



Accelerating science - Accélérateur de science



Contents

- 4. Highlights
- 8. Seeking
- 10. Advancing
- 12. Uniting
- 14. Training
- 16. The future

What is the Universe made of? Where did it come from, where is it going and why does it behave the way it does? These are some of the questions that CERN set out to address when a small number of pioneering scientists created Europe's first scientific international organization. Founded in 1954, in the aftermath of the Second World War, CERN is not only a first-class centre for fundamental research but also a pioneering adventure in international collaboration.

Sommaire

- 4. Les années phare
- 8. Chercher
- 10. Repousser
- 12. Unir
- 14. Former
- 16. L'avenir

De quoi l'Univers est-il fait ? D'où vient-il ? Quelles sont les lois qui régissent son évolution ? C'est pour répondre à ces questions – et bien d'autres encore – que fut fondé le CERN, en 1954. Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, une poignée de scientifiques visionnaires créèrent le CERN, la première organisation scientifique internationale en Europe. Devenu l'un des principaux centres de recherche fondamentale, il est aussi une aventure fondatrice pour la coopération internationale.

Highlights

Les années phare

1954

CERN, the European Organization for Nuclear Research, is founded. Today, a prime example of international collaboration, it has 22 Member States and attracts over 10 000 scientists from institutes in more than 60 countries.



Création du CERN, Organisation européenne pour la Recherche nucléaire. Modèle de collaboration internationale, le CERN rassemble aujourd'hui 22 États membres et plus de 10 000 scientifiques provenant d'instituts de plus de 60 pays.

1957

The Synchrocyclotron, CERN's first accelerator, begins operation.



Démarrage du premier accélérateur du CERN, le Synchrocyclotron.

1959

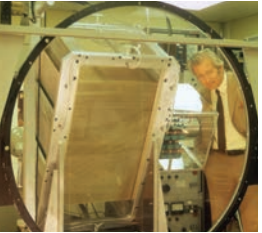
The first of CERN's big machines, the Proton Synchrotron (PS), starts up. Today, the PS is still the heart of CERN's unique accelerator complex.



La première des grandes machines du CERN, le Synchrotron à protons (PS), est mise en marche. Elle constitue toujours le cœur du complexe d'accélérateurs du CERN, unique au monde.

1968

Georges Charpak invents the multiwire proportional chamber. Conceived to measure particles, it has revolutionized particle physics and found many other applications. Charpak received the Nobel Prize for his invention in 1992.



Georges Charpak révolutionne les techniques de détection des particules avec la chambre proportionnelle multifils, qui trouve de multiples applications au-delà de la physique des particules. En 1992, il reçoit le prix Nobel pour cette invention.

1971

The Intersecting Storage Rings (ISR) start operation. The world's first hadron collider, the ISR marked a transition from research with beams striking fixed targets to experiments studying colliding beams.



Mise en service des Anneaux de stockage à intersections (ISR). Premier collisionneur de hadrons, les ISR marquent la transition entre les expériences à faisceaux projetés sur cible fixe et celles basées sur des collisions entre faisceaux.

1973

The discovery of neutral currents by the Gargamelle experiment brings evidence for the electroweak theory. By explaining two fundamental forces of nature in a single framework, this theory constitutes an important step in our understanding of nature.



L'expérience Gargamelle découvre les courants neutres. Elle apporte une confirmation de la théorie électrofaible, qui unifie dans un même cadre deux forces fondamentales. Une étape importante dans la compréhension de la nature.

1976

The Super Proton Synchrotron (SPS), 7 kilometres in circumference, comes into service. Supplying beams to a huge variety of experiments, the SPS later becomes the world's first proton-antiproton collider.



Le Supersynchrotron à protons (SPS), d'une circonférence de 7 km, entre en service. Fournissant des faisceaux pour une grande variété d'expériences, le SPS deviendra ultérieurement le premier collisionneur proton-antiproton du monde.

1983

CERN experiments discover the W and Z particles – carriers of the weak interaction. This discovery underlines the observation by Gargamelle, and leads to a Nobel Prize for Carlo Rubbia and Simon van der Meer in 1984.



Des expériences du CERN découvrent les particules W et Z, porteuses de l'interaction faible. Cette découverte, confirmant celle de Gargamelle, vaudra le prix Nobel de physique 1984 à Carlo Rubbia et Simon van der Meer.

