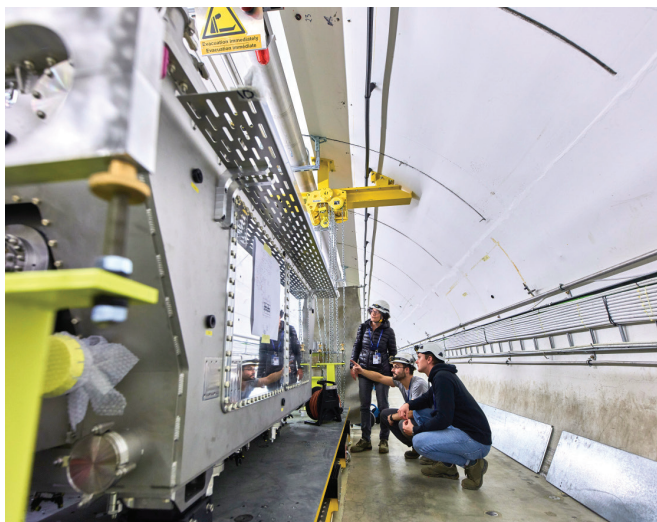


CONSTRUIRE L'AVENIR

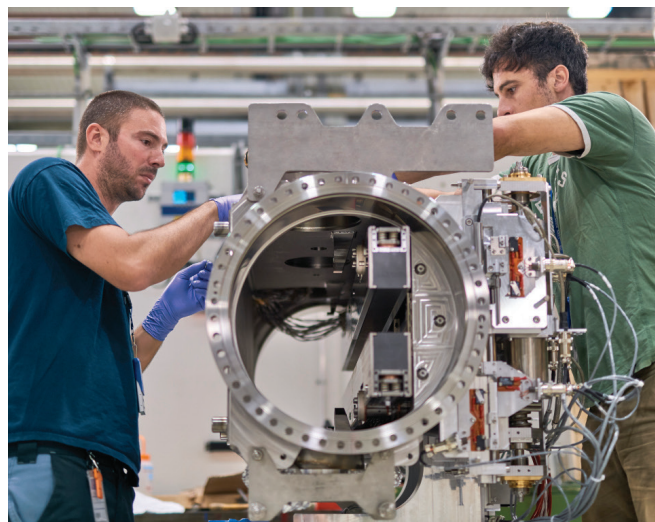
Au CERN, physiciens, ingénieurs et techniciens imaginent, conçoivent et construisent les installations qui permettront à la communauté scientifique de poursuivre sa quête de connaissances. Du LHC de nouvelle génération aux accélérateurs du futur, de l'amélioration du complexe d'accélérateurs et des expériences du LHC au test réussi d'une technique d'accélération révolutionnaire, de nouveaux projets prennent vie au CERN.

Les travaux de génie civil ont commencé aux points 1 et 5 du LHC, sur les sites des expériences ATLAS et CMS, pour l'excavation des puits, galeries et cavernes du projet LHC à haute luminosité. (CERN-PHOTO-201805-131-2)





Les deux premières cavités-crabe, qui serviront à incliner les faisceaux de protons avant les collisions, ont été testées avec succès avec des faisceaux. (CERN-PHOTO-201801-026-8)



Le prototype d'un absorbeur qui sera installé au point d'injection du LHC à haute luminosité a été testé avec faisceaux dans l'installation HiRadMat. (CERN-PHOTO-201808-190-5)

LE PROJET DE LHC À HAUTE LUMINOSITÉ À MI-PARCOURS

Le LHC à haute luminosité (HL-LHC) devrait être mis en service en 2026. Cette amélioration importante, lancée en 2010, va accroître la luminosité de l'accélérateur et ainsi permettre aux physiciens de rechercher des phénomènes rares.

L'année 2018 a été marquée par le début des travaux de génie civil aux points 1 et 5 du LHC, où se situent les expériences ATLAS et CMS. Sur chaque site sont construits un puits, une caverne de service, une galerie de service et plusieurs tunnels d'une longueur totale d'un kilomètre. À la fin de l'année, les deux puits de 60 mètres de profondeur avaient été creusés.

