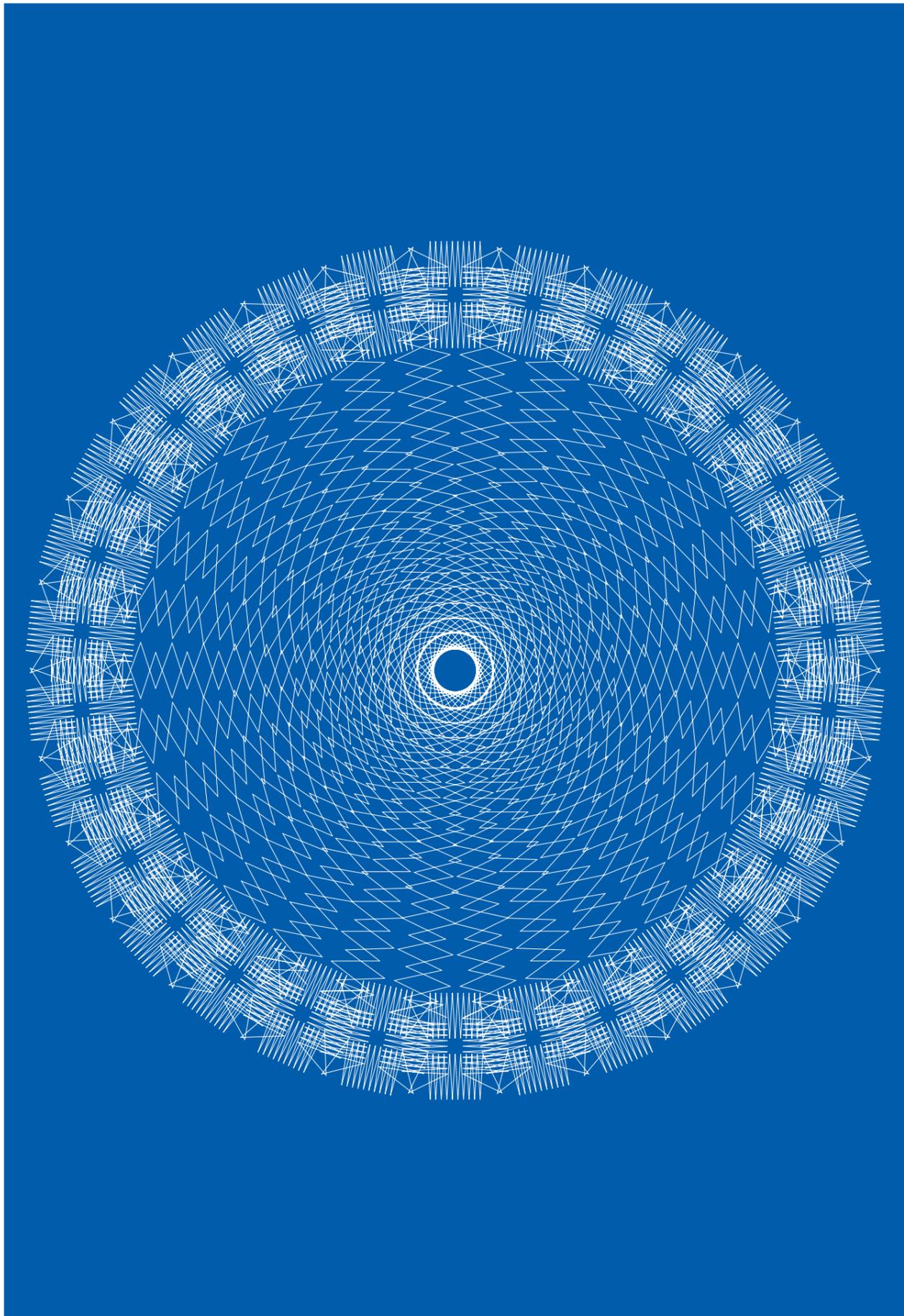


**Objectifs principaux du CERN**  
pour la période 2021-2025





**Le présent document décrit la vision qu'a la Direction du CERN concernant la période 2021-2025, soit son mandat actuel. Les objectifs envisagés portent sur le programme scientifique du CERN et d'autres activités stratégiques qui sont cruciales pour la mission et l'avenir de l'Organisation.**

—

# INTRODUCTION

*Les cinq années à venir représentent pour le CERN, ses États membres et ses États membres associés, ainsi que pour la communauté de la physique des hautes énergies en Europe et ailleurs, une période très importante aux perspectives prometteuses et aux défis nombreux.*

Du point de vue scientifique, la période 2021-2025 sera cruciale, non seulement pour la pleine exploitation du programme du LHC, mais aussi pour préparer un avenir attractif et ambitieux pour le CERN, selon les orientations données par la stratégie européenne pour la physique des particules mise à jour par le Conseil en juin 2020 (CERN/3493/C/Rév.).

Dans le même temps, le monde se trouve confronté à des difficultés sans précédent, alors que l'humanité s'efforce de lutter contre une pandémie inattendue par sa dimension et ses conséquences économiques, et de résoudre des problèmes, notamment environnementaux, de plus en plus urgents. Le CERN ne peut faire abstraction de cette réalité ; en tant qu'organisation de recherche responsable, il doit redoubler d'efforts pour accroître le retour sur investissement de ses États membres et États membres associés, et pour mettre ses compétences et ses technologies au service de la société.

La vision de la Direction du CERN pour les années à venir s'inspire des considérations présentées plus haut et s'articule sur trois principaux objectifs de haut niveau :

- produire des résultats scientifiques et des connaissances scientifiques de niveau mondial ;
- accroître le retour sur investissement pour les États membres et États membres associés dans plusieurs domaines, y compris les achats, les ressources humaines, les collaborations sur les technologies de pointe, le partenariat avec l'industrie et les propositions en matière d'éducation ;
- renforcer l'impact du CERN sur la société.

