

**VISITE du CERN, du 26 Janvier 2018**  
organisée par Bernard ILLE et Jean-François JAL.  
Christiane PARTENSKY

Nous étions un petit groupe très sympathique de 12 personnes et avons passé une excellente journée malgré la pluie.



Jean Fay, directeur de recherche émérite du CNRS,  
explique le fonctionnement du détecteur CMS

Fabiola Gianotti, physicienne, est la Directrice Générale du CERN depuis le 1er janvier 2016; elle était l'une des sept co-présidentes du forum économique mondial de Davos, qui s'est tenu du 23 au 26 janvier 2018.

Le CERN (organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire) a été fondé en 1954, à l'initiative de Louis de Broglie, prix Nobel de physique en 1929. Il est situé de part et d'autre de la frontière Franco-suisse, près de Genève. Il compte 22 Etats membres européens plus quelques états dits associés ; les Etats-Unis, la Fédération de Russie, l'Inde, le Japon, l'Institut unifié de recherches nucléaires à Doubna en Russie, l'UNESCO et l'Union Européenne ont le statut 'd'observateur'. Le CERN emploie 2500 personnes environ (surtout des Ingénieurs-Techniciens-Administratifs, avec quelques dizaines de physiciens des particules permanents). Des scientifiques de plus de 70 pays y travaillent, le CERN accueille environ 12000 scientifiques visiteurs. Les données du CERN sont distribuées dans le monde entier, rien n'est secret, tout est publié ! Le CERN est actuellement et encore pour au moins une ou deux décennies un laboratoire unique au monde, et il est situé en grande partie dans notre région.

Devant l'accueil se trouve le Globe de la Science et de l'Innovation (en bois), symbole du développement durable, cadeau de la Confédération helvétique. A l'intérieur plusieurs expositions présentent les activités du CERN ; une chambre à bulles permet de voir les traces

des rayons cosmiques venant de l'espace ; ce globe a 27m de haut et un diamètre de 40m, c'est la métaphore du globe terrestre.



Traces des muons cosmiques enregistrées par la chambre à bulles.

De gros travaux sont entrepris pour augmenter la visibilité et l'accueil du CERN pour les publics. Le CERN veut être actif dans le domaine de l'éducation.

Le CERN étudie l'origine (on se rapproche maintenant de quelques pico, 10 puissance moins 12 secondes, du Big Bang qui s'est produit il y a 13.7 milliards d'années) et l'évolution de l'Univers qui est en expansion et se refroidit (= la physique 'des deux infinis')!

Le LHC (Large Hadron Collider ; le Grand Collisionneur de Hadrons<sup>1</sup>), en fonction depuis 2010, est le plus grand accélérateur du monde; il a 27 km de circonférence et a été creusé dans la molasse à 100m de profondeur ; une partie ayant été creusée dans le Jura fait que l'anneau est un peu incliné. Le collisionneur est un accélérateur circulaire où les faisceaux de particules circulant en sens opposé sont accélérées et se croisent en des points de collisions déterminés.

Dans le LHC on accélère des protons (et des ions Pb) à une vitesse proche de celle de la lumière (300 000 km/s) à l'aide d'un champ électrique de très haute intensité ; l'électricité provient du barrage de Génissiat ; les faisceaux de particules sont guidés par des électro-aimants supraconducteurs.

Quatre grandes expériences/détecteurs équipent les zones d'interaction du LHC.

Sur le plan d'implantation des détecteurs sur le LHC, on distingue :

