

Visite du CERN avec le CCM



COLLECTIF CITOYEN DE MIONS

7-9 allée du Château, 69780 MIONS

Préalable : Rien ne laissait penser que, quelques jours après notre visite, le 4 juillet 2012, le CERN annoncerait la confirmation de l'existence du *boson de Higgs* avec une certitude de 99,999 %. Nous avons failli boire le champagne.

Départ devant la Médiathèque de Mions

5h30 : les « concitoyens » sont déjà là, l'ambiance est tranquille avec des échanges d'amabilité entre les uns et les unes. Le temps s'annonce doux et agréable. *Jean-Pierre Barthélemy*, principal responsable de ce voyage, va des uns aux autres et fait ses pointages. Le chauffeur du car est dans une tenue stylée.

L'arrivée de *Brigitte Vézant* est remarquée, c'est la nouvelle Secrétaire Générale de notre Association. Elle est accompagnée de son époux, *Jean-Paul Vézant*, Premier Adjoint au maire de Mions.

Au fur et à mesure des arrivées, le long processus des bises et des serremments de mains citoyens se poursuivent. La bonne humeur est présente dès cette heure matinale. Arrivée de *Jean-François Bornard* vice-président de l'Association, et, enfin presque le dernier, du Président *Jean Jacquet* accompagné de son épouse *Maryse*. Tout ce beau monde s'installe dans le car, le comptage commence.

5h56 : Feu vert de *Jean-François Barthélemy* au chauffeur du car et départ. Nous apprécions autant la souplesse du car que la douceur et la prudence du chauffeur. A cette heure matinale, Mions est désert. L'ambiance, dans le car, est étonnante, c'est une somme de petites conversations, un peu comme avant une pièce de théâtre : feutrées et dans la nuance. Pour prendre la direction de Genève, nous allons passer par Saint-Exupéry.

Au-dessus de la tête du chauffeur, un temps s'égraine. C'est celui de l'intervalle qui s'est écoulé depuis sa prise de service, ce matin. Ce temps conditionne les pauses nécessaires et la durée maximale de son service.

6h15 : *Jean-Pierre Barthélemy* et *Jean Jacquet* passent à l'avant du car et *Jean-Pierre* prend le micro.
« Bonjour, merci de votre présence. Sur les 48 participants prévus, nous ne sommes que 46. Il y a eu deux défections de dernière minute, en particulier celle de notre Trésorier *Philippe Gouraud*. Merci aux sympathisants de l'Association qui sont venus compléter notre groupe. Nous prenons la direction de Bellegarde, puis Genève. Je vous souhaite une bonne journée. »

Puis, c'est au tour de *Jean Jacquet*, Président du CCM de s'exprimer :

« Bonjour, l'accueil de notre groupe est prévu pour 8h45, le trajet va se faire sans arrêt, si certains souhaitent une pause, il faudra la demander. Voici notre programme : à 8h45, l'accueil au CERN conditionnera notre ordre de passage parmi tous les groupes qui arrivent, des formalités sont à accomplir dès notre arrivée. Des guides se déplaceront avec nous dans le car.

La visite du CERN commencera par un petit exposé, suivi d'un déplacement vers des expériences en cours.

Si le boson de Higgs est découvert, pendant notre visite, le CERN paie le Champagne. 12h : repas à la cafétéria du CERN, puis deux visites après le repas. 16h est l'heure du départ pour le retour à Mions.

Comme le bouche à oreille a bien fonctionné, pour compléter le groupe, j'avoue que je ne connais pas tout le monde, je vais donc faire un petit tour dans le car pour faire connaissance.

J'attire votre attention sur le faible coût de cette journée, le CCM vous a demandé presque 18€ alors que l'Université Ouverte, pour un même projet, en demande 75. Je vous souhaite une bonne visite et à tout à l'heure. »

Et *Jean* fait tranquillement le tour du car, de l'avant vers l'arrière, avec quelques mots à chacun.

A l'avant du car, deux grands toubibs parlent médecine avec des mots savants, tandis que *Pierre Maria* se met à philosopher sur le rôle des Sciences dans la Société.

7h05 : Passage du Tunnel de Chamoise sur l'A10, deux tubes, 3500 m, étonnant.

7h08 : Nous survolons littéralement le Lac de Sylans, superbe, alors que l'A10 se déroule sur deux voies séparées à flanc de falaise : superbe.

Pour en savoir plus sur le lac de Sylans :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Lac_de_Sylans

7h17 : Tunnel de Saint-Germain.

7h22 : Sortie de l'A40 vers Bellegarde et direction de Gex. La vitesse est réduite, nous commençons à trouver la circulation du matin à l'approche de Bellegarde que nous traversons.

8h04 : Passage de la frontière, nous entrons en Suisse sans aucune formalité. Puis, nous approchons d'une grosse structure métallique en forme de boule : « Le Globe de la Science et de l'Innovation » (Nous en reparlerons)

8h10 : Entrée dans le site de Meyrin du CERN

Après avoir montré patte blanche, arrêt du car. *Jean Jacquet* est le premier à descendre, avec son dossier, pour les formalités. Dans le car, plusieurs dames procèdent à un changement de chaussures pour être en conformité avec les consignes de sécurité.