Ces objectifs sont exposés plus en détail dans les sections qui suivent.

# OBJECTIFS SCIENTIFIQUES PRINCIPAUX

*La période 2021-2025 offre des possibilités prometteuses pour le programme scientifique actuel, avec la troisième et dernière exploitation du LHC, un programme de diversité scientifique attractif et varié et la poursuite des projets de développement technologique et de construction pour le LHC à haute luminosité (HL-LHC), ainsi que pour les améliorations des expériences. Ce sera également un moment décisif pour jeter les bases de l'avenir scientifique du CERN après le HL-LHC, avec des activités de R&D intensifiées pour les technologies d'accélérateurs de pointe et des études techniques pour une future installation d'ampleur. Les objectifs présentés ci-après sont déterminés par la mise à jour 2020 de la stratégie européenne pour la physique des particules et seront réalisés dans le cadre d'une collaboration étroite avec les laboratoires nationaux, les instituts et les universités des États membres et d'ailleurs.*

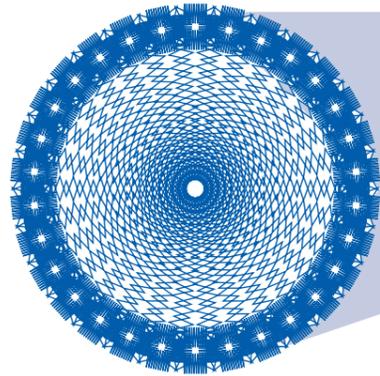


**La cavité-crabe DQW (double cavité quart d'onde), technologie novatrice du LHC à haute luminosité (HL-LHC), a été conçue pour faire pivoter les paquets en collision, permettant ainsi de décupler les collisions au LHC (Image : CERN)**

## Programme scientifique actuel

Les objectifs principaux sont les suivants :

- Une **troisième période d'exploitation** réussie, permettant d'exploiter pleinement au niveau des expériences les possibilités du LHC pour la physique. Les luminosités intégrées visées sont : au moins  $160 \text{ fb}^{-1}$  à ATLAS et CMS (l'équivalent des valeurs atteintes pendant la deuxième période d'exploitation) et  $25\text{-}30 \text{ fb}^{-1}$  à LHCb, dans les deux cas à une énergie dans le centre de masse d'au moins  $13,6 \text{ TeV}$  (collisions proton-proton), et  $6 \text{ nb}^{-1}$  à ALICE (collisions plomb-plomb).
- L'achèvement du projet **HL-LHC** et des améliorations de phase 2 d'ATLAS et de CMS, en vue d'une installation au cours du troisième long arrêt (LS3). S'agissant des accélérateurs, les principaux défis viennent du développement et de la construction des nouveaux aimants dipôles et quadripôles en Nb<sub>3</sub>Sn, ces derniers en particulier étant cruciaux pour les objectifs de luminosité du HL-LHC. Les programmes d'amélioration des détecteurs projetés par ATLAS et CMS sont ambitieux et représentent différents défis du point de vue de la technologie, du calendrier et des coûts. Un appui constant du CERN dans plusieurs domaines (main-d'œuvre, responsabilités en tant que laboratoire hôte, développement de dispositifs microélectroniques de pointe, gestion des comptes financiers, examen de l'avancement des projets, etc.) sera crucial pour le succès des expériences.

