

LE LHC

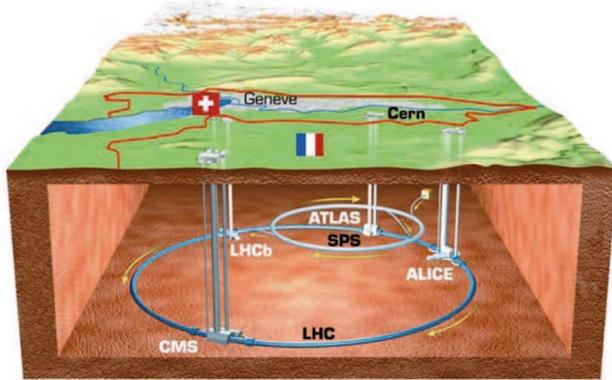
Après deux décennies de préparation, le LHC a commencé à collecter des données au printemps 2010. Les performances de l'accélérateur sont allées crescendo en 2011 et 2012, permettant aux expériences d'obtenir des résultats importants. La seconde phase de prise de données, démarrée à l'été 2015 après deux ans d'arrêt de la machine, s'annonce prometteuse avec une énergie record pour les collisions : 13 TeV.

Le LHC dans le sous-sol franco-suisse

Vue d'artiste (les échelles ne sont pas respectées) de l'accélérateur souterrain LHC.

Les protons produits et mis en forme en amont sont stockés dans un anneau de 7 km de circonférence, le SPS. Ils sont finalement injectés à une énergie de 450 GeV dans le LHC où a lieu l'accélération finale. L'énergie des collisions

proton-proton a augmenté : 7 TeV en 2010 puis 8 TeV en 2011-2012 et 13 TeV à partir de 2015, après le premier arrêt de longue durée (2013-2014).



Le grand collisionneur de hadrons (*Large Hadron Collider*) est un accélérateur souterrain situé à cheval sur la frontière franco-suisse près de Genève. Le LHC est le projet phare du laboratoire européen CERN. Grâce à ses collisions, les plus énergétiques au monde, les milliers de scientifiques qui y participent espèrent améliorer leur compréhension des constituants élémentaires de la matière.

Le cœur du LHC est un anneau de 27 km de circonférence sur lequel sept expériences sont installées. Les quatre principales sont ALICE, ATLAS, CMS et LHCb, les trois autres se nomment LHCf, MOEDAL et TOTEM. Des faisceaux de particules de même type – des protons la plupart du temps, parfois des noyaux de plomb pour des prises de données spécifiques – circulent en sens inverse dans deux tubes à vide à une vitesse très proche de celle de la lumière. En certains points de l'anneau, les faisceaux se croisent au centre de détecteurs qui observent les collisions produites.

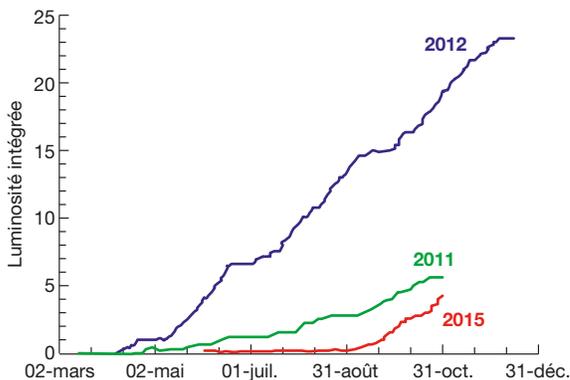
Les protons et les ions plomb sont créés en amont du LHC et traversent une série d'accélérateurs dans lesquels ils sont accélérés et organisés en paquets denses et homogènes. Ce circuit suit l'histoire du CERN puisque les accélérateurs plus anciens sont mis à contribution : le « Super Synchrotron à Protons » (SPS) qui précède

le LHC a ainsi connu son heure de gloire au début des années 1980 avec la découverte des bosons W et Z.

Les caractéristiques du LHC donnent le tournis. Environ 9300 aimants supraconducteurs refroidis à $-271,3^{\circ}\text{C}$, une température plus froide que l'espace intersidéral, se succèdent dans l'anneau. Les tubes à vide ont été débarrassés des molécules susceptibles de gêner la progression des faisceaux : la pression résiduelle y est dix fois inférieure à celle sur la Lune.

En fonctionnement de croisière, l'accélérateur consommera le dixième de la puissance fournie par une centrale nucléaire. Trois cent mille milliards de protons y circuleront à 99,999998 % de la vitesse de la lumière, générant quelque six cents millions de collisions par seconde. Lors de ces dernières, des températures 100 000 fois plus élevées que celles qui règnent au centre du Soleil seront atteintes dans un volume minuscule. Enfin, les données enregistrées par chacune des expériences principales rempliront annuellement l'équivalent d'une pile de CD-ROMs de 20 km de haut.

Le LHC a vraiment démarré à l'automne 2009, un an après un incident sérieux sur une connexion électrique. Les premières collisions proton-proton à des énergies record ont eu lieu le 30 mars 2010 et ont marqué le début de l'exploitation scientifique du collisionneur. Grâce au travail combiné des équipes en charge de l'accélérateur et des détecteurs, les performances du LHC se sont régulièrement améliorées, tant au niveau de la luminosité que de l'énergie des collisions : 7 TeV en 2010, 8 TeV en 2011-2012 et 13 TeV à partir de 2015. L'arrêt technique (réparations, maintenance et améliorations) prévu de longue date et qui a duré environ deux ans a permis au collisionneur et aux détecteurs de se préparer à la seconde phase de prise de données, caractérisée par une énergie et une luminosité sans précédent.



Tunnel du LHC

Cette vue du tunnel du LHC montre les tubes à vide dans lesquels circulent les paquets de protons énergétiques.

Quantité de données accumulées chaque année par le LHC

Ce graphique compare les quantités de données cumulées enregistrées chaque année par le détecteur ATLAS (l'échelle de l'axe vertical est en unité arbitraire). Pendant le Run 1 (2010-2012), les performances du LHC se sont améliorées de façon spectaculaire – à tel point que l'année 2010 est invisible : elle ne correspond qu'à 0,2 % de la quantité totale de données du Run 1. Le démarrage du Run 2 en 2015 a été plus compliqué : passage de 8 à 13 TeV pour l'énergie des collisions, modification de la manière dont les paquets de protons sont distribués dans l'accélérateur, etc. Mais les progrès ont été nets à l'automne, ce qui laisse augurer une année 2016 très productive.