Jean revient avec de bonnes nouvelles, notre guide arrivera vers 8h30, et, il est possible d'aller faire une pause pipi à l'Accueil du CERN. Nous ne sommes pas les seuls à arriver, d'autres groupes attendent dont beaucoup de jeunes.



8h50 : Regroupement dans le hall de l'Accueil, la conférencière est là, nous la suivons en direction d'un amphithéâtre. Un deuxième groupe, composé de jeunes lycéens, se joint à nous pour ce premier exposé.

9h00 : Dans l'amphithéâtre de l'Accueil du CERN

Notre guide *Nathalie* nous souhaite la bienvenue et commence par se présenter.

Elle ne cache pas qu'elle n'a pas une formation de scientifique. Elle a travaillé au CERN dans l'Administration, et, elle est honorée d'avoir été acceptée comme guide par le Service des Visites. Seulement 3% des guides sont issus de l'administration, les autres sont, soit des ingénieurs, soit des physiciens. Nous sommes ici sur l'un des deux sites principaux : le site de Meyrin en Suisse, un second est situé en France, c'est le site de Prévessin-Moens.

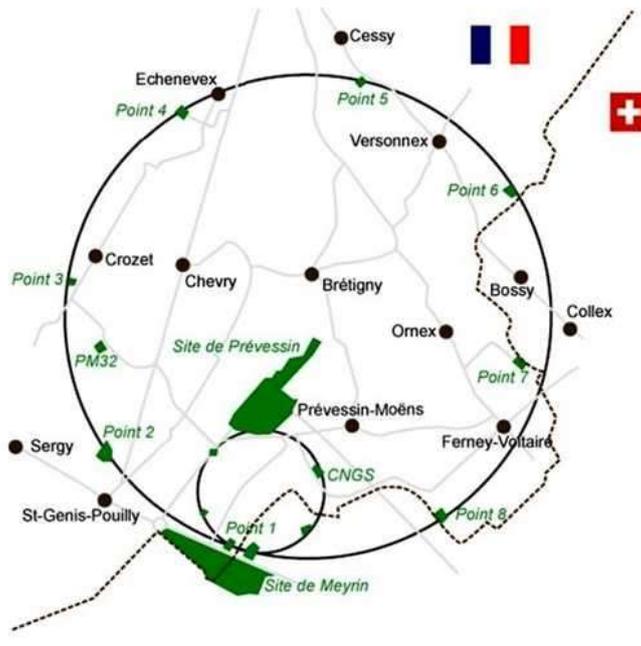
Nous sommes à proximité de l'aéroport de Genève et surtout à la verticale des points de tangence des deux grands anneaux SPS et LHC dont nous reparlerons.

Il est indispensable, à ce stade, de localiser géographiquement les sites principaux du CERN et les deux anneaux SPS (le petit anneau) et LHC (le grand) :

Pour une vue plus explicative :

<http://project-voisins.web.cern.ch/project-voisins/chez-vous/>

Document CERN :



Point1 : **Site de MEYRIN**, expérience ATLAS, Globe de l'Innovation, c'est là où nous sommes présentement.

Point 2 : Expérience ALICE

Point 3 : CROZET

Point 4 : ECHENEX

Point 5 : Expérience CMS

Point 6 : VERSONNEX

Point 7 : ORNEX

Point 8 : Expérience LHCb

CNGS : Point source des neutrinos envoyés vers le Laboratoire de Gran Sasso près de Rome.

Le CERN est une véritable petite ville avec sa crèche, sa bibliothèque, son service médical, ses pompiers, sa cafétéria, ses trois restaurants, trois banques, trois bureaux de postes, etc...

CERN signifie : « Conseil Européen de la Recherche Nucléaire ». Mais, comme le mot « nucléaire » peut parfois faire peur, dans le grand public, nous préférons l'appeler aujourd'hui : le « Laboratoire Européen pour la Physique des Particules ». Le mot « nucléaire » vient de « noyau », comprendre le noyau situé au centre de l'atome.

Après la Deuxième Guerre Mondiale, tout était à reconstruire en Europe, dans tous les domaines, en particulier dans le domaine scientifique. Douze pays décident d'unir leurs efforts pour créer un grand centre de recherche scientifique. Sa réalisation commence en 1954.

Pour en savoir un peu plus sur cet historique :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Organisation_europ%C3%A9enne_pour_la_recherche_nucl%C3%A9aire

Son premier Directeur est le physicien suisse Félix Block, prix Nobel de physique en 1952.