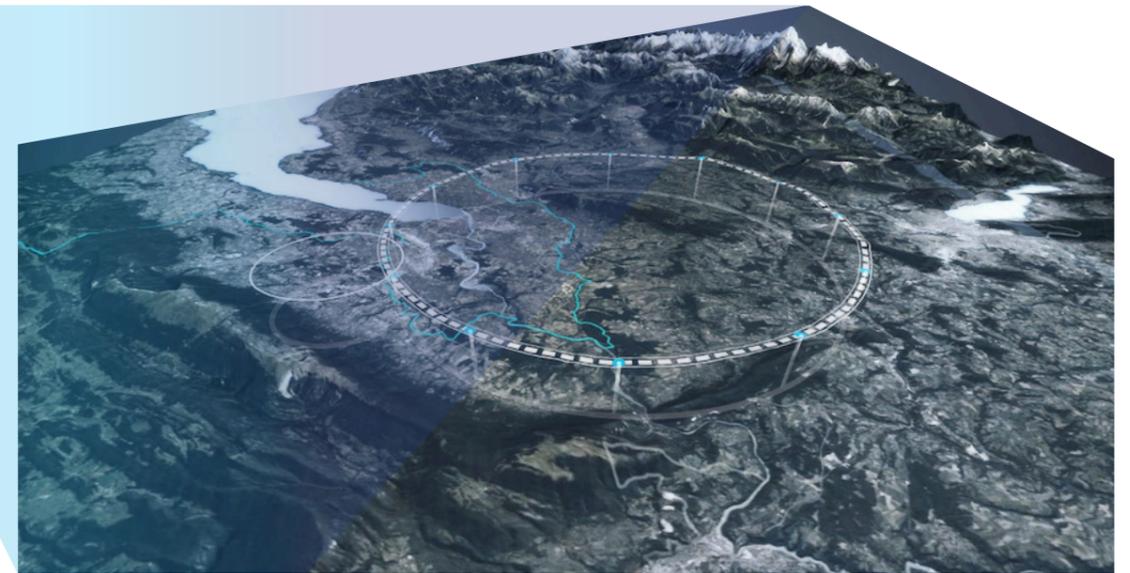


- Le **programme de diversité scientifique** du CERN, qui se déroule principalement auprès du complexe d'injecteurs, et qui est au service d'une large communauté d'utilisateurs. Les injecteurs ont bénéficié d'améliorations significatives au cours du deuxième long arrêt (LS2) dans le cadre du projet d'amélioration des injecteurs du LHC (LIU) et, pendant la troisième période d'exploitation, ils atteindront progressivement les intensités de faisceau voulues, ce qui permettra l'exploitation d'un potentiel de physique renforcé par les expériences auprès de HIE/ISOLDE, de n\_TOF, de l'AD/ELENA, de la zone Nord, sans oublier AWAKE, et les installations de faisceaux d'essai et d'irradiation.
- Les activités menées auprès de la **plateforme neutrino**, laquelle joue un rôle crucial dans l'appui à la communauté de physique du neutrino en Europe ayant des liens avec les projets longue distance s'appuyant sur des accélérateurs, prévus aux États-Unis et au Japon, et qui a apporté des contributions scientifiques et technologiques cruciales, en particulier à l'installation neutrino longue distance (LBNF) et à l'expérience DUNE aux États-Unis. Les investissements dans la plateforme neutrino, y compris l'engagement récent concernant la construction du deuxième cryostat pour le détecteur DUNE, visent à la fois à soutenir l'engagement de la communauté des équipes européennes qui participent à des projets extra-européens et à renforcer les relations et la réciprocité de la collaboration avec des partenaires d'États non-membres.
- La recherche en **physique des particules théorique**, qui est la source d'idées originales, ouvre de nouvelles voies de recherche, inspire la recherche expérimentale et constitue un appui au programme d'expériences en apportant des connaissances et des outils essentiels. Les activités du CERN dans le domaine de la théorie continueront d'être soutenues, avec les buts principaux suivants : produire de la recherche de pointe dans différents domaines (théorie formelle, phénoménologie, ions lourds, gravité quantique, cosmologie, astroparticules, etc.) ; apporter un service à la communauté internationale de la physique théorique, en particulier en attirant chaque année des centaines de visiteurs ; et soutenir les activités du Laboratoire.
- En menant à bien avec succès le programme scientifique actuel, le CERN et sa communauté de physique des particules démontreront leur force et leur capacité de répondre à des attentes très élevées et, ainsi, à ouvrir la voie à un avenir brillant à long terme. Dans ce contexte, il est important de souligner que le CERN est avant tout une installation destinée aux utilisateurs, qui attire quelque 13 000 scientifiques venus du monde entier. La Direction prévoit de **renforcer l'appui du CERN aux utilisateurs, en améliorant encore la convivialité des installations et l'efficacité des services**. À cette fin, un groupe de travail spécialisé a été établi en 2021 pour examiner les services et l'appui proposés à la communauté des utilisateurs et formuler des recommandations en la matière.

## Préparation de l'avenir du CERN

### Les objectifs principaux sont les suivants :

- Un **programme renforcé de R&D sur les accélérateurs** couvrant un large spectre, afin de développer les technologies nécessaires en vue d'un Futur Collisionneur circulaire (FCC), et permettant également de préparer des solutions de rechange au cas où, à la suite de l'étude de faisabilité du FCC évoquée ci-après, ce projet ne serait pas poursuivi. Dans le plan à moyen terme 2020 (CERN/3499/Rév.), des ressources supplémentaires d'un niveau significatif ont été allouées au développement d'aimants supraconducteurs à champ élevé, dans une collaboration renforcée avec des laboratoires et des instituts des États membres et d'autres pays. La R&D sur les technologies-clés pour le Collisionneur linéaire compact (CLIC) se poursuivra également afin que cette machine reste une option pour un futur collisionneur au CERN, de même que continueront des travaux dans des domaines d'intérêt commun avec le Collisionneur linéaire international (ILC) et des contributions aux activités préparatoires pour l'ILC. Une nouvelle initiative relative aux collisionneurs de muons a commencé, le but étant d'intensifier



La mise à jour de la stratégie européenne pour la physique des particules a recommandé la réalisation d'une étude sur la faisabilité technique et financière du Futur collisionneur circulaire (FCC). La faisabilité, sur les plans technique, administratif et environnemental, du tunnel, dont on peut voir un emplacement possible sur cette image, est un aspect décisif. (Image : CERN)

les activités européennes dans ce domaine et de pouvoir évaluer, d'ici à la date de la prochaine mise à jour de la stratégie européenne, si un investissement dans un rapport de conception technique et une machine de démonstration se justifie dans une perspective scientifique. L'accélération par champ de sillage dans le plasma est l'objet de l'installation AWAKE, unique installation au monde utilisant des faisceaux de protons pour entraîner l'accélération d'électrons ; l'installation commencera sa deuxième période d'exploitation en 2021, avec les ressources (26 MCHF) allouées dans le plan à moyen terme 2019 (CERN/3430). De façon plus générale, des travaux de R&D se poursuivent au CERN, couvrant une multitude de technologies (vide, cryogénie, nouveaux matériaux, etc.) ; ces travaux sont le résultat à la fois de nouvelles études et des besoins opérationnels surgissant dans les installations en activité. Les programmes en cours et les projets futurs seront revus une fois publiée la feuille de route pour la R&D sur les accélérateurs en Europe, développée actuellement sous les auspices du Groupe des directeurs de laboratoire à la suite d'une recommandation de la mise à jour 2020 de la stratégie européenne.