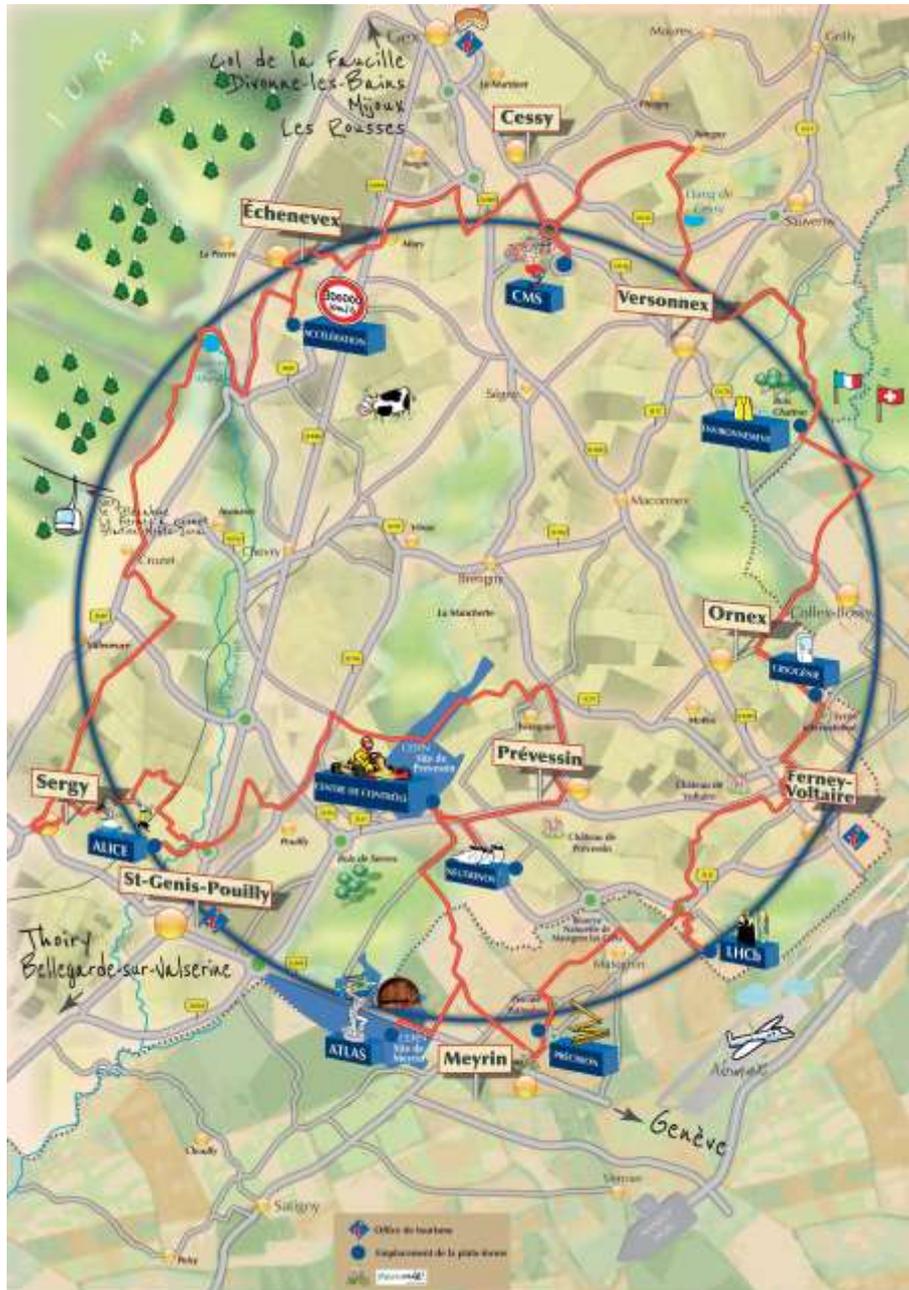
- ALICE (A Large Ion Collider Experiment, dont la spécificité est d'étudier grâce aux collisions Pb-Pb un état particulier de la matière - le plasma de quarks et gluons - qui a existé quelques microsecondes après le big-bang).
- LHCb dont la spécificité est d'étudier entre autre la symétrie matière-antimatière.
- ATLAS ( A Toroidal LHC ApparatuS).

---

<sup>1</sup> Hadron: particule subatomique qui contient des quarks, les plus petites particules de matière connues, maintenus par la force forte, par exemple à l'intérieur des protons et les neutrons.

- CMS (Compact Muons<sup>2</sup> Solenoid).