Pour en savoir plus sur Félix Block :

La pérennité financière du CERN est assurée par des crédits liés à un pourcentage du PIB de chacun des pays membres. Actuellement le CERN compte 20 états membres. On distingue : en plus des pays observateurs appartenant à l'Union Européenne : l'Inde, le Japon, la Russie, la Turquie, les USA ; des pays candidats pour accéder au titre d'états membres (la Roumanie) ; des pays « appliquants » (Chypre, Israël, Serbie, Slovaquie, Turquie) et quelques autres cas particuliers. Le CERN est devenu, de fait, un centre mondial de recherche à l'échelle de la planète.



Son budget est de 1 milliard de CHF (francs suisses) (1 CHF vaut environ 0,83 à 0,84 €). Pour les 300 millions d'Européens impliqués dans le CERN, cela correspond à une dépense d'environ le prix d'un café par an et par personne.

Les personnels travaillant sur le site, dans le monde, pour et autour du CERN, sont très divers et très nombreux : 2300 pour le staff, scientifiques et ingénieurs, 800 associés, 10 000 utilisateurs scientifiques qui viennent sur des périodes données (non payés par le CERN) dont 6 600 de l'UE. Il existe aussi des statuts d'utilisateurs particuliers, pour des scientifiques passionnés, cela leur permet de garder un pied dans le système. C'est ainsi que l'on peut croiser ici des prix Nobel. *Georges Charpak* a été un utilisateur particulier du CERN.

Pour en savoir plus sur les Prix Nobels des utilisateurs du CERN :
<http://public.web.cern.ch/public/fr/About/Nobels-fr.html>

Mais qu'est-ce que la recherche scientifique fondamentale ? De quoi est faite la matière ? Tout est matière. Entre 500 et 400 avant JC, *Démocrite* imagine et décrit déjà l'atome.

Pour en savoir plus sur cet intéressant philosophe grec :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9mocrite>

Puis, siècle après siècle, les notions de molécule, d'atome se précisent. Au XIXe siècle, découverte du proton, de l'électron.

Pour en savoir plus sur la découverte du proton par Rutherford :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Proton>

Pour en savoir plus sur la découverte de l'électron par Thomson :
http://fr.wikipedia.org/wiki/Joseph_John_Thomson

Le XXe siècle voit la découverte du neutron, des quarks, des neutrinos et le classement des particules élémentaires prend forme.

Pour en savoir plus sur la découverte des neutrons simultanément par trois physiciens :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Neutron>

Pour en savoir plus sur la découverte des quarks :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Quark>

Une simple question se pose : Comment procéder pour étudier la matière et ses infimes constituants ? Par exemple, si l'on veut étudier un caillou, que faire ? Réponse : je cherche à le casser pour voir ce qu'il y a à l'intérieur. Pour la matière, il en est de même, il s'agit de réaliser des chocs entre ces parcelles infimes, dites « particules », pour les étudier.

C'est dans cet objectif qu'a été réalisé le LHC (Large Hadron Collider) ou « Grand Collisionneur de Hadrons »

Pour en savoir plus sur les hadrons :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Hadron>

Pour en savoir plus sur le LHC :

<http://public.web.cern.ch/public/fr/LHC/LHC-fr.html>

A 100 mètres sous terre, un tunnel circulaire a été creusé, de circonférence 27 km, à cheval sur la France et la Suisse. Ce tunnel contient deux anneaux dans lesquels on fait circuler, en sens inverse, des protons (atomes d'hydrogène auquel on a enlevé leur électron). La vitesse de ces protons est très grande et approche celle de la lumière (300 000 km/s), si bien qu'en une seule seconde, le faisceau de protons effectue 11 400 fois le tour de l'anneau.

En quatre points du LHC, des immenses cavernes ont été construites pour conduire les expériences imaginées. En ces lieux, on fait se croiser les trajectoires des protons qui vont en sens contraire et on développe l'expérience à réaliser. Chacune de ces quatre immenses cavités contient tout l'appareillage des détecteurs nécessaires pour étudier les conséquences de ces chocs frontaux proton-proton. Ces quatre lieux portent les noms suivants : ALICE, ATLAS, LHCb et CMS.

Comment fait-on pour accélérer les protons ? C'est comme pour une voiture qui veut aller sur l'autoroute pour y rouler à la vitesse maximale. Il y a plusieurs accélérations successives sur plusieurs trajectoires successives. Sur le site, les installations historiques précédentes ont été réaménagées pour ces accélérations. L'accélération est réalisée avec des forces électriques sur des trajectoires d'abord rectilignes, puis circulaires dans les anneaux PS, SPS et enfin LHC. Les champs magnétiques, créés par des aimants ou électroaimants, maintiennent les particules sur leurs bonnes trajectoires.

Un film nous est présenté pour illustrer ces accélérations successives. Il nous montre, de façon pédagogique, les protons qui circulent en sens inverse. Puis, on les fait collisionner aux points associés relatifs aux quatre expériences précédentes. Il n'est pas facile d'expliquer au profane, ce que représente l'énergie atteinte par les protons : 7 TeV (tétraélectronvolt), soit un 7 avec 12 zéros à suite. On parle bien de disques durs de capacité 1000 Gigabits ou 1 Térabits, c'est pareil pour les douze zéros.