- L'**étude de faisabilité technique et financière du FCC**, qui portera sur plusieurs aspects. En premier lieu, établir la faisabilité technique, administrative et environnementale du tunnel est une tâche de grande envergure, qui sera menée en étroite collaboration avec les États hôtes du CERN. En second lieu, l'évaluation de la faisabilité financière du projet nécessite que soient identifiées des contributions potentielles importantes, extérieures au budget du CERN. En troisième lieu, les études technologiques incluent la R&D concernant les aimants supraconducteurs de 16-20 T, les structures accélératrice radiofréquence supraconductrices, la production de puissance à haute efficacité et d'autres technologies économes en énergie, durables et respectueuses de l'environnement. Les résultats de tous les volets de l'étude de faisabilité, qui devront faire l'objet d'une campagne de communication bien ciblée et adaptée visant à renforcer le soutien de la communauté de la physique des hautes énergies et à accroître graduellement l'appui pour le projet de la part des scientifiques d'autres disciplines, des autorités gouvernementales, de l'industrie et du public, seront résumés dans un rapport sur l'étude de faisabilité qui sera achevé d'ici à fin 2025.
- Maintenir et développer un **programme de diversité scientifique** attractif, avec de nouvelles idées initialement débattues dans le cadre du groupe d'étude sur la physique hors collisionneurs puis transmises, s'il y a lieu, aux comités scientifiques pertinents (INTC, SPSC et LHCC) qui examineront les projets arrivés à maturité et formuleront une recommandation. Certains des projets envisagés dans le cadre de l'étude sur la physique hors collisionneurs pourraient être réalisés dans des laboratoires nationaux européens, avec un appui du CERN. D'autres contribuent à renforcer la collaboration avec des disciplines voisines, telles que la physique nucléaire et la physique des astroparticules. Les ressources allouées à l'étude sur la physique hors collisionneurs, concernant actuellement les possibles améliorations des expériences existantes installées sur les injecteurs, les projets de nouveaux absorbeurs de faisceau, le programme de cible fixe au LHC, etc., ont été triplées dans le plan à moyen terme 2020, car un programme scientifique attractif et diversifié, complémentaire des activités liées aux collisionneurs de hautes énergies, est crucial en ce qu'il permet de traiter dans une perspective différente les questions de physique fondamentale restées en suspens.



Plusieurs projets ouvrent la voie au développement de nouvelles solutions permettant de répondre aux besoins du HL-LHC et de futurs projets en termes de traitement et de stockage des données. (Image : CERN)

- **La R&D sur les détecteurs**, pour laquelle le Département de physique expérimentale du CERN a lancé en 2019 un programme stratégique et à laquelle ont été allouées des ressources initiales s'élevant à 80 MCHF sur dix ans dans le plan à moyen terme 2019. L'initiative vise à développer les technologies les plus prometteuses pour les détecteurs destinés aux futures expériences avec collisionneur et hors collisionneur, en se concentrant en particulier sur les solutions respectueuses de l'environnement, en étroite collaboration avec les instituts intéressés en Europe, l'accent étant mis sur les domaines dans lesquels le CERN dispose d'une expertise et d'une infrastructure significatives. Les programmes en cours et les projets futurs seront revus une fois publiée la feuille de route pour la R&D sur les détecteurs en Europe, développée actuellement sous les auspices de l'ECFA à la suite d'une recommandation de la mise à jour 2020 de la stratégie européenne.
- **L'informatique**, qui constitue un élément essentiel pour l'avenir de la discipline et représente d'énormes défis pour le CERN à court et long termes. Les besoins attendus des expériences en matière de stockage et de traitement dans le contexte du HL-LHC sont aujourd'hui supérieurs d'un facteur trois aux projections à prix constants établies sur la base de l'évolution de la technologie existante. De nouvelles solutions sont donc nécessaires dans divers domaines : architectures hétérogènes, gestion des données, modèles informatiques, logiciels de pointe, etc. Leur développement a déjà commencé, avec des projets qui sont pilotés par le CERN, ou auxquels le CERN participe activement (par exemple la fondation HSF, CERN openlab, le projet Nuage européen pour la science ouverte), en collaboration avec les expériences, des institutions dans les États membres et ailleurs, d'autres disciplines (par exemple la physique des astroparticules, ou des projets d'applications médicales), et l'industrie. Le nouveau centre de calcul à Prévessin et la récente initiative sur les technologies quantiques lancée au CERN font partie intégrante de cette vision d'ensemble.

### Collaboration avec des disciplines voisines

Le CERN dispose d'un solide programme de physique nucléaire ; il héberge les installations HIE/ISOLDE et n\_TOF et abrite également un programme unique en son genre sur les ions lourds, mené à l'expérience NA61 et au LHC. Ces projets ont connu récemment des améliorations significatives, et d'autres améliorations pourraient être apportées à l'avenir. Le CERN continuera également à coopérer avec des installations de physique nucléaire en Europe et ailleurs (par exemple la Source européenne de spallation en Suède et le collisionneur électrons-ions proposé aux États-Unis) dans des domaines d'intérêt commun et/ou par la communication de technologies dans les domaines où il dispose de compétences spéciales.

Les possibilités de collaboration avec la physique des astroparticules se multiplient, d'autant que les défis à relever deviennent de plus en plus similaires du point de vue de la complexité, de l'échelle, de la gouvernance et des besoins en technologie. De nombreuses initiatives existent au CERN à l'appui de projets de physique des astroparticules, notamment : le statut d'« expérience reconnue » ; les accords de collaboration pour le développement de technologies informatiques et autres d'intérêt commun ; le conseil et l'assistance dans des domaines dans lesquels le CERN dispose d'une compétence exceptionnelle, tels que la cryogénie, le vide, les aimants supraconducteurs, les études géologiques pour les installations souterraines et la gouvernance de projets de grande ampleur ; l'appui à des activités de faisceau d'essai ; le nouveau centre pour la théorie en astroparticules (EuCAPT) initialement installé au CERN. L'appui à ces initiatives et à d'autres projets, dans les limites des ressources disponibles, permettra à l'investissement fait dans le CERN par les États membres et États membres associés d'être profitable pour d'autres projets ambitieux auxquels ils contribuent, par exemple un éventuel Télescope Einstein.

