceau pour fournir des données de référence pour les collisions d'ions plomb. Un nouveau record d'énergie a été établi avec des ions plomb accélérés à 6,37 TeV, donnant une énergie de collision de 5,02 TeV pour chaque paire de nucléons se percutant. Jusqu'à 518 paquets d'ions plomb ont circulé dans la machine.

L'électrocardiogramme du LHC

Pour optimiser l'exploitation, les opérateurs ont utilisé un nouveau système de diagnostic, le système de suivi des anomalies de l'accélérateur (« *Accelerator fault tracking system* »-AFT). Véritable électrocardiogramme du LHC, l'outil suit 24 systèmes, de l'infrastructure technique aux sous-systèmes du LHC, comme la radiofréquence, le vide, la cryogénie ou la collimation. Il fournit en continu des données sur la disponibilité du LHC, c'est à dire le temps de fonctionnement consacré à la fourniture de particules, en indiquant l'origine des arrêts. L'outil permet d'identifier les améliorations à apporter pour réduire les périodes d'indisponibilité.

Pour améliorer la disponibilité du LHC au moment de l'injection, deux nouveaux absorbeurs de faisceaux à l'injection ont été développés en 2015. Ces gros équipements de six mètres



Prototype pour le développement du traitement de surface au CERN des chambres à vide du synchrotron suédois MAX IV. (OPEN-PHO-ACCEL-2016-006-1)

de long sont utilisés lorsque les faisceaux sont éjectés du Supersynchrotron à protons (SPS) vers le LHC. Protection indispensable du LHC, ils absorbent le faisceau du SPS en cas de dysfonctionnement au moment de l'injection dans le LHC. Ceux en place ont montré des signes de défaillance, perturbant parfois l'injection. Une fois les machines arrêtées en fin d'année, l'installation des nouveaux absorbeurs, formés d'un autre matériau, a pu commencer.

Dans les coulisses du LHC, un aimant dipôle supraconducteur a pour la première fois entièrement été construit dans les ateliers du CERN. Les 1 232 aimants dipôles du LHC actuellement en service ont été fabriqués au début des années 2000 dans l'industrie européenne. Pour conserver le savoir-faire, le CERN a réintégré la production. Le dipôle « maison » affiche des performances exceptionnelles. Un travail similaire est effectué sur les cavités supraconductrices du LHC : la production d'une cavité a débuté fin 2015 dans l'objectif de conserver l'expertise au CERN.

Des injecteurs performants

Le LHC ne pourrait fonctionner sans ses injecteurs. Avant d'entrer dans la grande boucle de 27 kilomètres, les protons sont en effet mis en paquets et accélérés par quatre accélérateurs successifs le Linac 2, l'injecteur du PS (Booster du PS), le Synchrotron à protons (PS) et enfin le Supersynchrotron à protons (SPS). Les ions lourds sont quant à eux préparés dans le Linac 3 et l'Anneau d'ions de basse énergie (LEIR) avant d'être envoyés vers le PS et le SPS. La chaîne d'injecteurs a démontré de belles performances en 2015, avec une disponibilité moyenne approchant les 90 %.

Le LHC ne consomme toutefois qu'une infime partie des particules préparées par le complexe d'accélérateurs, qui alimente également l'installation de physique nucléaire ISOLDE, le Décélérateur d'antiprotons (AD), l'installation de mesure du temps de vol des neutrons (n_TOF) et plusieurs expériences à cible fixe. En 2015, le PS a par exemple fourni $1,9 \times 10^{19}$ protons

Les équipes du vide font le plein de projets

Deux accélérateurs en développement en Europe ont fait appel à l'expertise du CERN en matière de technologies de vide et de traitements de surface. Une partie des chambres à vide du nouveau synchrotron suédois MAX IV, qui devrait être inauguré en juin 2016, a été développée grâce à la contribution du CERN. Le plus grand des deux anneaux du synchrotron est doté d'une chambre à vide qui laisse un passage très étroit au faisceau. Certains tronçons de la chambre présentent par ailleurs des géométries complexes. 95 % des chambres sont recouvertes d'un dépôt de matériau NEG (« Non Evaporable Getter ») qui assure un vide poussé en piégeant les molécules de gaz résiduelles. Ce matériau, développé à la fin des années 1990 au CERN, est largement utilisé dans les chambres à vide à température ambiante du LHC. L'équipe du CERN spécialisée dans ce domaine a développé la technique de traitement de surface de toutes les chambres à vide du grand anneau de MAX IV. Elle a transféré la technologie afin que les chambres à vide les plus « simples » soient réalisées par une entreprise européenne et effectué le dépôt des chambres à vide complexes qu'elle a livrées en 2014 et 2015. Le CERN a aussi apporté son expertise pour le cuivrage de pièces en acier inoxydable dans le cadre du projet de laser à électrons libres XFEL en Allemagne.