Si vraiment on veut se faire mal à la tête avec l'électronvolt, et pourtant, c'est au programme du Bac :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectron-volt>

Donc chaque proton atteint une énergie cinétique (associée à sa vitesse très élevée) de 7 TeV. La collision de deux protons, circulant en sens inverse, fait intervenir une énergie de choc frontal de 14 TeV et l'on étudie l'effet produit avec un très grand nombre de capteurs et détecteurs.

A la fin du film, notre guide reprend les explications en approfondissant ce qui se passe sur les 4 sites expérimentaux : ALICE, ATLAS, LHCb et CMS.

ATLAS est encore appelé « La Cathédrale » avec une dimension semblable au gros globe aperçu devant l'entrée : « Le Globe de la Science et de l'Innovation ». Le site a été conçu comme un oignon, avec des couches successives de détecteurs. La collision des protons s'effectue au centre.

CMS est plus petit mais pèse deux fois plus lourd.

ATLAS et CMS fonctionnent de façon complémentaire. L'objectif des expériences est de prouver l'existence du « Boson de Higgs », ce qui permet de répondre à la question suivante : « *Pourquoi les particules ont-elles une masse ?* ». Cette notion permet également de se faire une idée de ce qui s'est passé dans les tout premiers instants de l'Univers, juste après le Big-Bang. Actuellement, on estime que le Big-Bang s'est produit il y a 13,7 milliards d'années.

Pour avoir quelques idées sur le Big-Bang, je recommande :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Big_Bang

Pour avoir quelques idées sur le boson de Higgs :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Boson_de_Higgs

ALICE est spécialisée dans les interactions avec des particules lourdes.

Enfin, LHCb est dit « l'expérience de beauté », elle étudie les quarks de beauté pour chercher à comprendre pourquoi notre Univers est constitué de matière et non d'antimatière. Les détecteurs de LHCb ne sont pas disposés en « oignons » mais en couches parallèles.

Pour se faire une idée de l'antimatière, imaginons que, dans un jardin, on veuille planter un arbre, la motte de terre à enlever est la matière et le trou est l'antimatière.

Pour avoir une idée plus scientifique de l'antimatière :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Antimati%C3%A8re>

Il est intéressant de savoir que lors de la construction de ces gigantesques détecteurs, et bien avant que le LHC ne soit mis en fonction, les détecteurs ont été testés en utilisant le rayonnement cosmique naturel qui nous entoure, en particulier les muons.

Pour tout savoir sur les rayons cosmiques qui nous entourent :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Rayon_cosmique

Pourquoi fait-on tout cela ? Nous sommes ici dans le domaine de la recherche fondamentale. Son développement permet de voir apparaître, par la suite, des applications et des technologies nouvelles pour le grand public. Citons quelques unes de ces réalisations : la thérapie des protons pour vaincre certains cancers, le scanner, la radiographie par rayons X, la fondation du WEB par Tim Berners-Lee.

Pour en savoir plus sur Tim Berners-Lee

http://fr.wikipedia.org/wiki/Tim_Berners-Lee

La physique des particules élémentaires les classe, actuellement, dans le modèle dit « standard ».

Pour en savoir plus sur ce mode standard :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Particule_%C3%A9l%C3%A9mentaire

Dans ce cadre, on distingue quatre types de forces qui les concernent. Pour chacune de ces forces, on envisage également, des particules échangées :

- 1) la gravité (le graviton dont l'existence reste à démontrer)
- 2) l'électromagnétisme (le photon)
- 3) la force faible ou radioactivité (les bosons W et Z)
- 4) la force forte qui tient les quarks ensemble (le gluon)

La recherche fondamentale, au CERN, pose plusieurs questions de fond, en particulier :

- 1) Pourquoi les particules ont-elles une masse ?
- 2) On ne connaît que 4% de l'Univers. Et le reste ?
- 3) Quel était l'état de l'Univers juste après le Big-Bang ?

Le CERN est une heureuse collaboration internationale, de très nombreuses nationalités travaillent ensemble, sans structure définie. Ingénieurs et physiciens travaillent avec passion dans une touchante humilité et avec une grande compétence. C'est un régal que d'avoir la chance de travailler avec ces scientifiques.

La recherche fondamentale, ici pratiquée, fait appel aux nouvelles technologies, et engage un vaste programme éducatif vers les étudiants d'un grand nombre de pays. Elle a déjà généré plusieurs Prix Nobel et ce n'est sans doute pas fini. Cette notion de recherche fondamentale n'est pas simple à expliquer, il faut beaucoup de travail et surtout une belle imagination. Ainsi, ce n'est pas en étudiant la bougie que l'on a pu aboutir à l'ampoule électrique.

9h55 : Nous sortons de l'amphithéâtre, le groupe du CCM va être coupé en trois, avec chacun son guide, pour la suite de la visite. Nous montons dans le car pour nous rendre sur le site LHCb.