Le HL-LHC nécessite l'installation de nouveaux équipements sur 1,2 km des 27 km de l'accélérateur. Parmi les nouveaux éléments-clés à installer se trouvent les quadripôles des triplets internes et d'autres aimants, des cavités-crabe, des liaisons supraconductrices, de nouvelles installations cryogéniques, des absorbeurs et des collimateurs.

Installées en amont et en aval d'ATLAS et de CMS, les cavités-crabe inclineront les paquets de protons de chaque faisceau afin de maximiser leur zone de recouvrement. Les deux premières cavités ont été testées avec des faisceaux du SPS, à l'aide d'un banc d'essai mobile et d'une boîte froide. Elles ont généré un champ transverse capable d'incliner les paquets de protons, une première mondiale. Environ 70 heures de test ont été effectuées en 2018.

La première phase de test des longues lignes supraconductrices a également été menée en 2018. Composées d'un câble en diborure de magnésium inséré dans un cryostat flexible, ces lignes alimenteront en électricité les quadripôles des triplets internes. Une ligne

de 60 mètres, pouvant transporter 20 000 ampères, a été testée ; ses performances cryogéniques et électriques ont dépassé les attentes.

Une centaine d'aimants de 11 nouveaux types sont en cours de développement. Parmi eux se trouvent des dipôles et quadripôles plus puissants utilisant un composé niobium-étain supraconducteur. La fabrication de prototypes courts et de longueur complète de dipôles de 11 teslas s'est achevée et la préparation des contrats pour leur production industrielle a commencé. Le quatrième modèle court du quadripôle du triplet interne a été testé, et les prototypes sont en phase de fabrication aux États-Unis et en Europe. La collaboration américaine a reçu l'approbation du ministère de l'Énergie des États-Unis, et un financement intégral.

Avec l'augmentation de la luminosité, la protection de la machine doit être renforcée. Des collimateurs à très basse impédance, capables d'absorber les particules qui s'écartent de la trajectoire optimale, ont été testés dans la machine avec succès. Le prototype d'un collimateur spécial, qui sera raccordé aux dipôles de 11 teslas, a été assemblé ainsi que le cryostat de l'aimant.

Les absorbeurs, installés au point d'injection, jouent eux aussi un rôle essentiel pour la sûreté de l'exploitation. Un prototype capable de résister à des faisceaux de haute intensité a été testé avec succès. Les performances des prototypes de l'écran de faisceau, destiné à protéger l'aimant supraconducteur des particules résiduelles provenant d'ATLAS et de CMS, ont été excellentes.

La collaboration HL-LHC s'agrandit : des accords ont été signés avec le KEK (Japon), l'IHEP (Chine), l'INFN (Italie) et Triumph (Canada). Par ailleurs, le STFC et des universités associées du Royaume-Uni se sont engagés à fournir des éléments essentiels.



Installation du nouveau système d'amplificateurs à transistors développé pour les cavités accélératrices du SPS.

(CERN-PHOTO-201902-037-2)

EN ROUTE VERS LE SECOND LONG ARRÊT TECHNIQUE

Décembre 2018 a marqué le coup d'envoi du second long arrêt technique (LS2). Au cours des deux prochaines années, les équipes vont maintenir, rénover et améliorer l'infrastructure, la chaîne d'injecteurs et le LHC pour préparer la troisième période d'exploitation et le LHC à haute luminosité. La plupart de ces améliorations sont réalisées dans le cadre du projet d'amélioration des injecteurs du LHC (LIU). En 2018, les équipes ont continué à préparer ces travaux de grande envergure.

Le Linac 4 sera intégré à la chaîne des accélérateurs du CERN au cours du LS2. Le nouvel accélérateur linéaire fournira des protons à une énergie de 160 MeV, contre 50 MeV avec l'ancien Linac 2. Une phase de fonctionnement autonome a eu lieu afin d'évaluer et d'améliorer ses performances avant son raccordement au Booster du PS. La disponibilité moyenne du Linac 4 lors de sa dernière période d'exploitation en 2018 a atteint plus de 95 %.

Le Booster du PS va subir une métamorphose complète. De nouveaux systèmes d'alimentation, d'injection, d'accélération (avec des cavités radiofréquence), de guidage (avec des aimants) et d'extraction vers le PS sont ainsi en préparation depuis 2011. En 2018, de nouveaux équipements – notamment des aimants à septum et de déflexion, et plusieurs aimants dipôles, quadripôles et correcteurs – ont été testés.