à n_TOF, soit 10 % de plus que prévu. Un nouveau système d'extraction des particules du PS, l'extraction multi-tours, a été utilisé en fin d'année pour les expériences avec cibles fixes du SPS, grandes consommatrices de particules. Développée depuis 2002, mise en service une première fois en 2010, cette nouvelle méthode a été améliorée et remise en service en 2015. Elle permet de porter le taux de particules extraites de 95 à 98 % par rapport à ce que l'on peut obtenir avec le système de transfert continu utilisé jusqu'à présent. Le procédé permet aussi de réduire les dépôts de rayonnements dans les équipements du PS.

Outre des protons et des ions plomb, le SPS a pour la toute première fois accéléré des ions argon pour l'expérience NA61/SHINE. Préparée depuis deux ans, cette exploitation a permis de délivrer des ions argon à six niveaux d'énergie différents. Enfin le Décélérateur d'antiprotons (AD), qui alimente les expériences sur l'antimatière, a démarré en juillet et comptabilisé 3 200 heures de physique avec une disponibilité de 90 %.

Nouveaux faisceaux

Deux autres installations ont fêté l'arrivée des particules en 2015. Le 22 octobre, un faisceau était accéléré par le premier cryomodule du nouvel accélérateur HIE-ISOLDE (ISOLDE à haute intensité et haute énergie). L'énergie des ions radioactifs pour l'installation de physique nucléaire ISOLDE était portée de 3 à 4,3 MeV par nucléon. Ce cryomodule supraconducteur,



Le Linac 4 en 2015, vu par l'une des photographes qui a participé au concours Photowalk (Photo Federica Piccinni) (CERN-PHOTO-201511-220-1)



Installation d'une cavité FineMet dans l'accélérateur PS pour la stabilisation des faisceaux à haute intensité. (OPEN-PHO-ACCEL-2016-003-5)

complexe à produire et à assembler, a été achevé en début d'année, avant un transport extrêmement délicat au cours duquel un système de suspension et de mesure a été utilisé pour que le module ne puisse s'incliner de plus d'un degré ! HIE-ISOLDE sera formé à terme de quatre cryomodules, contenant chacun cinq cavités supraconductrices, afin de porter les faisceaux à 10 MeV par nucléon. Fin 2015, le deuxième cryomodule était fin prêt en vue d'une installation en 2016.

Un mois plus tard, le Linac 4 accélérera des faisceaux à 50 MeV. Le Linac 4, en cours de construction, remplacera après 2020 le Linac 2, le premier rouage de la chaîne des accélérateurs du CERN. Le Linac 4 accélérera des ions hydrogène négatifs à 160 MeV d'énergie avant de les injecter dans le Booster du PS. Il est formé de quatre types de structures accélératrices ; les deux premières ont été mises en service pour atteindre l'énergie de 50 MeV. Les deux dernières étaient en cours d'installation en 2015, tandis que les convertisseurs de puissance étaient entièrement mis en place. À la fin de l'année, 80 % des composants de l'accélérateur étaient installés. Tous les équipements de transfert des particules vers le Booster du PS ont par ailleurs été fabriqués, ce qui pourrait permettre au Linac 4 de remplacer son prédécesseur en cas de problème.

Le Linac 4 est un rouage essentiel du projet d'amélioration des injecteurs du LHC (*LHC injectors upgrade - LIU*). Pour faire fonctionner le LHC à haute luminosité après 2025 (voir p. 26), les injecteurs doivent être remis à niveau. En dehors du Linac 4, qui remplacera le Linac 2, les trois autres injecteurs font également l'objet d'améliorations.