Pour localiser géographiquement le LHCb (point 8 de la carte) :
<http://project-voisins.web.cern.ch/project-voisins/chez-vous/>

Durant le court trajet, en car, la guide nous donne quelques explications supplémentaires. La consommation d'énergie du CERN est très importante en mode expérimentation, c'est l'équivalent de la ville de Genève

Pour en savoir plus sur le CERN et son impact sur l'environnement, c'est très instructif car rien n'a été laissé au hasard :
<http://cernenviro.web.cern.ch/CERNenviro/web/main/main.php?sctr=aspect&cat=2&lang=fr&doc=1>

Nous passons à proximité du site de Prévessin-Moëns, en France, qui abrite le CCC ou Centre de Contrôle du CERN. En face de nous, le Jura date de 50 millions d'années. Pensons au Jurassique et aux films Jurassic Park, alors que le Big-Bang date de 13,7 milliards d'années.

10h22 : Arrivée à l'accueil du site LHCb

Première phase

Nous nous répartissons entre trois guides et la visite commence. Chacun des guides, commence par se présenter puis passe au vif du sujet. Les groupes sont répartis de façon à ne pas être tous au même endroit en même temps.

Je me retrouve ainsi avec *Monsieur Bernard Duthion*, originaire du Beaujolais, dessinateur et électricien, responsable de la logistique de l'expérience ATLAS jusqu'en 2006, actuellement retraité et guide bénévole. Des explications plus techniques nous sont données en fonction des questions posées.

Nous sommes, ici, sur le site d'une expérience. Le public n'est plus autorisé à descendre, à 100 mètres sous terre, pour voir ce qui se passe dans le tunnel, mais nous sommes juste à la verticale du point de collision des protons.

Dans ce tunnel, de 27 km de long, dans deux tubes, les protons circulent en sens inverse. Pour stabiliser et guider ces trajectoires circulaires, un intense champ magnétique est nécessaire. Ce champ magnétique est créé par des électroaimants.

Pour minimiser la consommation électrique de ces électroaimants, on abaisse leur température jusqu'à moins 271,3 °C en utilisant l'hélium comme fluide frigorigène. A cette température, les fils conducteurs des électroaimants deviennent supraconducteurs, c'est-à-dire qu'ils ne présentent plus de résistance au passage du courant, et donc, pas de consommation d'énergie et pas de dégagement de chaleur. Précisons bien que ce champ magnétique sert à guider des protons dans les deux anneaux. L'hélium sert au refroidissement.

Pour en savoir plus sur la supraconductivité :
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Supraconductivité>

En 2008, lors du démarrage du LHC, une rupture a eu lieu sur une des structures, rupture liée au phénomène de contraction (inverse de la dilatation), associée à l'abaissement de température. Depuis des dispositifs de sécurité et de contrôle ont été installés pour que cela ne se reproduise pas.

Sur les 27 km, il a fallu disposer autour des deux conduits, où circulent les protons, environ 10 000 électroaimants pour canaliser les flux de protons. Certains des aimants sont à deux pôles (dipôles), à 4 pôles

(quadripôles) ou à 8 pôles (octopôles) selon la fonction qu'ils ont à assurer. Attention à ne pas confondre un aimant dipôle avec le double-conduit qui contient les protons.

Sur les lieux des quatre expériences : ALICE, CMS, ATLAS et LHCb, par déflexion magnétique, on fait se croiser les protons des deux conduits, protons qui circulent en sens inverses, comme cela a déjà été dit. Et, on observe l'effet produit lors des chocs frontaux proton-proton. Ces chocs frontaux libèrent les quarks constitutifs des protons, quarks qui collisionnent à leur tour.

Les protons ne circulent pas de façon continue dans ces deux conduits. Ils sont regroupés en paquets successifs. Chaque paquet comporte environ 100 milliards de protons. Actuellement, on injecte 540 paquets, par la suite cela pourra aller jusqu'à 1320 paquets. On peut imaginer la taille d'un paquet de protons comme un petit fragment de cheveu de diamètre 15 à 20 micromètres. C'est ensuite le hasard qui intervient pour qu'un choc ait lieu.

Actuellement, l'énergie des protons est de 4 TeV, dans l'avenir on pourra aller jusqu'à 7 TeV. Ainsi, actuellement, l'énergie disponible lors d'un choc de deux protons circulant en sens inverse est de 8 TeV. Cette énergie brise les protons et déclenche des chaînes successives de réactions particulières. Les capteurs détectent ce qu'ils peuvent pour tenter de reconstituer ce qui s'est exactement passé, et, en particulier, dans les expériences ALICE et ATLAS, on cherche à identifier, dans tous ces processus, le boson de Higgs. La prévision théorique du Boson de Higgs date de 1964. En cette année 2012, on dit même qu'il y aurait plusieurs types de bosons de Higgs.