# RETOUR SUR INVESTISSEMENT POUR LES ÉTATS MEMBRES ET ÉTATS MEMBRES ASSOCIÉS

*Les 67 ans d'histoire du CERN, marqués par une suite extraordinaire de réussites scientifiques et technologiques, n'auraient pas été possibles sans le soutien constant de ses États membres. Pour que ce soutien perdure, il est impératif que le CERN développe sans cesse les avantages qu'il apporte aux États membres et États membres associés dans toutes les dimensions de ses activités. Par conséquent, sur la période des cinq années à venir, la Direction entend tout mettre tout en œuvre pour optimiser ces avantages sous tous leurs aspects, moyennant un ensemble d'actions ciblées.*



C'est grâce au soutien de ses États membres et États membres associés que le CERN comptabilise un nombre extraordinaire de réalisations scientifiques et technologiques. (Image : CERN)

En ce qui concerne le **retour industriel**, les recommandations formulées par un groupe de travail, récemment établi, sur l'optimisation des spécifications et des processus pour les achats seront mises en œuvre. Ces recommandations ont pour but d'améliorer la stratégie des achats afin d'accroître le nombre et la diversité géographique des soumissionnaires, par exemple en évitant des spécifications exagérément précises, en identifiant d'entrée de jeu les approvisionnements qui se prêteraient à une acquisition dans des pays en situation défavorisée par un processus d'appel d'offres restreint, et en définissant les critères de qualification dès le stade de l'étude de marché afin de permettre une participation plus large d'entreprises de tous les États membres et États membres associés.

Afin d'accroître le nombre d'adjudications ouvertes à l'ensemble des États membres et États membres associés, une règle exigeant une justification solide pour les contrats à source unique d'un montant supérieur à 10 kCHF et 50 kCHF, à signer par le chef de groupe et le chef de département respectivement, a été instaurée. Une action de sensibilisation sur la question des retours industriels insuffisants continuera à être menée, et le service des achats du CERN communiquera régulièrement aux départements et aux groupes des statistiques concernant la répartition géographique de leurs contrats. D'autres possibilités d'amélioration du retour industriel pour les États membres et États membres associés seront étudiées, par exemple par un renforcement des contacts avec les chargés de liaison avec l'industrie, la révision de la politique en matière de garanties bancaires, etc.



Chaque année, dans le cadre des nombreuses possibilités éducatives proposées par le Laboratoire, plus de 7 000 élèves et enseignants participent à des ateliers du S'Cool LAB, au CERN, où ils réalisent des expériences pratiques. (Image : CERN)

Enfin, les Journées de l'industrie, soit consacrées à un pays en particulier, soit centrées sur un thème défini, sont un moyen essentiel d'attirer les entreprises industrielles et de les préparer aux processus d'appel d'offres. En 2018 et 2019, un total de 16 Journées de l'industrie ont été organisées au CERN, dont trois consacrées à des pays en situation très défavorisée (pays dont le coefficient de retour industriel pour les fournitures est inférieur à 0,4). Il est maintenant proposé que, à compter de 2022, 25 % des manifestations consacrées à des pays visent les six États membres et États membres associés dont la situation est la plus défavorisée et que 25 % des entreprises invitées aux Journées de l'industrie thématiques au CERN proviennent de ces six pays. Le but général de toutes ces initiatives est de réduire le nombre de pays en situation très défavorisée pour les fournitures, qui passerait de six à trois d'ici à fin 2025. Il s'agit également d'améliorer le retour industriel pour plusieurs pays en situation défavorisée.

De nouvelles initiatives visant à améliorer le **retour en matière de ressources humaines** pour les États membres et États membres associés seront explorées et mises en œuvre. Un nouveau programme destiné aux nouveaux diplômés est en cours d'élaboration ; ce programme vise à rationaliser l'offre par rapport à la multiplicité des propositions actuelles et à optimiser la répartition géographique des candidatures, en diversifiant ainsi le réservoir de talents pour le CERN. L'objectif essentiel du programme est de former les générations futures de physiciens, d'ingénieurs et de techniciens, dont la majorité retournera dans leur pays d'origine, auquel ils apporteront des compétences spécialisées, et dont un petit nombre pourra ultérieurement être recruté par le CERN. De façon parallèle a été lancée une initiative de diversité et d'inclusion « 25 d'ici 2025 », menée à l'échelle de l'Organisation, dans le but de renforcer la diversité, du point de vue du genre et du point de vue des nationalités, dans chaque département. Plus précisément, dès qu'une concentration de nationalités dépasse 25 % de l'effectif dans un département ou dans un groupe, des plans d'amélioration du recrutement, adaptés à chaque cas, seront élaborés en collaboration entre le département HR et le groupe ou le département en cause.

