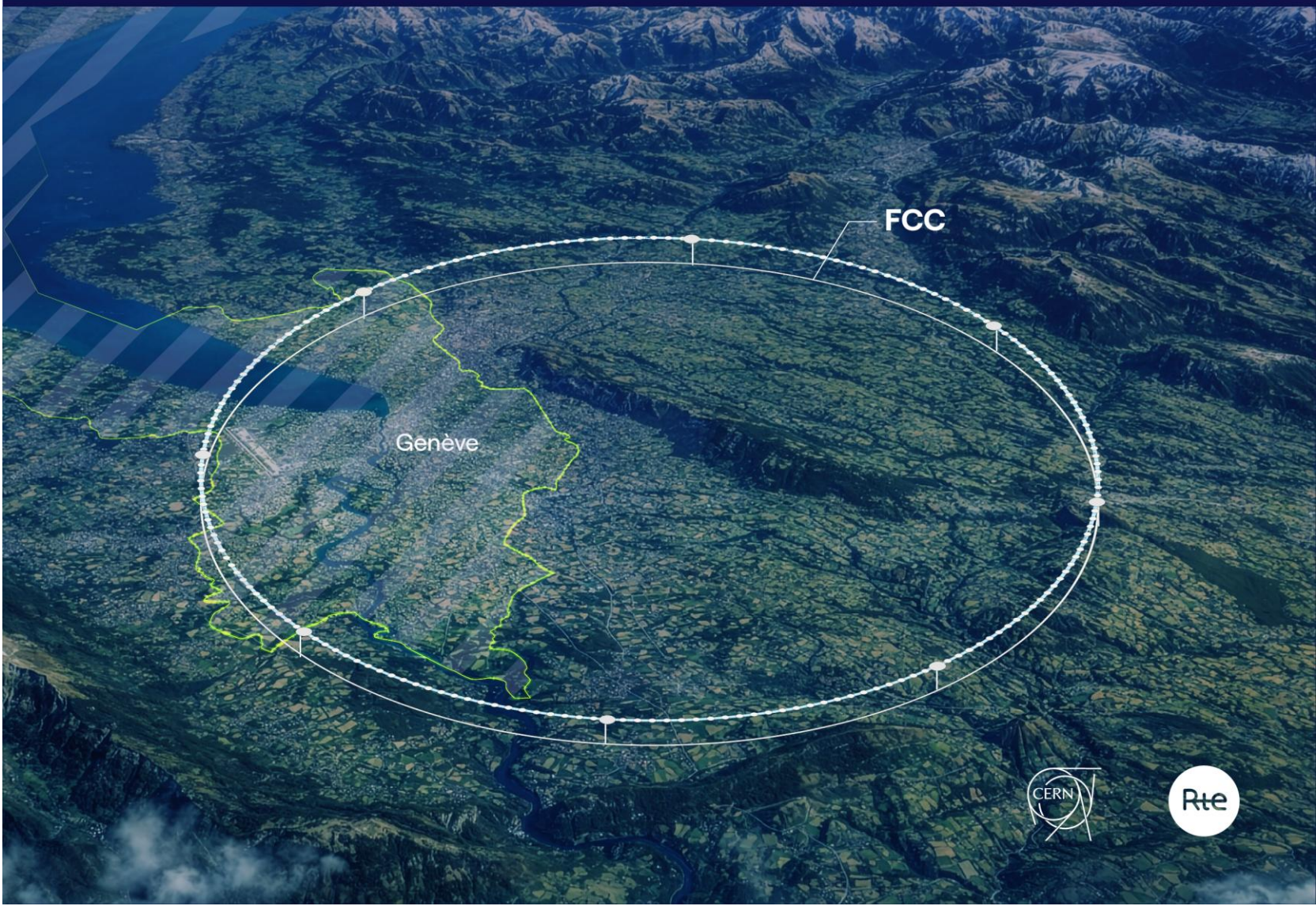


NOTE D'ÉCLAIRAGE : LA STRATÉGIE EUROPÉENNE
POUR LA PHYSIQUE DES PARTICULES EN 2026

Projet du Futur Collisionneur Circulaire

DÉBAT PUBLIC EN FRANCE, SOUS L'ÉGIDE DE LA COMMISSION NATIONALE
DU DÉBAT PUBLIC, DU **2 JUIN** AU **1^{ER} OCTOBRE 2026**

CONCERTATION PUBLIQUE EN SUISSE, SOUS L'ÉGIDE DE TIERS GARANTS
EXPERTS, DU **18 MAI** AU **2 OCTOBRE 2026**



La stratégie européenne pour la physique des particules en 2026

Depuis 2006, le Conseil du CERN organise régulièrement des exercices pour définir une stratégie européenne cohérente en physique des particules. Ces exercices permettent de consulter largement la communauté de la physique et d'aider à planifier le long terme pour la discipline au CERN et dans les différents pays. Après les mises à jour de 2013 et 2020, le Conseil a adopté une résolution pour la mise à jour de la stratégie lors d'une session extraordinaire du Conseil, tenue à Budapest le 22 mai 2026. L'un des principaux enjeux de cette édition portait sur le choix d'un futur grand projet pour le CERN après l'arrêt du LHC, prévu vers 2040. À l'issue d'une comparaison des différentes options, le Groupe européen de la stratégie, composé de représentants scientifiques et institutionnels des États membres, a recommandé en priorité le FCC-ee. Le Conseil a ensuite chargé la direction du CERN de mener une étude d'avant-projet afin de consolider la faisabilité de cette option, de préparer, pour la session de mars 2028, et de produire les éléments nécessaires à l'évaluation du projet par les États membres et à une décision du Conseil en 2028 ou 2029.