Pour l'anecdote, le site CNGS est un point source de neutrinos envoyés vers le Laboratoire de Gran Sasso près de Rome. Ce laboratoire est installé dans une mine. Ce même laboratoire a défrayé, il y a peu, la chronique en publiant qu'il avait trouvé, pour ces neutrinos, des vitesses supérieures à celle de la lumière. A l'origine, il y avait eu une erreur sur la distance parcourue entre le CNGS et Gran Sasso, cela a coûté son poste au Directeur du laboratoire italien.

Nous sommes ici sur le site du LHCb, comprendre Large Hadron Collision Beauty. L'objectif est de mettre en évidence l'existence des « quarks de beauté » et également de chercher à mettre en évidence de nouvelles familles de particules qui pourraient former la matière sombre de notre Univers.

Pour en savoir un peu plus sur la matière sombre (matière noire) de notre Univers :

http://fr.wikipedia.org/wiki/Mati%C3%A8re_noire

Le détecteur du LHCb a une masse de 5600 tonnes, les détecteurs sont disposés en feuillets successifs comme cela a déjà été évoqué.

Deuxième phase

Nous passons à l'extérieur et nous dirigeons vers le laboratoire de l'expérience CAST (Axion Solar Telescope). Ici, l'expérience consiste à mettre en évidence de nouvelles particules, appelées « axions », en provenance du Soleil et qui feraient partie de la matière noire.

Pour avoir quelques idées sur les axions :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Axion>

Ce laboratoire est extrêmement bruyant, et, il est très difficile de suivre les explications du guide. Le CAST est un télescope mobile braqué vers le Soleil, et l'on cherche à faire interagir les axions avec un champ magnétique pour générer des rayons X (RX) qui pourraient être observables. Cette expérience n'utilise pas les faisceaux de protons du CERN, mais il bénéficie des compétences locales pour poursuivre la recherche fondamentale au niveau des particules élémentaires.



Le bruit est lié au fonctionnement du très gros électroaimant qui crée le champ magnétique nécessaire. Pour l'instant, les axions n'ont pas été découverts. En sortant de ce laboratoire, nous ne pouvons que remarquer d'énormes réservoirs d'hélium (He), cet hélium est utilisé comme fluide cryogénique pour abaisser la température des circuits électriques des électroaimants et rendre ces circuits supraconducteurs.

11h20 : Nous remontons dans le car, tout le monde est là, et nous faisons un petit saut de puce d'un bâtiment à un autre. L'ensemble est très surveillé, les barrières s'ouvrent devant nous et se ferment derrière.

Troisième phase : 11h30, visite du Hall SM18, bâtiment 21.73

Le Hall SM18 est à la fois un atelier, un laboratoire d'essais des supraconducteurs et un musée. Chacun suit à nouveau son guide.

Le plus important, ici, est la maquette didactique, grandeur réelle, d'une portion du tunnel du LHC dans lequel se trouve un gros tube (diamètre environ 1 m) qui contient les électroaimants, les deux petites cavités où circulent les protons, en sens inverse avec tous les capteurs nécessaires. Ce gros tube est fractionné en éléments successifs, de 15 à 20 m, testés, dans le présent laboratoire, avant d'être mis en place dans le tunnel du LHC. Un puits spécifique permet la descente du matériel, et, un petit train permet de véhiculer ces grosses pièces dans le grand anneau, tandis que les techniciens de maintenance circulent en vélo.

Nous sommes alors amenés à observer, plus dans le détail, les caractéristiques des différents éléments, chacun de ces éléments a une fonction particulière.



Suite à une question, il est précisé que le tunnel est creusé dans une couche de marne particulièrement stable, couche associée au Jura voisin. L'ensemble est solidement arrimé, de sorte qu'en cas de tremblement de terre, tout bouge de façon solidaire et minimise les risques.

Le refroidissement des circuits des électroaimants est assuré, dans un premier temps, par de l'azote liquide, puis par l'hélium qui atteint l'état de superfluide ce qui permet d'obtenir des températures de l'ordre de 1 Kelvin (K). L'intensité du courant, dans les électroaimants, peut alors atteindre 13 000 Ampères (A)

Pour tout savoir sur les superfluides, notion difficile :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Superfluide>

Pour avoir quelques idées sur les différentes échelles de température, notion abordable :

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Kelvin>

Selon la fonction à réaliser, l'électroaimant peut avoir deux pôles (dipôle), quatre pôles (quadripôle) ou huit pôles (octopôle), cela nous est montré avec le circuit d'hélium associé.



Des portions spécialisées permettent de dévier les faisceaux de protons à la demande, en particulier dans les sections où l'on veut faire entrer en collision les protons.

Les protons circulent dans deux petites cavités dans lesquelles le vide est maintenu par de puissantes machineries. Dans ces cavités, les protons sont regroupés sous forme d'un grand nombre de petits paquets successifs de dimension ne dépassant pas 100 micromètres (μm) de section. Pour comparaison, le diamètre moyen d'un cheveu est environ 20 μm .