De plus, des actions de sensibilisation, de recherche de candidats et de communication, incluant des efforts spécifiques, tels que recherche directe de candidats pour le recrutement de titulaires, seront concentrées sur des pays « sous-représentés », définis comme les pays dont la proportion des ressortissants dans l'effectif total de titulaires est inférieure à 50 % de la part de leurs contributions au budget du CERN (il existe actuellement 12 pays qui répondent à ce critère). Le succès de ces actions sera mesuré par rapport à l'objectif de 25 % de candidats sélectionnés et invités pour un entretien en provenance de pays « sous-représentés » d'ici 2025, alors que cette proportion est en moyenne, sur les quatre dernières années, est de 19,5 %. Le CERN dispose de nombreuses collaborations scientifiques et technologiques avec d'autres laboratoires européens et avec des instituts situés dans les États membres et ailleurs. Ces collaborations prennent des formes diverses. Dans certains cas, le CERN contribue directement à des projets réalisés dans les États membres, comme c'est le cas par exemple des tests des aimants pour l'installation FAIR à GSI, en Allemagne, ou du détachement de personnel spécialisé à la Source de spallation européenne en Suède. Dans d'autres cas, le CERN et des instituts situés en Europe et ailleurs collaborent sur des programmes de R&D (par exemple sur les aimants supraconducteurs) ou sur le développement de composants pour des projets du CERN (par exemple des cavités-crabe pour le HL-LHC). De façon plus générale, les États



Le Portail de la science du CERN, nouveau centre d'éducation et de communication grand public, devrait ouvrir ses portes en 2023. (Image : RPBW)

membres et États membres associés retirent un bénéfice des compétences, des outils et des infrastructures d'un niveau exceptionnel développés au CERN, par l'application à des activités menées sur leur territoire. Ces échanges se poursuivront et s'intensifieront dans les années à venir, de nouvelles possibilités apparaissant en particulier du fait de la R&D sur les accélérateurs, de la R&D sur les détecteurs, de la technologie quantique, etc.

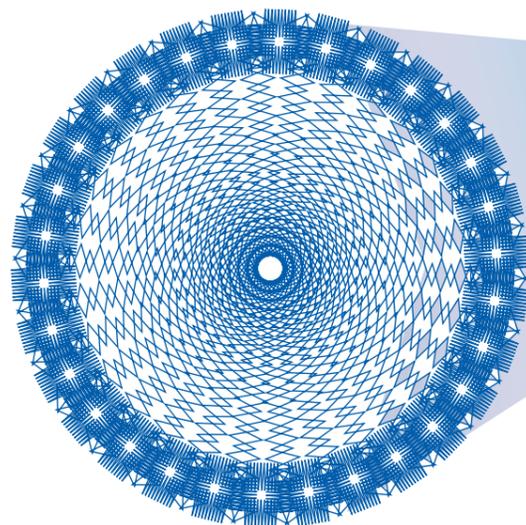
De plus, le CERN déploie des efforts pour renforcer son partenariat avec l'industrie dans les États membres et États membres associés, en particulier par des activités de transfert des connaissances. La création d'entreprises est favorisée par diverses activités, notamment des collaborations avec plusieurs incubateurs d'entreprises des États membres et États membres associés, le but étant de fournir un appui sur mesure à des start-ups utilisant les technologies du CERN. Dans les années à venir, le CERN travaillera avec ses États membres et États membres associés à développer des partenariats mutuellement avantageux avec l'industrie. Les représentants des pays au Forum sur le transfert de connaissances (Forum KT) auront un rôle crucial à jouer dans ce processus. Enfin des rapports sur les activités de transfert des connaissances relatives à chaque État membre ou État membre associé seront produits chaque année.

Un élément important du retour sur investissement est constitué par des **propositions d'éducation scientifique** pour les enseignants et les élèves, ainsi que des projets destinés à susciter l'intérêt actif du public pour la science. Parmi les activités existantes on peut citer les visites guidées des sites (150 000 visiteurs par an, dont 70 % en provenance d'États membres ou États membres associés), deux expositions permanentes (100 000 visiteurs par an), des ateliers pratiques au S'Cool Lab (7 000 participants par an) les programmes nationaux et internationaux à l'intention des enseignants du secondaire (1 000 participants par an), les programmes des étudiants d'été (300 participants par an), ainsi que les expositions itinérantes et les manifestations publiques organisées conjointement dans les États membres et États membres associés. S'appuyant sur l'expérience acquise en matière d'interactions virtuelles pendant la pandémie de COVID-19, la gamme des activités dans le domaine va être élargie, notamment avec des visites virtuelles, un cours en ligne sur la physique des particules et les découvertes et technologies du CERN à l'intention des élèves et des enseignants du secondaire, et d'autres programmes virtuels venant compléter les propositions sur site. Le but est d'accueillir 10 000 élèves et enseignants du secondaire par an sur le cours en ligne d'ici fin 2023.

Le nouveau centre d'éducation et de communication grand public du CERN, le Portail de la science, dont l'ouverture est prévue en 2023, sera au cœur de la mise à disposition de possibilités éducatives supplémentaires proposées aux États membres et États membres associés, avec notamment l'élaboration de contenus éducatifs pouvant être utilisés à domicile, des liaisons en direct avec des manifestations nationales et un riche programme d'expositions temporaires mettant en valeur les activités dans les États membres et États membres associés. Le but est d'accueillir au moins 300 000 visiteurs chaque année au Portail de la science d'ici à fin 2024, soit le double du nombre de visiteurs annuels sur le domaine du CERN. Un deuxième objectif est d'accueillir au Portail de la science 90 élèves du secondaire (30 par an) pour des stages de vacances, grâce à des financements extérieurs, d'ici fin 2025.