DÉROULEMENT DE LA STRATÉGIE EUROPÉENNE 2026

Le Conseil du CERN est l'organe de gouvernance suprême de l'Organisation. Il réunit deux délégués par État membre, nommés par les gouvernements. Chaque pays dispose d'une voix, et les positions nationales sont généralement arrêtées à l'issue de concertations interministérielles avant les sessions du Conseil.

En mars 2024, le Conseil du CERN a lancé la mise à jour de la stratégie en physique des particules. Ce processus a conduit à la création d'un secrétariat scientifique, d'un comité chargé d'évaluer les propositions avec des experts des différents domaines, ainsi que du Groupe européen de la stratégie, réunissant des représentants de chaque État membre et des grands laboratoires nationaux européens.

À la suite d'un appel à contributions ouvert au niveau mondial, plus de 260 contributions ont été reçues¹, présentées et discutées lors du Symposium ouvert de Venise² en juin 2025. Le comité d'évaluation les a ensuite analysées sous l'angle des thèmes scientifiques, des technologies nécessaires ainsi que des contributions institutionnelles et individuelles. Son rapport, de plus de 250 pages, publié en novembre 2025, a servi de base aux travaux du Groupe européen de la stratégie lors de la session de formulation des recommandations³ de la stratégie tenue à Ascona en décembre 2025. Le document final a ensuite été présenté au Conseil du CERN, qui a décidé de la mise à jour de la stratégie en mai 2026⁴.

Les recommandations s'articulent autour des orientations suivantes :

- Le FCC-ee est retenu comme option prioritaire pour le prochain grand collisionneur du CERN, en raison de l'ampleur de son programme scientifique et de sa maturité technologique.
- Une version à périmètre réduit (« descoped ») du FCC-ee est envisagée en cas de financements restreints. Elle permettrait de réduire les coûts de construction, au prix d'une ambition scientifique plus modeste.
- À l'issue de l'exploitation du FCC-ee, le tunnel et une grande partie des infrastructures pourraient être réutilisés pour un futur collisionneur de hadrons FCC-hh, capable d'explorer des énergies environ sept fois supérieures à celles du LHC.

¹ <https://home.cern/fr/european-strategy-particle-physics-community-input-received/>

² <https://home.cern/fr/venice-event-brings-future-particle-physics-focus/>

³ <https://home.cern/fr/european-strategy-particle-physics-reaches-important-milestone/>

⁴ <https://home.cern/fr/the-cern-council-decided-to-update-the-european-strategy-for-particle-physics/>

LES PRINCIPALES OPTIONS EXAMINÉES

Avant d'aboutir à ces conclusions, plusieurs options ont été étudiées. Les considérations principales pour des projets dont la faisabilité technique permettrait une mise en service entre 2045 et 2050 sont résumées dans la suite. Des projets comme le collisionneur à muons ou le FCC-hh ne sont donc pas examinés plus en détail dans cette section, les technologies n'étant pas matures pour envisager ces projets à une telle échéance. La stratégie a également pris en compte le contexte international et la possibilité qu'un collisionneur circulaire électron-positron comparable soit réalisé ailleurs dans le monde.

Collisionneur circulaire : le Future Circular Collider électron-positron (FCC-ee)

Le FCC-ee est un collisionneur électron-positron de 91 km de circonférence, conçu pour produire des collisions entre 90 et 350 GeV sur une période d'environ 15 ans. Il offrirait un programme de physique de précision particulièrement riche, incluant des tests très poussés du Modèle standard, une étude approfondie du boson de Higgs, de nouvelles mesures des asymétries matière-antimatière dans le secteur des quarks, une meilleure compréhension des interactions entre quarks et gluons, ainsi que la première production de quarks top dans un collisionneur électron-positron, ouvrant la voie à des mesures de grande précision sur cette particule.

Sa faisabilité technique a été établie par une étude approfondie, qui a également permis de définir son périmètre et son coût. Plusieurs scénarios de financement ont été élaborés, avec un calendrier prévoyant les premiers faisceaux cinq à sept ans après l'arrêt du LHC.