Les protons circulent à une vitesse inférieure et très voisine de la vitesse de la lumière (300 000 km/s). Comme ils sont sur une trajectoire quasi circulaire, ils sont donc soumis à une accélération centrale centripète. Pour comprendre, imaginons que nous sommes dans une voiture, dans une courbe, nous ressentons une force centrifuge dirigée vers l'extérieur du virage, cela signifie qu'il existe une accélération centripète dirigée vers l'intérieur du virage.

Donc, dans le grand anneau LHC, les protons sont soumis à une accélération centrale centripète, et par voie de conséquence, ils rayonnent de l'énergie sous forme de rayons X (RX). C'est d'ailleurs ainsi que fonctionnent les appareils de rayons X des médecins avec des électrons à la place des présents protons.

En conclusion, les protons du LHC perdent peu à peu de l'énergie et il est nécessaire, à chaque tour, de leur en redonner. Cela se fait dans huit cavités accélératrices (*photo ci-dessous*) dont un exemplaire nous est montré. On utilise pour cela un champ électrique de fréquence 400 MHz qui a un double rôle, d'une part, il fournit l'énergie nécessaire, et d'autre part, il refocalise (concentre) chacun des petits paquets.



Actuellement, pour concilier l'énorme consommation d'électricité du CERN avec celle de la région environnante, en hiver, le site est mis à l'arrêt pour maintenance. Puis, durant la saison d'été, le site est activé et les expériences se déroulent en continu, c'est le cas ce jour. Dans l'avenir, lorsque tous les électroaimants seront supraconducteurs, il est envisagé un fonctionnement continu toute l'année.

12h20 : fin de la visite du site du Hall SM18

12h25 : retour dans le car qui nous ramène au site d'Accueil de Meyrin. Notre première conférencière prend le micro pour un dernier mot plein d'humanité et d'espoir dont voici la conclusion « *Au CERN, les physiciens, dans le cadre de leurs recherches fondamentales, relèvent un grand défi. Ils sont un exemple, pour le monde entier, de travail et de persévérance, ils sont tous unis et savent collaborer dans la plus parfaite modestie et en toute intelligence, quelque soit leur origine, leur couleur de peau et leur religion. Ils sont le modèle de ce que pourrait être l'avenir des Hommes de la planète Terre.* ». Nous applaudissons vivement ses propos et la remercions.

13h00 : Repas de midi

De retour à l'Accueil du site de Meyrin, nous sommes orientés vers le self. Il y a beaucoup de monde parlant toutes les langues possibles. Chacun se débrouille comme il peut pour remplir son plateau. Je remarque que certains amis du CCM vont directement vers la bière pression suisse, elle est délicieuse. Lors du passage à la caisse, la dame Suisse est charmante, chacun paie en numéraire dans la devise de son choix (billets seulement) mais la monnaie rendue est toujours en francs suisses (CHF). Belles rigolades avec les CHF, certains les laissent en pourboire alors que d'autres arrivent à les transformer en café après un parcours qui en surprend plus d'un.

Au gré des affinités et des tables disponibles, les amis du CCM se regroupent ici ou là.

14h00 : Rendez-vous dans le hall d'accueil pour les deux visites de l'après-midi

Une fois regroupés, nous traversons la route pour accéder au « *Globe de l'Innovation* » et son exposition sur l'univers de particules.



Préalablement, pause photo-souvenir devant cette étonnante structure.



14h10 : Nous pénétrons alors dans une grande salle multimédia, dans la demi-obscurité, avec une climatisation appréciée car dehors c'est la canicule.

Nous faisons le tour des bornes interactives au milieu de nombreux groupes de jeunes. Puis, petit film sur le « Big-Bang » dit encore la « Singularité Initiale » et sur le « boson de Higgs ». Ce petit film illustre également très bien ce qu'est la démarche scientifique.

Pour tout savoir sur le « Globe de l'Innovation » :

<http://outreach.web.cern.ch/outreach/FR/globe/photos.html>

http://outreach.web.cern.ch/outreach/fr/expos_cern/univers_particules.html

14h45 : sortie du « Globe de l'Innovation »