# IMPACT DU CERN SUR LA SOCIÉTÉ

*L'un des objectifs principaux de la Direction pour les cinq années à venir est d'accroître l'impact du CERN sur la société, ce qui renforcera la visibilité de l'Organisation et consolidera le soutien qu'elle reçoit des gouvernements et de l'opinion publique.*



L'impact le plus essentiel du CERN sur l'humanité reste la **connaissance scientifique** que produit l'Organisation. Des découvertes telles que celle des bosons W et Z, ou du boson de Higgs, ont constitué de grandes avancées dans notre compréhension du fonctionnement de la nature au niveau le plus fondamental, et de la manière dont l'Univers a pris sa forme actuelle. Pour assurer un avenir brillant au CERN et à la physique des hautes énergies en Europe, il s'avère essentiel de faire comprendre aux gouvernements et au grand public, par une communication convaincante, efficace et simple, l'importance de la mission scientifique du CERN, de la recherche motivée par la curiosité et du développement de la connaissance considérée comme une fin en soi, ainsi que des perspectives qu'ouvrirait dans ce contexte un collisionneur post-LHC. Davantage d'efforts doivent être déployés sur ce sujet crucial. Le groupe Éducation, communication et activités grand public du CERN travaille avec le Réseau de communication de la physique des particules en Europe (EPPCN) à développer un plan de communication et de participation intégré qui viendra renforcer la vision d'ensemble présentée dans la mise à jour 2020 de la stratégie européenne pour la physique des particules et à mettre en œuvre ce plan dans une approche concertée avec les États membres et États membres associés du CERN.

Depuis sa création en 1954, le CERN a favorisé la collaboration scientifique par-delà les frontières, ainsi que l'inclusivité et la science ouverte, en transcendant les conflits politiques et autres. Les valeurs du CERN, inscrites dans la Convention, sont plus actuelles que jamais. Le « modèle CERN » de coopération mondiale est pris comme exemple par d'autres organisations et structures intergouvernementales (en particulier dans le domaine du changement climatique, de la santé et de l'informatique quantique). La science ouverte, c'est-à-dire le fait que la connaissance, la technologie et l'éducation soient accessibles à tous, constitue un outil crucial pour la réduction des inégalités dans le monde et pour la mise en place d'une société durable. La communication relative aux **valeurs du CERN** sera renforcée et développée par des initiatives ciblées, notamment par des manifestations et activités au Portail de la science et par la célébration du 70e anniversaire du CERN en 2024, à l'occasion duquel une manifestation à fort impact est prévue au CERN et des manifestations satellites pourraient être organisées dans les États membres et États membres associés qui le souhaitent.

Dans le monde actuel, dominé par la technologie, les emplois dans les secteurs relevant des sciences, de la technologie, de l'ingénierie ou des mathématiques connaissent une croissance trois fois supérieure à celle des emplois dans tous les autres secteurs. La **formation scientifique** est donc essentielle pour préparer



**L'installation MEDICIS produit des radio-isotopes non conventionnels utilisés pour la recherche médicale. Elle fait partie des applications médicales des technologies développées pour les accélérateurs et les détecteurs, qui continueront d'être menées au bénéfice de la société. (Image : CERN)**

la main-d'œuvre du futur. La formation fait partie des missions essentielles du CERN et l'Organisation prépare des générations de professionnels talentueux qui seront employés dans des activités de recherche et dans d'autres activités dans les secteurs public et privé. Chaque année, le CERN forme environ 1 700 jeunes, physiciens, ingénieurs, techniciens et étudiants administratifs, grâce à une diversité de programmes (doctorants et étudiants techniques, boursiers, étudiants d'été, apprentis, etc.), activité qui sera renforcée par le nouveau programme à l'intention des nouveaux diplômés mentionné plus haut. En 2019, le CERN a assuré un total de 352 000 journées de formation environ. Un objectif intermédiaire est d'augmenter ce nombre de 10 % d'ici 2025 ; d'autres objectifs seront fixés ultérieurement, en fonction de l'expérience acquise lors du déploiement du programme destiné aux nouveaux diplômés.

À tout moment, on dénombre quelque 3 000 doctorants d'universités du monde entier qui effectuent leur thèse sur des projets du CERN. Beaucoup de ces jeunes participent aux écoles du CERN, extrêmement appréciées, qui sont organisées en différents endroits et portent sur des domaines tels que la physique des hautes énergies, les accélérateurs, l'informatique, l'instrumentation, etc. La plupart des jeunes formés au CERN ou dans les instituts partenaires quittent la discipline et sont recrutés par l'industrie. D'après une enquête récente, leur expérience au CERN leur donne des compétences et des savoir-faire très précieux qui les aident à trouver des emplois correspondant à leur talent et à leurs attentes. Plusieurs initiatives ont été lancées récemment dans les collaborations des expériences, dans le cadre du Comité européen pour les futurs accélérateurs (ECFA) et au CERN (par exemple dans le cadre du programme CERN alumni) pour aider ces jeunes dans leur transition vers l'étape suivante de leur carrière.

Le CERN développe des **technologies de pointe** dans un grand nombre de domaines, en collaboration avec des laboratoires et des instituts situés dans les États membres et ailleurs. Par le passé, certaines de ces technologies ont eu un impact positif et profond sur la société, comme c'est le cas du World Wide Web et des technologies de détecteur qui ont permis de mettre au point la tomographie par émission de positons (scanners TEP). Tout en étant résolue à appuyer toutes les possibilités présentes et futures de développer des technologies utiles à la société, la Direction a choisi de se concentrer essentiellement sur les trois domaines suivants : (ce qui correspond aux priorités annoncées par la Présidente de la Commission européenne) : environnement et durabilité ; santé ; informatique.

Trois axes de développement principaux ont été identifiés dans le domaine de l'**environnement** et de la **durabilité** :

- Réduire au minimum l'impact du Laboratoire sur l'environnement par la mise en œuvre des recommandations régulièrement mises à jour du Comité directeur pour la protection de l'environnement du CERN (CEPS) dans 11 domaines environnementaux hautement prioritaires. Des ressources significatives (environ 25 MCHF sur la période 2019-2023) ont été dégagées sur le budget du CERN pour financer ces activités, qui comprennent, entre autres, la R&D sur de nouveaux gaz, respectueux de l'environnement, pour les détecteurs de physique des particules, et la construction

de bassins de rétention d'eau pour limiter le risque de pollution chimique. Le premier rapport public sur l'environnement, décrivant la situation actuelle et fixant des objectifs ambitieux pour le futur, a été publié en 2020. Le prochain sera publié en septembre 2021 et, par la suite, il y aura une nouvelle édition tous les deux ans. Un membre du personnel titulaire a récemment été nommé responsable de l'« approvisionnement vert », le but étant d'inclure la prise en compte de l'environnement dans les activités du CERN en matière d'achats. Par ces initiatives, le CERN vise à devenir un modèle de transparence et de prise en charge responsable de l'environnement parmi les organismes de recherche.