Les scénarios du FCC redimensionné ("descoped") envisagent notamment une limitation de l'énergie à environ 250 GeV, ce qui supprimerait la campagne de production de quarks top, ainsi qu'une réduction du nombre de régions d'interaction et d'expériences de quatre à deux, accompagnée d'une baisse de la puissance du système radiofréquence. Ces ajustements permettraient de réduire le coût de construction d'environ 15 %. En effet, les collisionneurs circulaires permettent d'accumuler et de faire circuler un grand nombre de paquets de particules dans un anneau. Aux points des expériences, quelques particules entrent en collision tandis que les autres continuent de circuler et alimentent de futures collisions : plus il y a de points d'interaction, plus il y a de collisions. Malgré une diminution sensible de l'ambition scientifique et de la précision des mesures, un FCC-ee redimensionné conserverait un programme de physique solide et resterait compatible avec une évolution ultérieure vers un FCC-hh. Par ailleurs, si des ressources supplémentaires devenaient disponibles, certaines de ces réductions pourraient être levées afin de se rapprocher du scénario nominal initialement envisagé.

Collisionneurs linéaires : le collisionneur linéaire à radiofréquence (LCF) et le collisionneur compact linéaire (CLIC)

Les projets LCF et CLIC reposent sur une approche différente de celle du FCC-ee : au lieu d'un grand anneau circulaire, ils utilisent des accélérateurs linéaires nécessitant un tunnel qui atteindrait au minimum 20 à 30 kilomètres. À l'inverse des collisionneurs circulaires, dans un collisionneur linéaire, les particules ne se croisent qu'en un seul point, puisqu'elles se déplacent en ligne droite et ne peuvent ni être stockées ni réutilisées après la collision. Il est possible d'alterner différentes expériences à ce point de collision, mais le nombre total de collisions n'augmente pas.

L'atout principal des collisionneurs linéaires est leur capacité à atteindre des énergies élevées, jusqu'à 550 GeV pour le LCF et 1500 GeV pour CLIC, ainsi que la possibilité de produire des faisceaux polarisés. Ils permettraient des résultats comparables sur certaines particules clés, comme le boson de Higgs ou le quark top. En revanche, leurs performances sont plus limitées aux basses énergies, et leur potentiel est plus restreint pour les mesures de précision du Modèle standard, l'étude des asymétries matière-antimatière dans le secteur des quarks et l'analyse des interactions entre quarks et gluons.

Le LCF serait d'abord exploité à 250 GeV, avec une extension possible jusqu'à 550 GeV. À 550 GeV, son coût de construction serait comparable à celui du FCC-ee. Les premières idées datant des années 1990, sa technologie est déjà très avancée. Une montée à 10 TeV, comparable aux énergies atteintes par le FCC-hh, nécessiterait une accélération par « champ de sillage plasma », une technologie dont la viabilité n'a

pas encore été démontrée. Par conséquent, pour les collisionneurs linéaires, il n'y a pas de chemin clair vers une 2^{ème} phase explorant la frontière des très hautes énergies.

La stratégie souligne que les collisionneurs linéaires constituent des projets scientifiquement solides et technologiquement avancés. Ils ont été considérés comme des alternatives crédibles, mais n'ont pas été retenus comme option prioritaire au regard de l'ensemble des critères examinés.

Collisionneurs dans le tunnel du LHC : LEP3 et LHeC

LEP3 et LHeC utiliseraient le tunnel du LHC et offriraient un programme de physique intermédiaire pour un coût de construction nettement inférieur à celui des autres options. Aucune de ces deux machines ne pourrait toutefois constituer, à elle seule, un projet phare. Pour s'inscrire dans une stratégie scientifique de long terme, elles devraient être complétées par une machine capable d'explorer la frontière des très hautes énergies, comme un collisionneur de hadrons.

LEP3

Le projet LEP3 consisterait à réutiliser le tunnel actuel du LHC pour y installer un collisionneur électron-positron, faisant référence au programme LEP des années 1990. Cette solution serait relativement économique et tirerait parti d'infrastructures déjà existantes. Elle permettrait d'améliorer sensiblement la précision des mesures du boson de Higgs et de poursuivre des études sur le Modèle Standard de la physique des particules, sous réserve d'un taux de collisions suffisant, ce qui à ce stade des études est moins garanti qu'au FCC-ee. Son énergie maximale resterait toutefois limitée, ce qui empêcherait d'aborder certaines questions majeures, comme la production du quark top. LEP3 ne pourrait donc pas, à lui seul, constituer un projet structurant pour l'avenir de la discipline.

LHeC

Le LHeC suivrait une logique différente, en faisant entrer en collision des électrons avec les protons déjà accélérés dans le LHC. Les électrons quant à eux seront issus d'un nouvel accélérateur du type « Energy Recovery Linac » dont la faisabilité reste à être démontrée. Cette machine serait particulièrement utile pour mieux comprendre la structure du proton et les interactions entre quarks et gluons. Elle apporterait aussi des avancées sur certaines mesures liées au boson de Higgs. Son champ scientifique resterait cependant ciblé et ne couvrirait pas l'ensemble des grandes questions ouvertes de la physique des particules. Il s'agirait donc d'un projet complémentaire, précurseur d'un FCC-hh, plutôt que d'une future installation centrale capable de porter à elle seule le programme scientifique à long terme.