1989

The Large Electron Positron collider (LEP) 27 kilometres in circumference, begins operation. The LEP experiments showed that just three families of matter particles exist, and confirmed the Standard Model of particle physics with extraordinary precision.



Le Grand collisionneur électron-positon (LEP), de 27 km de circonférence, est mis en service. Les expériences du LEP montrent qu'il n'existe que trois familles de particules et confirment le Modèle standard de la physique des particules avec une extraordinaire précision.

Tim Berners-Lee presents his blueprint for the World Wide Web under the innocuous title 'Information Management: A proposal'. The first web server was up and running by the end of 1990 and three years later CERN made the software available on a royalty-free basis.



Tim Berners-Lee présente son projet de World Wide Web derrière le titre sibyllin « Organisation de l'information : une proposition ». Le premier serveur web est opérationnel fin 1990 et, trois ans plus tard, le CERN met le logiciel à disposition gratuitement.

1993

The NA31 collaboration announces precise results on a phenomenon known as CP violation, indicating a tiny difference between matter and antimatter.



La collaboration NA31 annonce des résultats précis sur un phénomène connu sous le nom de violation de CP, qui pourrait en partie expliquer l'infime différence entre matière et antimatière.

1995

The first antihydrogen atoms are created at the PS210 experiment using a beam from the Low Energy Antiproton Ring (LEAR).



Les premiers atomes d'antihydrogène sont créés auprès de l'expérience PS210 avec un faisceau de l'Anneau d'antiprotons de basse énergie (LEAR).

1999

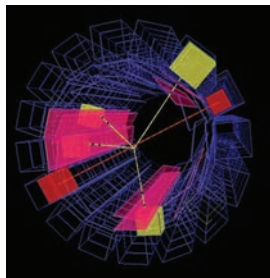
Construction of the Large Hadron Collider (LHC) begins. The most complex scientific instrument ever built, it occupies the 27-kilometre tunnel built for LEP, which shut down in 2000.



Début de la construction du Grand collisionneur de hadrons (LHC). Instrument scientifique le plus complexe jamais construit, il occupe les 27 kilomètres du tunnel du LEP, arrêté en 2000.

2002

The ATHENA and ATRAP experiments at the Antiproton Decelerator (AD) produce thousands of 'cold' antihydrogen atoms allowing a first glimpse inside antimatter.



Les expériences ATHENA et ATRAP auprès du Décélérateur d'antiprotons (AD) produisent des milliers d'atomes d'antihydrogène « froids », donnant un premier aperçu de l'intérieur de l'antimatière.

2004

The Globe of Science and Innovation – a gift from the Swiss Confederation – is inaugurated on 19 October as part of CERN's 50th anniversary celebrations. The Globe hosts a permanent exhibition: Universe of Particles.



Le Globe de la science et de l'innovation, un cadeau de la Confédération suisse, est inauguré le 19 octobre, dans le cadre du 50e anniversaire du CERN. Il abrite l'exposition permanente Univers de particules.

2008

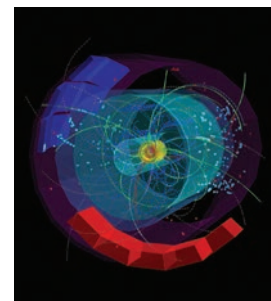
The LHC circulates its first beam on 10 September.



Le 10 septembre, les premiers faisceaux circulent dans le LHC.

2010

The LHC produces its first high-energy collisions at the end of March, allowing the exploration of physics to begin at a new frontier.



Le LHC produit ses premières collisions à haute énergie fin mars, ouvrant la voie aux études de la physique aux frontières des hautes énergies.

2012

At CERN on 4 July, the ATLAS and CMS collaborations present evidence in the LHC data for a particle consistent with a Higgs boson, the particle linked to the mechanism proposed in the 1960s to give mass to the W, Z and other particles.



Le 4 juillet, les collaborations ATLAS et CMS présentent au CERN des données du LHC indiquant l'existence d'une particule aux propriétés compatibles avec celles d'un boson de Higgs, la particule associée au mécanisme proposé dans les années 1960, par lequel les particules W, Z et autres acquièrent leur masse.

2013

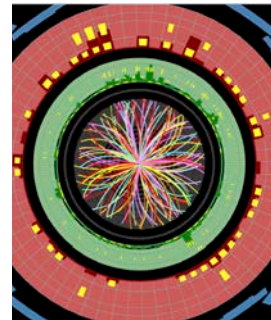
Further analysis confirms that the new particle is a Higgs boson, leading to the award of the Nobel Prize in Physics to François Englert and Peter Higgs for proposing the mechanism giving mass to elementary particles.