Feu vert pour de nouvelles cavités

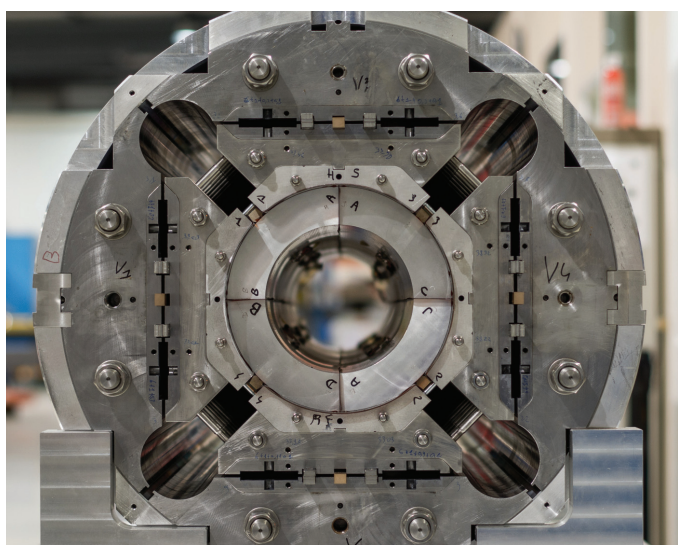
L'énergie d'extraction du Booster du PS sera augmentée de 1,4 à 2 GeV. Pour y parvenir, l'accélérateur sera équipé de nouvelles cavités accélératrices radiofréquence, plus performantes aux hautes intensités. À base d'un matériau composite magnétique à la place des ferrites utilisées traditionnellement, la technologie FineMet offre une large bande

passante. Les nouvelles cavités, installées sur l'un des quatre anneaux de l'accélérateur, ont été intensivement testées en 2015. Une cavité a également été expérimentée avec succès dans le PS. Suite à ces tests et au rapport rendu par un groupe d'experts indépendants, les trois systèmes de radiofréquence qui équipent aujourd'hui le Booster du PS seront entièrement remplacés par les nouvelles cavités. Les cavités FineMet seront également utilisées pour la stabilisation des faisceaux à haute intensité dans le PS.

Une campagne d'identification des câbles obsolètes a été menée dans le Booster du PS, permettant de repérer 2 400 câbles non utilisés. L'objectif est de retirer ces câbles lors du prochain arrêt technique fin 2016 pour laisser la place aux 1 800 câbles nécessaires au projet LIU. Une campagne similaire a débuté en fin d'année dans le SPS. De plus, les équipements de protection ou d'arrêt des faisceaux du SPS devront être remplacés ou améliorés pour faire face à la hausse d'intensité des faisceaux nécessaire pour le LHC haute luminosité. Ainsi, les équipes ont continué la conception de collimateurs et d'arrêts de faisceau pour les lignes d'extraction vers le LHC. En parallèle, la conception et les spécifications d'un nouvel arrêt de faisceau destiné au 5^e sextant du SPS ont été finalisées tandis que les premiers travaux démarraient en vue de son installation.

Nouveau revêtement pour les aimants

Deux semaines d'exploitation du SPS ont été consacrées au conditionnement des tubes de faisceau, afin d'atténuer le phénomène de nuages d'électrons (voir p. 23). L'un des objectifs était d'acquiescer une expertise avec des faisceaux similaires à ceux qui seront fournis par le complexe d'injecteurs après son amélioration. Suite à ces essais, un groupe d'experts a recommandé d'utiliser à la fois la méthode de conditionnement des tubes de faisceau pour les exploitations futures du SPS, en faisant circuler des faisceaux de haute intensité, et de doter un sextant entier de l'accélérateur d'un revêtement de carbone amorphe. Ce revêtement, dont le coefficient d'émission



Structure pour un aimant quadripôle « triplet » pour le projet LHC haute luminosité. (OPEN-PHO-ACCEL-2015-014-2)

C'est parti pour la haute luminosité !

Après quatre ans d'études de conception, le projet LHC haute luminosité est entré dans sa phase de construction fin octobre 2015. Le coup d'envoi a été donné à l'occasion de la clôture de l'étude FP7-HiLumi LHC, cofinancée par l'Union européenne, qui a mené les premiers travaux sur le projet. Prévu pour entrer en service après 2025, le LHC haute luminosité augmentera le nombre de collisions d'un facteur 5 à 10 pour atteindre une luminosité intégrée de 250 femtobarns inverses par an. L'augmentation de la luminosité permettra aux physiciens d'étudier plus en détail les nouveaux phénomènes découverts par le LHC.