Le nouveau système radiofréquence (RF) du Booster du PS repose sur des cavités à base d'un matériau magnétique composite (FineMet), développé avec l'institut japonais KEK. Les 24 cavités qui seront installées (six pour chacun des quatre étages de l'accélérateur) et les quatre cavités de rechange ont été livrées en 2018.



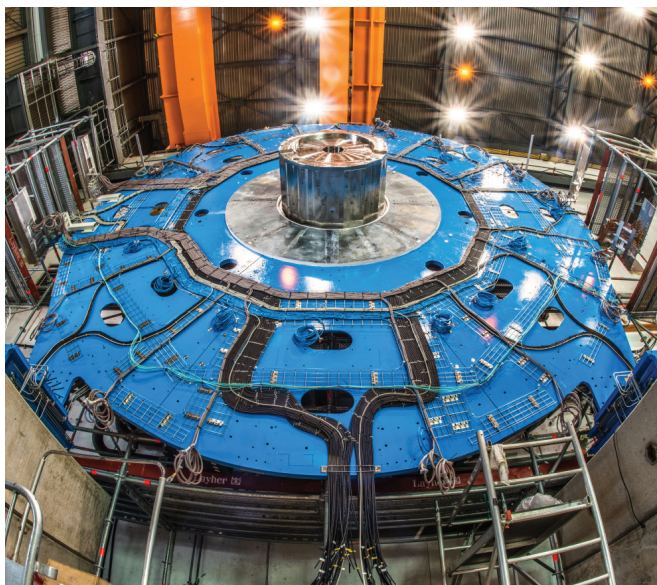
Assemblage de la maquette du nouveau système d'injection du Linac 4 vers le Booster du PS. (CERN-PHOTO-201708-201-7)

Un bâtiment a par ailleurs été édifié pour accueillir le nouveau système d'alimentation du Booster (POPS-B), testé avec succès fin 2018. Pour guider les faisceaux plus énergétiques, ses convertisseurs de puissance alimenteront les aimants avec des intensités électriques de 5 500 ampères, contre 4 000 auparavant.

Le nouveau système d'amplificateurs de puissance des cavités accélératrices du SPS a été validé. Basé sur des transistors radiofréquence, il augmentera la puissance RF fournie aux cavités et renforcera le système actuel. Une tour contenant 320 transistors a fonctionné pendant 1 000 heures, donnant le feu vert à la production en série. Quelque 10 240 transistors répartis dans 32 tours seront installés.

L'installation de nouveaux équipements pour stabiliser les faisceaux et de nouveaux moniteurs pour en contrôler les paramètres a permis de franchir des étapes importantes pour tous les injecteurs. Le PS a ainsi produit avec succès des paquets de $2,6 \times 10^{11}$ protons, l'intensité requise par le futur HL-LHC, mais avec des émittances encore trop larges. Des faisceaux de haute intensité ont également été transférés du SPS vers le LHC avec des paquets contenant jusqu'à $2,3 \times 10^{11}$ protons, mais dans des trains très courts, afin d'étudier la charge thermique induite dans ces conditions sans précédent.

Dans le LEIR, un nouveau mode de fonctionnement du système RF a permis de transférer trois paquets de particules (au lieu de deux) au PS. Une nouvelle manipulation RF dans le PS a aussi permis de resserrer ces trois paquets lors de l'extraction vers le SPS. La nouvelle configuration a permis d'approcher la luminosité requise pour le HL-LHC et offre une plus grande flexibilité pour le cas où la manipulation de faisceau dans le SPS présenterait des difficultés.



Les disques de support ont été achevés pour les nouvelles petites roues d'ATLAS, qui permettront d'identifier les muons émis à de petits angles. (CERN-PHOTO-201806-175-1)

LES EXPÉRIENCES SE PRÉPARENT À LA HAUTE LUMINOSITÉ

En 2018, les expériences se sont préparées en vue de la réalisation rapide et sûre de toutes les activités prévues pendant le deuxième long arrêt. La phase d'installation des nouveaux éléments a été précédée par le démantèlement et le retrait d'anciens composants.