Ces deux sont les plus grands détecteurs du LHC (dits généralistes) pour étudier ce qu'il s'est passé juste après le big-bang, bien avant le plasma de quarks-gluons.



Plan d'implantation des détecteurs sur le LHC.

Le LHC vient d'être mis au repos pour son traditionnel arrêt technique d'hiver, ce qui nous a permis de descendre à 100m de profondeur dans le puits P5 du détecteur CMS, gigantesque, qui pèse 14 000 tonnes ! CMS et ATLAS ont permis de mettre en évidence en 2012 le boson de Higgs, particule prédite en 1964 par la théorie pour expliquer comment les particules élémentaires acquièrent leur masse et qui a contribué à structurer notre univers. L'expérience

<sup>2</sup> Muon : similaire à l'électron mais de masse 200 fois supérieure

CMS se trouve près du village de Cessy en France. Le LHC sera de nouveau arrêté l'année prochaine et ensuite pour une durée de trois ans.



Le détecteur CMS.

Le LHC a encore un programme d'expérimentation de 25 ans avec sa version à haute luminosité ('HL-LHC' pour High Luminosity LHC) pour approfondir nos connaissances de ce qui constitue l'univers et des forces qui s'y exercent (= de quoi l'univers – dont nous-mêmes- est fait et comment ça marche, domaine du Modèle Standard des Particules dans lequel on connaît relativement peu de choses !)

Sur le site du CERN-Meyrin, nous avons aussi fait une visite du premier synchrocyclotron à protons de 600 MeV, le premier accélérateur du CERN qui a fonctionné pendant plus de 30 ans mais qui n'est plus opérationnel. Il a été remplacé par d'autres dispositifs complexes permettant d'étudier la physique des noyaux et de mettre en œuvre des applications médicales (installation ISOLDE).

En dehors de l'aspect physique fondamentale/progrès des connaissances, le CERN génère beaucoup d'applications sociétales :

Tim Berners-Lee, ingénieur-physicien britannique, a inventé le web au CERN en 1989, World Wide Web (WWW), pour que des scientifiques travaillant dans les universités et instituts du monde entier puissent s'échanger des informations instantanément. En 1993 le CERN a mis le logiciel du WWW dans le domaine public.

Le CERN et l'INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) en 2017 développent un nouvel accélérateur transportable en vue de contribuer à la sauvegarde du patrimoine culturel, par une

analyse non destructive en surface, programme MACHINA basé à Florence. L'accélérateur a 2m de long et pèse 300kg.

En 1977 la première image par tomographie par émission de positons a été prise au CERN. Pour lutter contre le cancer dans les pays défavorisés, le CERN développe des accélérateurs linéaires. Les aimants du LHC contribuent à l'imagerie du cerveau. La nouvelle installation du CERN CERN-MEDICIS (ISOLDE) a créé deux types de radio-isotopes à usage médical, créés nulle part ailleurs, le terbium 152 et le terbium 149 qui émettent des particules alpha et peuvent tuer les cellules cancéreuses.

Quel avenir pour ce type d'installations gigantesques nécessairement mondiales ?

Pour aller encore plus loin (= monter en énergie), des projets très ambitieux sont dans les papiers du CERN pour l'horizon ~2050 : par exemple le CLIC, un collisionneur linéaire à électrons-positons (~30 km aux pieds du Jura !) ou bien un autre collisionneur de 100 km de circonférence sous le Salève !... mais il faudra beaucoup d'argent et des idées précises sur ce que l'on veut chercher ! Cela dépendra de ce que l'on trouvera (ou pas !) d'ici-là et de l'évolution des technologies !

L'Asie monte en puissance dans ces domaines de recherche et se montre très ambitieuse: le Japon avec un projet de collisionneur électrons-positons (ILC) et la Chine est sur les rangs avec un très grand collisionneur circulaire sur son vaste territoire.

Nous remercions Maxime GUILBAUD et Jean FAY qui nous ont accueillis au CERN et nous ont consacré une partie de leur temps précieux !