D'autres analyses confirment que la nouvelle particule est un boson de Higgs. François Englert et Peter Higgs obtiennent le prix Nobel de physique pour avoir proposé le mécanisme par lequel les particules élémentaires acquièrent leur masse.

2015

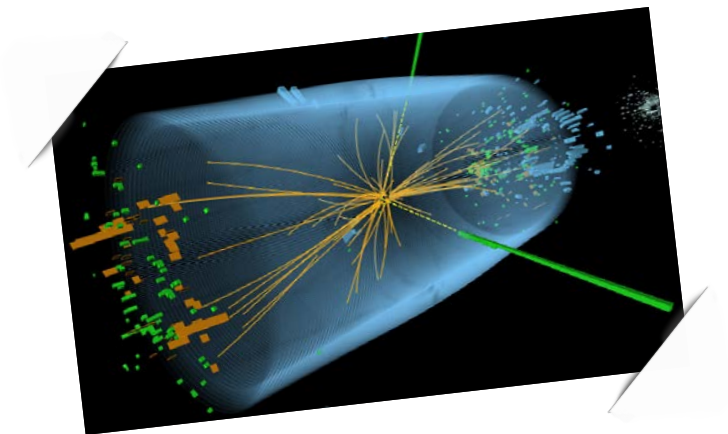
After its first 2-year long shutdown, the LHC starts Run 2 at a new record collision energy of 13 TeV.



Après un premier arrêt de deux ans, la deuxième période d'exploitation du LHC a commencé, à une énergie record de 13 TeV.

Seeking

answers to questions about the Universe



Curiosity is as old as humankind, and it is CERN's raison d'être. When the Laboratory was founded, the structure of matter was a mystery. Today, we know that all visible matter in the Universe is composed of a remarkably small number of particles, whose behaviour is governed by four distinct forces. CERN has played a vital role in reaching this understanding.

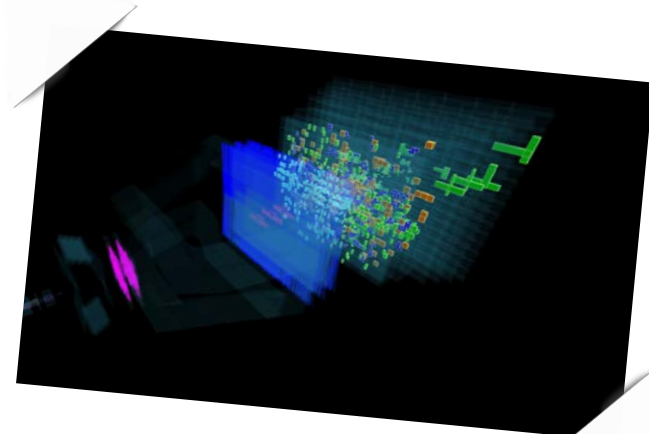
Throughout the 1960s, theories were advanced to explain two forces – the weak force and the electromagnetic force – in the same framework. In the 1970s, a CERN experiment brought the first experimental evidence for these ideas, and in the 1980s the discovery of the W and Z particles – carriers of the weak force – brought confirmation of the theory. CERN researchers Simon van der Meer and Carlo Rubbia shared the 1984 Nobel Prize in physics for this discovery.

During the 1990s, CERN experiments designed in light of this discovery tested the so-called electroweak theory with extreme precision, putting it on solid experimental ground. In 2010, the LHC started to provide particle collisions in a new high-energy domain, leading to the discovery at CERN of a Higgs boson – long sought as the particle linked to the mechanism that gives mass to elementary particles.

Have we reached the end of the road in understanding nature? Far from it. There is still much to learn about the Higgs boson, and many other puzzles remain about how and why matter in the Universe is the way it is.

Chercher

des réponses aux énigmes de l'Univers



La curiosité est sœur de l'humanité et c'est aussi la raison d'être du CERN. À la création du Laboratoire, la structure de la matière était un mystère. Aujourd'hui, nous savons que toute la matière visible de l'Univers est composée d'un nombre restreint de particules, dont le comportement est régi par quatre forces distinctes. Le CERN a joué un rôle essentiel dans l'élaboration de cette connaissance.