La collaboration ALICE remplacera entièrement ses trajectographes, y compris le trajectographe interne et la chambre à projection temporelle. En 2018, la collaboration a produit l'ensemble des chambres à multiplicateur d'électrons dans du gaz (GEM) qui formeront le nouveau système de lecture de la chambre à projection temporelle et en a testé une grande partie dans la caverne. La construction du nouveau trajectographe interne, basé sur des capteurs à pixels, a bien progressé. Le tonneau interne est achevé, le tonneau extérieur et l'électronique de lecture devraient bientôt l'être. La production du trajectographe aux petits angles pour les muons, utilisant la puce ALPIDE, a également progressé, ainsi que la fabrication de composants électroniques pour tous les sous-détecteurs et le système de déclenchement. Les services nécessaires pour la nouvelle salle de calcul sont prêts et l'installation des deux premiers modules a commencé.

La collaboration ATLAS a avancé dans la construction de nouveaux détecteurs destinés aux « petites roues », servant à identifier les muons émis à des angles assez petits par rapport au faisceau. Ces détecteurs, qui combinent des chambres Micromégas et TGC (*Thin Gap Chamber*), reconstitueront avec précision la trajectoire des muons et les identifieront rapidement au premier niveau du système de déclenchement. Six rapports de conception technique ont été approuvés pour la deuxième phase du programme d'amélioration. Elle comprend un nouveau trajectographe au silicium, des systèmes de lecture pour les calorimètres et des détecteurs de muons. De plus, un système de

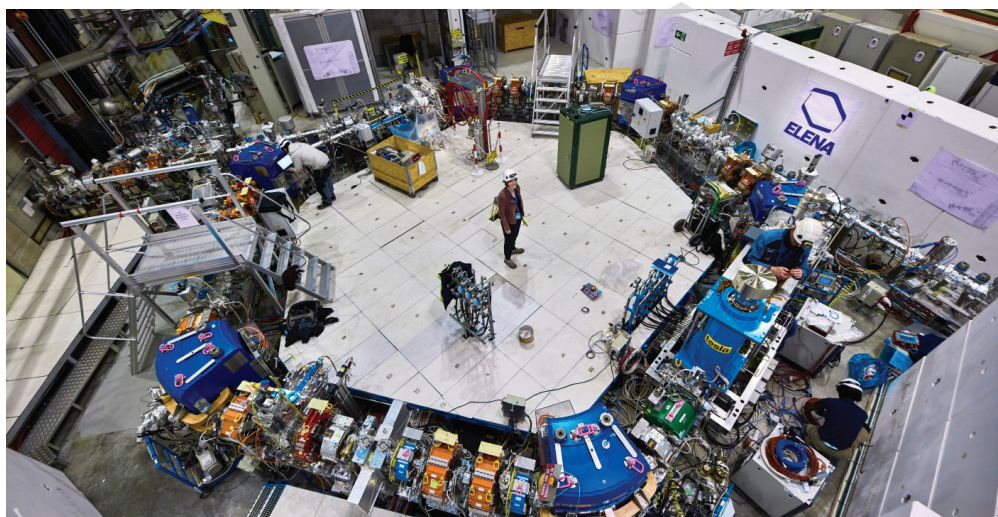


Prototypes de modules de détection pour la deuxième phase de l'amélioration du calorimètre de CMS. (CERN-PHOTO-201812-333-1)

déclenchement et d'acquisition de données innovant permettra à ATLAS d'augmenter d'un ordre de grandeur la vitesse de déclenchement et de lecture. Ces améliorations ont progressé dans leurs phases de spécification et de développement de pré-prototypes.

En vue de l'augmentation de la luminosité pendant les deuxième et troisième exploitations, CMS a amélioré début 2018 les photodétecteurs et l'électronique frontale des bouchons du calorimètre hadronique. Tous les convertisseurs de tension du trajectographe à pixels ont été remplacés et les procédures d'exploitation ont été adaptées, ce qui a permis au détecteur d'afficher de belles performances en 2018. De nouveaux composants électroniques ont également été installés dans le système de lecture des chambres à tubes de dérive à muons. La deuxième phase du programme d'amélioration de CMS en vue du HL-LHC a aussi bien progressé ; une chambre GEM de démonstration, destinée au système à muons, a fonctionné dans le détecteur. Des chambres GEM destinées à former une nouvelle couche de détection dans les bouchons ont été produites. La qualification des capteurs au silicium pour le trajectographe et les bouchons du système de calorimètre a bien avancé. Les prototypes de plusieurs circuits intégrés ont été conçus ou produits, et la fabrication et l'assemblage des modules ont commencé.