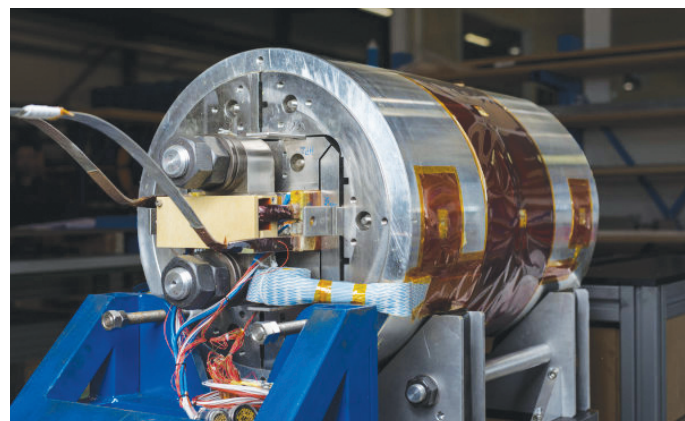
Pour cela, de nouveaux équipements seront installés sur 1,2 kilomètre de l'actuel accélérateur, parmi lesquels des aimants quadripôles (« triplets ») plus puissants pour concentrer les faisceaux avant les collisions et des cavités radiofréquence dites « en crabe » pour les orienter, des aimants dipôles plus courts et plus puissants (11 teslas contre 8,3 teslas pour ceux du LHC), un système de collimation amélioré et de nouvelles liaisons électriques à base de supraconducteurs haute température.

Les nouveaux aimants supraconducteurs, formés d'un alliage niobium-étain, sont développés dans le cadre d'une collaboration entre l'étude LARP (*LHC Accelerator Research Program*), qui rassemble différents laboratoires des États-Unis, et le CERN.

En mai, des bobines courtes pour les aimants triplets étaient testées avec succès. En juin, un modèle court d'aimant dipôle supraconducteur fabriqué au CERN a démontré des performances inédites. Le modèle a dépassé les 12 teslas d'intensité de champ magnétique.

La conception de tous les collimateurs a été définie. Leurs mâchoires seront formées de nouveaux matériaux plus performants, testés avec succès dans l'installation HiRadMat du CERN. La fabrication des prototypes de cavités en crabe et de leur cryostat a démarré au CERN en vue de les tester avec un faisceau de l'accélérateur SPS en 2018.

La coopération avec l'industrie s'est intensifiée. La production du câble supraconducteur haute température (diborure de magnésium) pour relier les convertisseurs de puissance aux aimants dans l'accélérateur a été lancée. Fin juin, une journée de rencontres était organisée pour l'industrie : plus de 140 représentants d'entreprises basées dans 19 pays ont participé à l'événement.



La ligne de faisceau qui dirigera les protons du SPS vers la nouvelle installation AWAKE a été installée. (OPEN-PHO-ACCEL-2016-008-1)

Un champ magnétique record de 16,2 teslas a été atteint avec une bobine plate dans le cadre d'un programme pour développer des aimants plus puissants pour les accélérateurs du futur. (OPEN-PHO-ACCEL-2016-005-1)

d'électrons secondaires est très faible, atténué le phénomène d'avalanches d'électrons. Vingt aimants du SPS, déjà traités, ont été testés en 2015. Les aimants restants seront progressivement dotés du nouveau revêtement lors des prochains arrêts techniques.

Toujours dans le cadre du projet LIU, un programme d'étude a été mené sur l'exploitation avec des ions plomb. Les études précises, ainsi que les réglages qui ont suivi, ont permis d'atteindre des paramètres de faisceau d'ions plomb inégalés dans le LHC et d'accroître la luminosité instantanée jusqu'à plus de trois fois sa valeur nominale. Ces études ont notamment porté sur l'Anneau d'ions de basse énergie (LEIR). D'autres améliorations des composants de l'anneau ont été apportées en fin d'année afin d'améliorer les injections et d'accroître l'intensité des faisceaux durant l'exploitation 2016.