Dans les années 1960, les théoriciens unifièrent dans un même cadre deux forces fondamentales entre particules élémentaires, la force faible et la force électromagnétique. Dans les années 1970, une expérience du CERN leur donna une première preuve expérimentale. Et les années 1980 virent la découverte des messagers de la force faible, les particules W et Z, confirmant ainsi la théorie. En 1984, Simon van der Meer et Carlo Rubbia, chercheurs au CERN, furent récompensés par le prix Nobel de physique.

Durant les années 1990, les expériences du CERN, conçues à la lumière de ces découvertes, confirmèrent la théorie électrofaible avec une précision extrême, lui conférant un solide fondement expérimental. En 2010, le LHC a commencé à faire entrer en collision des particules dans un nouveau domaine de très hautes énergies. S'en est suivie la découverte au CERN d'un boson de Higgs, particule longtemps recherchée, liée au mécanisme par lequel les particules élémentaires acquièrent leur masse.

La conquête de la connaissance de la nature est-elle pour autant achevée ? Loin s'en faut ! Il y a encore beaucoup de choses à découvrir sur le boson de Higgs et d'autres énigmes à résoudre concernant la matière présente dans l'Univers.

Advancing the frontiers of technology

Fundamental research is CERN's primary mission, but the Laboratory also plays a vital role in developing the technologies of tomorrow. From materials science to computing, particle physics demands the ultimate in performance, making CERN an important test-bed for industry.

The best-known CERN technology is the World Wide Web, invented to allow an ever increasing number of scientists to share information. For many of us today, life without the Web seems inconceivable. Equally revolutionary is the Grid, which harnesses the power of computers around the world. It has been developed at CERN to process the vast amounts of data collected by the LHC experiments.

CERN's basic tools – particle accelerators and detectors – also have applications in everyday life. Invented as tools for research, there are thousands of particle accelerators in operation in the world today, of which only a small percentage are used in basic research. The vast majority find applications ranging from medical diagnosis and therapy to computer chip manufacture.



Electronic particle detection techniques have revolutionized medical diagnosis. Detectors invented by Georges Charpak in 1968 allow X-ray images to be made using a fraction of the dose required by photographic methods. Crystals developed for CERN experiments in the 1980s are now ubiquitous in PET scanners. And today, developments for a new generation of CERN detectors are allowing PET and MRI imaging techniques to be combined in a single device.

Without the know-how obtained in particle physics, progress in many fields would have been much slower. CERN, in partnership with industry, gives companies expertise that they can apply elsewhere, enabling CERN technology to reach society quickly for the benefit of everyone.

Repousser les frontières de la technologie

La recherche fondamentale est la raison d'être du CERN, mais le Laboratoire joue aussi un rôle clef dans le développement de certaines technologies du futur. De la science des matériaux, à l'informatique, la physique des particules exige toujours de meilleures performances : le CERN constitue un champ d'expérimentation remarquable pour l'industrie.

Le World Wide Web est l'innovation technologique la plus connue du CERN. D'abord imaginé pour permettre aux scientifiques de partager l'information, il est aujourd'hui indispensable pour beaucoup d'entre nous. Tout aussi révolutionnaire, la Grille, qui regroupe la puissance de calcul d'ordinateurs du monde entier. Elle a été développée au CERN et est utilisée pour traiter les gigantesques quantités de données recueillies par les expériences LHC.

Les instruments du CERN – accélérateurs et détecteurs de particules – trouvent également des applications dans la vie quotidienne. Conçus originellement pour la recherche, les accélérateurs de particules se comptent aujourd'hui par milliers dans le monde, dont un petit nombre seulement sont utilisés pour la recherche fondamentale. La plupart ont des applications diverses : diagnostic médical, thérapie ou fabrication de puces informatiques.



Les techniques de détection électronique des particules ont révolutionné le diagnostic médical. Les détecteurs inventés par Georges Charpak en 1968 permettent d'obtenir des images par rayons x avec une dose bien inférieure à celle requise par les méthodes photographiques. Les cristaux développés dans les années 1980 pour les expériences du CERN sont maintenant omniprésents dans les scanners TEP. Aujourd'hui, une nouvelle génération de détecteurs conçus au CERN permet de combiner les techniques d'imagerie TEP et IRM dans un seul dispositif.