LHCb a testé les 11 000 kilomètres de fibres scintillantes pour le trajectographe SciFi. La production en série de ces fibres a été réalisée dans quatre centres différents. La collaboration a livré et contrôlé la qualité de plus de 3 500 tubes photomultiplicateurs multi-anodes pour les détecteurs Cherenkov à focalisation annulaire (RICH). Le premier lot de 24 systèmes de lecture frontaux faits sur mesure a été reçu et testé. Deux rapports de conception technique sur l'informatique ont été élaborés et présentés au Comité des expériences LHC. La construction du nouveau centre de données sur le site de l'expérience a bien progressé, avec la mise en place des premiers modules destinés à accueillir les unités centrales.



Le nouveau décélérateur d'antimatière ELENNA a poursuivi sa mise en service et a été raccordé à sa première expérience.

(CERN-PHOTO-201804-086-10)

DES ANTI-PROTONS EXCEPTIONNELLEMENT LENTS

Après plusieurs mois de mise en service, ELENNA (*Extra Low ENergy Antiproton*), le nouvel anneau de décélération d'antiprotons du CERN, a produit des faisceaux d'antiprotons aux caractéristiques très proches des valeurs nominales. C'est une excellente nouvelle pour les expériences sur l'antimatière qui seront reliées à ELENNA après le deuxième long arrêt technique et seront ainsi alimentées en antiprotons à très basse énergie. Seule l'expérience GBAR a été connectée au nouvel anneau en 2018 ; l'installation a

reçu ses premiers faisceaux le 20 juillet. Plus les antiprotons sont lents, mieux les expériences peuvent les piéger pour les étudier. Raccordé au Décélérateur d'antiprotons (AD), ELENNA doit ainsi ralentir davantage les antiprotons, ramenant leur énergie de 5,3 MeV à seulement 0,1 MeV.

Pour atteindre de telles performances, le dispositif de décélération d'ELENNA est couplé à un système de refroidissement par électrons. Ce système, qui a été testé et mis en service à l'automne, permet de concentrer les paquets de particules en diminuant l'émission du faisceau,

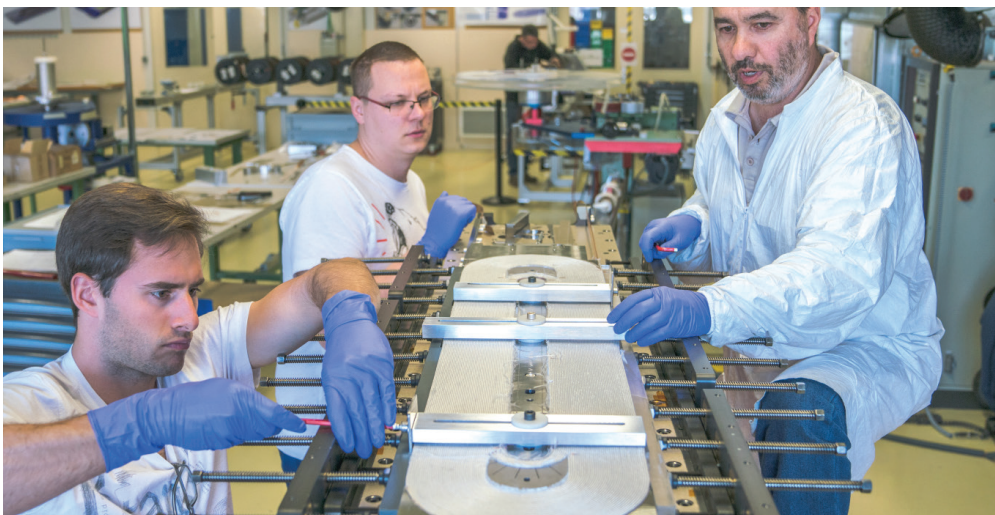
autrement dit, ses dimensions transversales et sa dispersion en énergie. Il est ainsi possible de fournir aux expériences des faisceaux plus denses, augmentant leurs chances de piéger des antiprotons.