ELENA et AWAKE s'installent

Outre les injecteurs du LHC, les autres projets d'accélérateur ont progressé en 2015. ELENA (*Extra Low ENergy Antiproton*) se prépare pour démarrer sa mise en service fin 2016. Cet anneau de décélération, un petit synchrotron de 30 mètres de circonférence, sera couplé au Décélérateur d'antiprotons (AD) pour ralentir davantage les antiprotons destinés aux expériences sur l'antimatière. L'énergie sera ainsi abaissée de 5,3 MeV à seulement 0,1 MeV et la densité de faisceau sera accrue grâce à un système de refroidissement par électrons. ELENA améliorera ainsi l'efficacité des expériences existantes et ouvrira la voie à de nouvelles expériences.

L'infrastructure pour accueillir le futur décélérateur a été quasiment entièrement mise en place et les tout premiers éléments de l'anneau et de la ligne de transfert ont été installés. De nombreux composants étaient en cours de construction dans les ateliers du CERN et dans l'industrie.

AWAKE (*Advanced Proton Driven Plasma Wakefield Experiment*) a également débuté son installation. Le projet, qui devrait recevoir ses premiers faisceaux du SPS fin 2016, a pour objectif

d'étudier le principe d'accélération à l'aide de champs de sillage dans des cellules plasma. Ce principe, déjà établi avec des électrons, sera testé avec un faisceau de protons. L'objectif est d'atteindre des gradients accélérateurs des centaines de fois plus élevés que ceux des cavités radiofréquence actuelles.

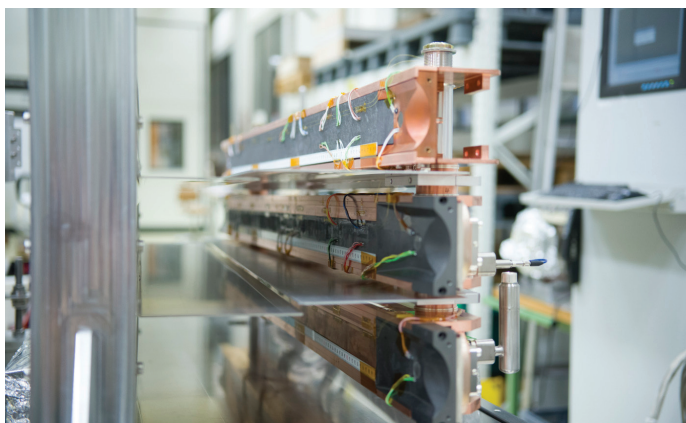
Les travaux de génie civil ont été terminés et l'infrastructure pour accueillir les équipements a été mise en place. Cette infrastructure comprend une salle blanche qui abritera un laser. La ligne de faisceau de protons reliant le SPS à AWAKE a été installée. Les premiers tests de la cellule plasma de 10 mètres de long, composant clé du projet, ont été menés avec succès.

Les accélérateurs du futur s'esquissent

Au-delà du LHC haute luminosité, les scientifiques du CERN planchent sur les accélérateurs du futur à l'horizon 2035. Deux études sont en cours, celle du CLIC (Collisionneur linéaire compact) et celle sur le FCC (Futur collisionneur circulaire).

Le projet d'accélérateur linéaire CLIC est basé sur un concept novateur d'accélération à deux faisceaux, qui permet d'atteindre des champs accélérateurs très élevés. La collaboration CLIC compte plus de 50 instituts dans 25 pays. En 2015, les études pour redéfinir les paramètres du projet afin d'optimiser les coûts et les performances se sont achevées.

Côté technique, un troisième banc de test du système radiofréquence a été installé, doublant la capacité d'essai. Un module complet de deux mètres de CLIC a été mis en service dans l'installation d'essai CTF3. Trois modules mécaniques ont été testés pour évaluer leurs performances thermomécaniques. Le programme de développement pour les équipements radiofréquence de haute efficacité s'est poursuivi. D'autres développements ont porté sur l'instrumentation de faisceau, les prototypes d'aimants, le vide, les systèmes de contrôle, l'alignement et la stabilité, avec une participation active de la collaboration. L'intérêt pour les technologies du CLIC s'élargit, notamment en ce qui concerne leur utilisation sur les accélérateurs linéaires pour lasers à électrons libres (FEL).