- Réaliser des actions et développer des technologies en matière d'économies d'énergie et de recyclage de l'énergie, sous la supervision du Comité pour la gestion de l'énergie. La rénovation de la zone Est pendant le deuxième long arrêt a donné lieu à l'installation d'aimants pulsés et d'un système de récupération d'énergie entre les cycles, ce qui permettra des économies pouvant aller jusqu'à 90 % de l'énergie consommée par l'accélérateur dans cette zone. Des améliorations similaires seront apportées pour la rénovation de la zone Nord, qui sera menée à bien au cours de l'arrêt LS3. Un projet de récupération de la chaleur issue des tours de refroidissement au point 8 du LHC pour chauffer un lotissement neuf dans la commune voisine de Ferney-Voltaire devrait être mené à bien en 2022. Un projet de récupération de chaleur est également envisagé au point 1 du LHC. Une fois opérationnel, mi-2023, le nouveau Centre de calcul de Prévessin alimentera en chauffage les bâtiments du site de Prévessin. Enfin, dans le cadre de la R&D sur les accélérateurs, des technologies telles que les klystrons à haute efficacité sont en cours de développement, pour une production de puissance efficace pour les futurs collisionneurs, cette technologie ayant aussi un potentiel d'applications dans l'industrie.
- Identifier et développer les technologies du CERN qui peuvent contribuer à atténuer l'impact de la société sur l'environnement. On peut citer les technologies du vide, utiles pour la construction des panneaux solaires, et les liaisons supraconductrices à haute température critique (telles que celles développées pour les lignes haute intensité en cours de construction pour le HL-LHC) pour le transport d'électricité avec des pertes minimales. Le développement et le transfert de ces technologies vers la société sont menés à bien moyennant une collaboration entre le secteur Accélérateurs et technologies, l'Unité Santé et sécurité au travail et protection de l'environnement (HSE) et le groupe KT.

En ce qui concerne la **santé**, le CERN compte à son actif de nombreux transferts de connaissances dans le domaine des applications médicales, concernant en particulier l'utilisation de technologies d'accélérateur et de détecteur pour le traitement du cancer et l'imagerie médicale. La stratégie approuvée par le Conseil en juin 2017 (CERN/3311) en constitue le cadre de base. La section Applications médicales du groupe KT promeut, appuie et coordonne les initiatives lancées dans l'ensemble de l'Organisation. Parmi les projets qui seront menés au cours de la période 2021-2015, on peut citer : un programme de R&D sur les technologies d'accélérateur critiques pour une thérapie par ions innovante (étude NIMMS - Next Ion Medical Machine Study), comprenant les technologies des aimants, des linacs à ions, des conceptions de synchrotron améliorées et des portiques supraconducteurs ; une installation de radiothérapie, située au Centre hospitalier universitaire de Lausanne, assurant une irradiation au moyen de sursauts ultra-rapides d'électrons (FLASH) s'appuyant sur la technologie du CLIC ; l'exploitation de l'installation MEDICIS pour des radio-isotopes non conventionnels ; des détecteurs et de l'électronique pour l'imagerie et la dosimétrie ; et enfin des technologies informatiques pour le stockage, la gestion et l'analyse des données. Toutes ces initiatives sont menées en partenariat avec des instituts des États membres et des États membres associés. Le CERN continuera à collaborer avec des partenaires extérieurs (hôpitaux, centres de recherche, industrie) afin de déterminer de nouvelles possibilités, au-delà des applications déjà connues, de transfert de ses technologies au domaine médical.

Depuis toujours, la physique des hautes énergies est à l'avant-poste de l'innovation informatique : invention du web, déploiement d'infrastructures de grande envergure telles que la Grille de calcul pour le LHC (WLCG), développement d'outils de simulation et de traitement et de stockage des données qui trouvent des applications dans d'autres domaines de la recherche et de la société.

Dans un monde où se multiplient les innovations et les initiatives en matière de technologies de l'information, la communauté du CERN a un rôle important à jouer étant donné le volume de données produit par les expériences (actuellement de l'ordre de l'exaoctet), les problèmes spécifiques à résoudre et la complexité des algorithmes requis. Au cours des années à venir, le CERN, en collaboration avec les instituts et l'industrie dans les États membres et ailleurs, et dans le cadre d'initiatives telles que « Technologies quantiques » (QTI) et CERN openlab, poursuivra et développera les programmes de R&D et de formation dans des domaines dans lesquels il peut faire bénéficier la société de son expertise exceptionnelle, notamment l'intelligence artificielle, la technologie quantique, les répertoires de données en libre accès, etc.

# CONCLUSIONS

**Le CERN est le plus grand atout de l'Europe dans le domaine de la physique des particules, et constitue une source d'inspiration et de fierté pour les physiciens du monde entier, un moteur de la technologie et de l'innovation, un carrefour des connaissances, de la formation et de l'éducation, et un exemple exceptionnel de coopération scientifique au niveau mondial. La vision et les objectifs présentés dans le présent document visent à préserver et développer le rôle multidimensionnel du CERN et à le rendre plus visible et mieux reconnu, afin d'assurer à l'Organisation un avenir brillant.**