Dès la fin des tests avec faisceaux, en novembre, le démontage des lignes de transfert magnétiques reliant l'AD aux autres expériences a démarré. Ces lignes seront progressivement remplacées par des lignes électrostatiques reliant ELENNA aux expériences.

L'AVENIR DE LA PHYSIQUE DES PARTICULES SE DESSINE

Au cours de sa session de septembre, le Conseil du CERN a lancé formellement la mise à jour de la stratégie européenne pour la physique des particules, processus de deux ans auquel participera toute la communauté et qui vise à définir une vision commune de l'avenir de la discipline en Europe. En décembre, le Groupe sur la stratégie européenne, établi pour coordonner ce processus, a reçu 157 projets d'accélérateurs et d'expériences présentés par des universités, des laboratoires, des instituts nationaux, des collaborations et des chercheurs. Le CERN, avec ses instituts partenaires, a proposé plusieurs contributions majeures, notamment des projets de nouveaux collisionneurs (FCC et CLIC) et des expériences utilisant les machines existantes.

QUELQUE 157 PROJETS ONT ÉTÉ
SOUJES DANS LE CADRE DE
LA MISE À JOUR DE LA STRATÉGIE
EUROPÉENNE POUR LA PHYSIQUE
DES PARTICULES.



Assemblage au CERN d'une bobine destinée au projet ERMIC d'aimant de test de 16 teslas.

(CERN-PHOTO-201804-088-4)

L'ÉTUDE FUTUR COLLISIONNEUR CIRCULAIRE

En décembre, le projet FCC (Futur Collisionneur Circulaire) a présenté son rapport préliminaire de conception portant sur une infrastructure de recherche installée dans un nouveau tunnel de 100 km de circonférence. Le document détaille les paramètres, l'intérêt pour la physique et les possibilités d'expérimentation d'un collisionneur de leptons (FCC-ee), pour repousser les frontières de la précision, suivi d'un collisionneur de hadrons de 100 TeV (FCC-hh), pour repousser les frontières de l'énergie. Des collisions d'ions lourds ou leptons-hadrons et des expériences avec cibles fixes sont également envisagées. L'étude porte également sur la possibilité d'un LHC à haute énergie dans le tunnel actuel.

En 2018, la collaboration a développé des schémas d'injection et a affiné l'optique des faisceaux pour garantir une performance maximale. Des études de génie civil ont été menées avec des partenaires internationaux, notamment sur l'optimisation des coûts et la réutilisation des matériaux d'excavation. Les résultats préliminaires ont montré la compatibilité d'une telle infrastructure avec les exigences socio-économiques et environnementales des États hôtes.

Les technologies-clés du FCC-ee sont les cavités radiofréquence (RF) supraconductrices et la production de puissance RF à rendement élevé. La collaboration a détaillé un scénario par phases pour l'installation des équipements de la RF dans le FCC-ee. De grands progrès ont été réalisés dans le développement de cavités RF en titane et cuivre, qui atteignent un gradient équivalent à celui des cavités en niobium. Des techniques de fabrication innovantes, s'appuyant sur des matériaux nouveaux, ont permis de réduire les coûts et d'améliorer la qualité de la fabrication des cavités, avec le soutien du projet européen EASITrain cofinancé par le programme cadre de l'Union européenne Horizon 2020. La collaboration a pu construire et tester avec succès des prototypes pour les principaux dipôles et quadripôles du collisionneur de leptons. Leur conception innovante, à double ouverture, nécessite moins de bobines, ce qui permet de réduire les coûts et l'énergie consommée.

Le FCC-hh de 100 TeV s'appuie sur des aimants supraconducteurs en niobium-étain capables de générer 16 teslas, soit deux fois plus que les aimants du LHC. La conception de différents profils d'aimants a été menée à bien par le programme EuroCirCol, cofinancé dans le cadre de Horizon 2020. Les deux premiers aimants à champ élevé (15 teslas pour le projet MDP aux États-Unis et 16 teslas pour le projet ERMIC au CERN) ont été assemblés au Fermilab et au CERN et seront testés en 2019 au CERN. Le système de vide de faisceau est un autre élément critique car il doit absorber l'important rayonnement synchrotron émis par le faisceau. Trois prototypes d'écran de faisceau ont subi à KARA (Karlsruhe) un test de rayonnement synchrotron à température ambiante (cofinancé dans le cadre du projet européen EuroCircol), qui a validé la conception du système de vide du FCC-hh.