Des tests sur de nouveaux collimateurs réalisés dans l'installation HiRadMat. (CERN-PHOTO-201507-161-37)



Dans le hall d'essai SM18, un nouveau cryostat destiné à tester des aimants du futur est en cours d'installation. (CERN-PHOTO-201603-062-1)

Premiers résultats pour l'étude FCC

Après son lancement en 2014, l'étude sur un futur collisionneur circulaire FCC a livré ses premiers travaux en 2015. La collaboration FCC, qui réunit 72 instituts de 26 pays et qui est soutenue par l'Union européenne, étudie la possibilité d'un collisionneur de hadrons d'une énergie de collision de 100 TeV qui serait installé dans un nouveau tunnel de 80 à 100 kilomètres de circonférence. La collaboration explore la possibilité d'un collisionneur de leptons comme étape intermédiaire, ainsi qu'une option de collisionneur lepton-hadron. L'étude porte également sur un LHC à plus haute énergie dans le tunnel actuel du collisionneur. Le premier grand objectif de l'étude FCC est de publier une étude de conception avant 2019, à temps pour la prochaine mise à jour de la stratégie européenne pour la physique des particules.

La première réunion annuelle du projet s'est tenue en mars à Washington (États-Unis), réunissant 340 participants d'instituts scientifiques et de l'industrie, et enregistrant quelque 290 contributions scientifiques. Plusieurs ateliers ont été organisés tout au long de l'année pour étudier les possibilités des recherches en physique avec des collisions à 100 TeV dans le centre de masse. Un rapport sur la physique à 100 TeV a été préparé pour la deuxième réunion annuelle de l'étude en 2016. Dans le cadre de l'étude FCC, le projet EuroCirCol cofinancé par l'Union européenne a débuté en juin. Les technologies clés ont été identifiées : elles comprennent des supraconducteurs capables de porter des courants plus intenses, des aimants générant des champs de 16 teslas, de nouvelles cavités radiofréquence supraconductrices et des systèmes de vide innovants. Fin septembre, une équipe d'experts réalisait le premier schéma de la configuration du collisionneur de hadrons, avec les principaux paramètres, utilisant le complexe des accélérateurs du CERN, dont le LHC, comme chaîne d'injecteurs. Ce schéma servira de base à l'étude préliminaire de conception. Les études géologiques pour définir l'emplacement de l'anneau ont commencé avec l'aide d'un tout nouveau logiciel capable d'intégrer de nombreux paramètres.

Au CERN, un programme pour développer des aimants plus puissants a débuté. Les équipes ont obtenu un premier succès en établissant un record mondial de 16,2 teslas avec une bobine plate, soit près de deux fois l'intensité magnétique des aimants dipôles fonctionnant actuellement dans le LHC. Cette performance, obtenue avec une bobine supraconductrice courte formée de niobium-étain, est une avancée importante pour démontrer la faisabilité d'aimants plus puissants.

Des installations d'essai améliorées

Les installations d'essai jouent un rôle crucial pour développer des composants innovants. Pour sa deuxième année d'exploitation, l'installation HiRadMat, qui teste des matériaux et composants sous des faisceaux de haute intensité du SPS, a réalisé huit expériences, dont d'importants essais pour les collimateurs du futur. Deux matériaux ont été ainsi testés pour les collimateurs du LHC haute luminosité, le molybdène-graphite et le cuivre-diamant. Une autre expérience portait sur l'amélioration de la cible qui produit les antiprotons dans le Décélérateur d'antiprotons (AD).

Un vaste programme a été lancé pour améliorer les installations de tests électriques à froid des aimants supraconducteurs du hall SM18. Les travaux pour une nouvelle installation cryogénique ont commencé afin de tester des aimants de large diamètre à 1,9 kelvin et jusqu'à des intensités de courant de 20 000 ampères. Ce cryostat servira à la qualification de l'aimant FReSca2, en construction au CERN et au CEA Saclay (France), pour le programme d'aimants à forts champs. Dans le cadre du projet de LHC haute luminosité, un nouveau banc de test vertical des aimants est en construction, offrant des intensités jusqu'à 30 000 ampères. Des bancs de tests horizontaux sont par ailleurs modifiés pour qualifier les aimants du futur accélérateur avec des intensités pouvant atteindre 20 000 ampères, contre 15 000 jusqu'à présent. En parallèle, les études ont commencé pour une chaîne de test des aimants triplets et une station d'essai des liaisons supraconductrices reliant les convertisseurs de puissance aux aimants.