Sans le savoir-faire acquis en physique des particules, bien des domaines auraient progressé moins rapidement. Le CERN collabore avec le secteur industriel, lui procurant une expertise qu'il peut appliquer dans d'autres domaines. Les innovations technologiques du Laboratoire se diffusent ainsi rapidement dans la société, pour le bien de tous.

Uniting bringing nations together through science

There is a place at CERN where arguably most discoveries are made, new ideas flourish, old techniques are refined and groundbreaking experiments are designed. This place is not some huge underground hall or experimental installation; it is the cafeteria, where people from around the world gather for informal meetings over coffee.

The diversity seen here, and the ease with which people collaborate towards a common scientific goal, is one of CERN's greatest achievements and a testimony to the universal language of science.

It is a tribute to the foresight of CERN's founding Member States that instead of pursuing 12 national agendas they chose a common path for fundamental physics. Today, CERN's membership has grown to 22, and scientists from more than 60 countries come here to pursue their shared goals.



Over the years, CERN has always been open to the scientific communities of all nations, overcoming political barriers. CERN scientists worked with their Soviet and US counterparts throughout the cold war. It is no accident that many Eastern European countries joined CERN soon after the fall of the Berlin wall. And today, scientists from all regions of the world rub shoulders at the Laboratory.

CERN was the prototype for scientific collaboration in Europe, and has given rise to organizations with remits ranging from astronomy to biology. The latest organization to follow in CERN's footsteps is SESAME, a laboratory for the Middle East in Jordan. That Israel and the Palestinian Authority should be among the founder members of SESAME may seem surprising, but perhaps no more so than the countries of Europe coming together in the wake of the Second World War to found CERN.

Unir les nations à travers la science

Au CERN, il est un lieu où naissent probablement les plus nombreuses découvertes ; les idées y fleurissent, les techniques y sont perfectionnées et les nouvelles expériences y sont imaginées. Cet endroit n'est ni une immense caverne souterraine ni une installation expérimentale. Cet endroit, c'est la cafétéria. Des scientifiques du monde entier s'y rencontrent autour d'un café, pour des réunions informelles.

La diversité que l'on y observe, la facilité avec laquelle ces personnes collaborent dans un but scientifique comptent parmi les plus grandes réussites du CERN – un témoignage vivant du langage universel de la science.

La clairvoyance des membres fondateurs du CERN fit qu'au lieu de poursuivre 12 programmes nationaux, ils ouvrirent une voie commune pour la physique fondamentale de leur pays. Aujourd'hui, les États membres sont au nombre de 22 et les scientifiques venant d'instituts de plus de 60 pays se côtoient au sein du Laboratoire et poursuivent des buts communs.



Toutes ces années, le CERN a accueilli les communautés scientifiques de toutes origines, transcendant les barrières politiques. Durant la guerre froide, les chercheurs du CERN travaillèrent avec leurs confrères soviétiques et américains. Juste après la chute du mur de Berlin, de nombreux pays d'Europe de l'Est rejoignirent le CERN. Et aujourd'hui, des scientifiques du monde entier se côtoient au sein du Laboratoire.

Le CERN fut pionnier dans la collaboration scientifique européenne et aida de nombreuses organisations à se développer, dans des domaines allant de l'astronomie à la biologie. La dernière organisation en date à suivre le modèle du CERN est le laboratoire SESAME en Jordanie, au Moyen-Orient. Israël et l'Autorité palestinienne font partie des membres fondateurs. Cela peut paraître surprenant, mais c'est pourtant la même philosophie qui conduisit, au sortir de la Seconde Guerre mondiale, les pays européens à coopérer en fondant le CERN.

Training

tomorrow's scientists and engineers



The founding Convention recognized the important role that CERN could play in training Europe's scientists and engineers. The Laboratory offers a unique environment for training – a rich and stimulating melting pot of people and ideas giving its young people an exceptional opportunity to hone their communication and analytical skills.

As a large accelerator laboratory, CERN relies on expertise in many engineering subjects, all of which feature in the recruitment and training programmes. There are opportunities for students in applied physics, engineering and computing to learn on the job at CERN and for technicians to train in fields at the cutting edge of technology. The comprehensive range of training schemes and fellowships attracts many talented young scientists and engineers to the Laboratory.

Many go on to find careers in industry, where their experience of working in a high-tech, multi-national environment is highly valued.