L'étude FCC participe aussi activement au projet RI-PATHS, qui vise à développer de nouveaux outils pour l'évaluation de l'impact socioéconomique des infrastructures de recherche en Europe. Les premiers résultats d'une analyse coût-bénéfice du LHC et du HL-LHC ont été publiés en 2018 ; ce travail est aujourd'hui élargi au FCC.

L'ÉTUDE COLLISIONNEUR LINÉAIRE COMPACT

Un plan de mise en œuvre et les documents pour la mise à jour de la stratégie européenne pour la physique des particules ont été finalisés en 2018 pour l'étude CLIC (Collisionneur linéaire compact).

Le CLIC est un projet de futur collisionneur linéaire électrons-positons à haute luminosité, planifié en trois étapes, de 380 GeV à 3 TeV. Il repose sur un concept innovant d'accélération à deux faisceaux produisant des champs d'accélération pouvant atteindre 100 mégavolts par mètre, permettant de maîtriser les dimensions et le coût du projet.

Parmi les réalisations techniques, il faut citer des études sur le faisceau d'entraînement et la mise au point de systèmes

RF. Des essais portant sur des éléments, des systèmes et des méthodes pour les futurs collisionneurs et collisionneurs d'électrons linéaires ont été menés sur l'installation CLEAR (*CERN Linear Electron Accelerator for Research*), sur l'ATF2 au KEK, sur des lasers à électrons libres (FEL) tels que celui de FERMI à Trieste et sur des anneaux de faible émittance tels que celui d'ALBA à Barcelone. La collaboration a également mis au point et testé des structures en bande X au CERN et dans des instituts partenaires. De nombreux progrès techniques ont permis d'améliorer les éléments les plus critiques et les plus sensibles du point de vue du coût et de la consommation électrique, dans le cadre d'une démarche globale d'optimisation du projet.

En parallèle, la collaboration réalise une étude systématique de la participation de l'industrie aux technologies essentielles du CLIC, qui sont de plus en plus utilisées pour d'autres applications. Plusieurs accords ont été conclus en vue de travaux de développement pour de petits accélérateurs et éléments utilisant la technologie en bande X, notamment pour des linacs FEL. L'étude de conception de la Commission européenne CompactLight (FEL à technologie en bande X), qui compte 24 partenaires, a commencé en 2018.

L'évaluation du potentiel de physique de l'accélérateur CLIC pour des énergies de collision allant jusqu'à plusieurs TeV s'est poursuivie, donnant lieu à plusieurs rapports élaborés en étroite collaboration avec la communauté des théoriciens. Par ailleurs, la R&D sur les détecteurs de vertex et les trajectographes a beaucoup progressé, notamment avec la

conception de capteurs monolithiques innovants. La R&D sur les pixels au silicium se poursuit en synergie avec les progrès accomplis par la collaboration Medipix/Timepix et les groupes de R&D sur le LHC à haute luminosité.

LE PROGRAMME SUR LA PHYSIQUE AU-DELÀ DES COLLISIONNEURS

Une vingtaine de projets ont été présentés au Groupe sur la stratégie européenne dans le cadre du programme de physique au-delà des collisionneurs. Lancé en 2016, ce programme explore le potentiel scientifique et la faisabilité des nombreuses possibilités offertes par le complexe d'accélérateurs du CERN en complément des expériences s'appuyant sur des collisions à haute énergie. Les groupes BSM (*Beyond Standard Model*) et Chromodynamique quantique ont conjointement réalisé des analyses comparatives du potentiel de physique au CERN et ailleurs dans le monde. Le groupe BSM a produit des graphiques de sensibilité pour, entre autres, les portails scalaires, vectoriels, Higgs et axions vers le secteur caché. Concernant les accélérateurs, les potentiels de la zone Nord - production du faisceau destiné aux recherches de matière noire et aux études de précision, et alimentation des expériences de chromodynamique quantique - a fait l'objet d'une analyse poussée. Le projet BDF (*Beam Dump Facility*) a bien avancé, avec la réalisation du test d'un prototype de cible et d'études de génie civil et d'intégration. Cette installation à cible fixe de haute intensité, polyvalente,

Assemblage d'un prototype de cible pour le projet BDF (Beam Dump Facility). Ce projet, élaboré dans le cadre de l'étude sur la physique au-delà des collisionneurs, vise à fournir de nouveaux faisceaux aux expériences de la zone Nord. (CERN-PHOTO-201808-199-17)



utiliserait les faisceaux de protons du SPS pour alimenter les nouvelles expériences de la zone Nord et en particulier, dans sa phase initiale, l'expérience SHiP qui a pour objectif la recherche de particules de matière noire. Un groupe étudie la possibilité d'une nouvelle installation de faisceaux d'électrons, à partir d'un accélérateur linéaire qui injecterait des électrons à 3,5 GeV dans le SPS. Ce faisceau serait accéléré à 16 GeV et envoyé vers une expérience étudiant la matière noire située sur le site de Meyrin. Une expression d'intérêt a été présentée au Comité du SPS. Le SPS pourrait également alimenter l'installation nuSTORM, qui produirait un faisceau de neutrinos au moyen d'un anneau de stockage de muons.

La collaboration EDM, qui a pour objectif d'utiliser les mesures de précision du moment dipolaire électrique du proton et du deuteron à la recherche de signes d'une physique au-delà du Modèle standard, a élaboré une feuille de route pour le développement d'un prototype d'anneau.

L'Usine à gamma a connu une année fructueuse, avec l'injection et l'accélération d'ions partiellement épluchés dans le LHC (voir p. 25). La mise en place d'une expérience de démonstration de principe dans le SPS est en cours d'étude.

Le programme sur la physique au-delà des collisionneurs a également apporté son soutien à la proposition d'expérience FASER. Située près du tunnel du LHC, à 480 m du point d'interaction d'ATLAS, cette expérience étudierait les particules à longue durée de vie. Une phase de préparation s'est déroulée en 2018, avec pour objectif une installation pendant le LS2, après approbation. Les études sur des expériences à cibles fixes dans le LHC se sont poursuivies. L'installation d'une cellule de stockage de gaz pour le VELO de LHCb a été approuvée pour le deuxième long arrêt, et un certain nombre de possibilités, notamment l'extraction des protons au moyen de cristaux, ont été envisagées.



L'expérience AWAKE avec le système de spectromètre à électrons et la cellule plasma de 10 mètres.
(CERN-PHOTO-201711-284-5)

LES ÉLECTRONS SURFENT LES VAGUES DE PLASMA

La collaboration AWAKE a franchi une étape cruciale : l'expérience a accéléré des électrons au moyen d'un champ de sillage généré par des protons filant à travers un plasma. Cette première mondiale a été réalisée deux ans seulement après le début de l'installation de l'expérience.

Tandis que les accélérateurs conventionnels utilisent des cavités radiofréquence pour accélérer les particules, AWAKE étudie l'utilisation de protons pour créer des vagues de plasma (appelées champs de sillage) qui accélèrent des électrons en les faisant « surfer ». Cette technologie permettrait la production de gradients

d'accélération des centaines de fois plus élevés que ceux générés avec les cavités radiofréquence actuelles.

AWAKE a fait des progrès fulgurants depuis ses débuts. La cellule plasma a été installée début 2016, et quelques mois plus tard, l'expérience enregistrait les premiers champs de sillage générés par des protons. Lors des premiers essais d'accélération réalisés en 2018, des électrons ont été accélérés d'un facteur 100 environ sur une distance d'à peu près 10 mètres : injectés dans la cellule plasma d'AWAKE à une énergie d'environ 19 MeV, ils ont atteint une énergie de presque 2 GeV.

AWAKE s'est préparée pour sa deuxième période d'exploitation, qui devrait démarrer après le LS2. L'objectif est d'accélérer des particules jusqu'à

des niveaux d'énergie de plusieurs GeV tout en préservant la qualité du faisceau, et de démontrer l'adaptabilité du processus d'accélération par champ de sillage.

L'objectif final, d'ici à la fin de la deuxième période d'exploitation, est de pouvoir utiliser le modèle d'AWAKE pour des expériences de physique des particules telles que des expériences avec cibles fixes pour la recherche de photons sombres, et de futurs collisionneurs électron-proton ou électron-ion (expérience PEPIC - *Plasma Electron Proton/Ion Collider*), où les électrons accélérés par AWAKE entrent en collision avec des protons (ou des ions) du LHC.