CERN's education and outreach programmes cover all ages of students and schoolchildren. Of the 90 000 visitors who come to CERN each year, the majority are high-school pupils. The Laboratory also runs a residential programme for high-school teachers and a summer programme for undergraduate students. For people further on in their careers, CERN organizes highly-regarded schools in particle physics, computing and accelerators.

Former

les scientifiques et les ingénieurs de demain

La Convention constitutive du CERN a reconnu le rôle primordial que le CERN pouvait jouer dans la formation des scientifiques et des ingénieurs en Europe. Le Laboratoire est un environnement unique pour l'apprentissage - un melting-pot riche et stimulant de personnes et d'idées offrant aux jeunes une chance unique d'aiguiser leurs facultés de communication et d'analyse.

Le CERN est un laboratoire utilisant des installations d'accélération complexes. Il a besoin d'experts dans de nombreuses disciplines scientifiques, une pluridisciplinarité que reflètent ses programmes de formation et de recrutement. Physique appliquée, ingénierie ou informatique, les possibilités pour les étudiants sont nombreuses. Les techniciens, eux, peuvent se former sur des technologies de pointe.



Un éventail complet de programmes de formation et de bourses attire au Laboratoire de nombreux et talentueux jeunes scientifiques et ingénieurs. Beaucoup poursuivent ensuite leur carrière dans l'industrie, où avoir acquis une expérience dans un environnement international et de haute technologie s'avère précieux.

Les programmes d'éducation et de formation du CERN s'adressent à des élèves et étudiants de tous âges. Sur les 90 000 visiteurs qui viennent chaque année au CERN, la majorité sont des élèves du secondaire. Le Laboratoire anime aussi sur son domaine un programme pour les enseignants du secondaire, ainsi qu'un programme d'été pour les étudiants dans leurs premières années d'études. Pour les étudiants plus avancés, le CERN organise des écoles de grande renommée sur la physique des particules, l'informatique et les accélérateurs.

The future

Predicting the future can be difficult. How could anyone have imagined how the World Wide Web would evolve from the first proposal written in 1989, for example? Nevertheless, CERN is well equipped to face its future with confidence. The Laboratory has already entered an exciting new era of discovery with its flagship research facility, the Large Hadron Collider (LHC).

Since CERN's foundation, we have learned a great deal about what the visible Universe is made of. The LHC is now starting to answer the questions of how and why. How do particles get their mass? Why is it that matter dominates antimatter? How did matter evolve in the early Universe? And perhaps most exciting of all, what is the 95% of the Universe that we cannot see made of? Because remarkable as it may seem, visible matter accounts for just around 5% of what we know must exist.



With the restart of the LHC in 2015 after its first long shutdown, it is running at the new record-breaking collision energy of 13 TeV. A subsequent upgrade to increase the intensity of the LHC beams is already in the pipeline. For the longer term, CERN scientists are working on new schemes and novel accelerator technologies that could open up the route to much higher energies.

L'avenir

Prédire le futur peut paraître aussi difficile que d'imaginer l'évolution du World Wide Web à partir de sa première formulation en 1989. Mais le CERN est équipé pour envisager avec sérénité son avenir. Le Laboratoire est déjà entré dans une nouvelle et passionnante ère de découvertes grâce à son accélérateur phare, le Grand collisionneur de hadrons (LHC).

Depuis la création du CERN, nous avons considérablement appris sur la composition de l'Univers visible. Le LHC va nous permettre d'apporter des réponses aux questions du pourquoi et du comment de l'Univers. Comment les particules acquièrent-elles leur masse ? Pourquoi la matière a-t-elle pris le dessus sur l'antimatière ? Comment la matière a-t-elle évolué dans l'Univers primordial ? Et peut-être la question la plus passionnante : de quoi sont faits les 95 % de l'Univers qui nous sont invisibles ? Car le plus remarquable, c'est que la matière visible représente à peine 5 % de ce que nous connaissons.

Après un premier long arrêt, le LHC a redémarré en 2015 à l'énergie record de 13 TeV. Un programme d'améliorations permettant d'accroître encore l'intensité des faisceaux du LHC est prévu. Pour le plus long terme, les scientifiques du CERN travaillent sur de nouveaux systèmes et des technologies d'accélération novatrices, qui pourraient ouvrir la voie à des énergies encore plus élevées.



Photo credit:
CERN
Science Photo Library (p. 6)

CERN
CH-1211 Geneva, Switzerland

Education, Communications
and Outreach Group

CERN-Brochure-2016-004
September / *Septembre* 2016