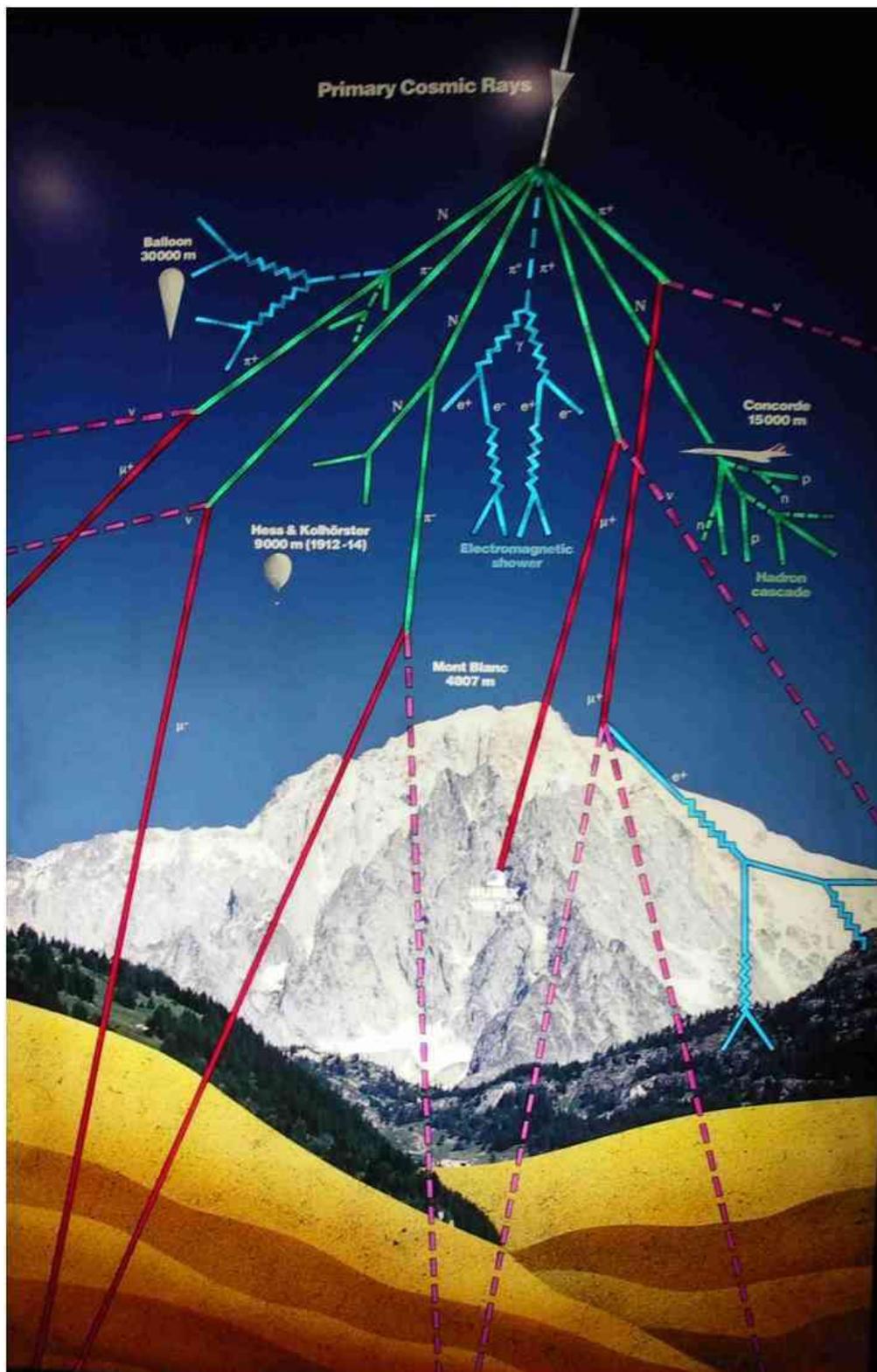
15h00 : Entrée dans l'exposition « Microcosm » : très belle exposition à caractère pédagogique et didactique, beaucoup de points communs avec le « Palais de la Découverte », célèbre musée parisien des Sciences.

Thème par thème, différents sujets sont présentés avec, comme fil conducteur, la physique des particules et les technologies mises en œuvre au CERN autour du LHC. Chaque sujet est documenté et accompagné, le plus souvent, d'une expérience scientifique.

Puis, pas à pas, le visiteur est invité à répondre à quelques questions, afin de s'assurer, par lui-même, qu'il a compris le thème proposé. Pour profiter pleinement de ce bel ensemble, l'accompagnement d'un physicien est souhaitable.

Chacun progresse dans le « Microcosm » studieusement et surtout comme il le souhaite.

Ci-dessous : illustration du rayonnement cosmique qui arrive su Terre et génère de nombreux muons, pions, protons et électrons.



Ci-dessous : expérience illustrant la force électromagnétique :



Ci-dessous : vue aérienne du CERN avec le SPS et le LHC en surimpression.



15h50 : Notre groupe se dirige progressivement vers la sortie avec passage facultatif dans la boutique pleine de souvenirs du CERN. Parmi tous ces petits trésors : un étonnant tapis de souris comportant une divine et sibylline équation résumant ce que « nous » savons sur les particules et les forces fondamentales. Les deux dernières lignes concernent le *boson de Higgs*.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} \\ & + i\bar{\psi} \not{D} \psi + h.c. \\ & + \chi_i y_{ij} \chi_j \phi + h.c. \\ & + |D_\mu \phi|^2 - V(\phi) \end{aligned}$$

16h01 : Départ du car pour le retour à MIONS

16h06 : Entrée sur le territoire français. Puis, pour beaucoup, c'est l'heure d'une petite sieste bien méritée.

18h00 : *Jean-Pierre Barthélemy* prend le micro.

« La journée s'achève, elle s'est très bien passée, merci pour votre exactitude et votre amabilité. La visite a été très constructive. Georges nous en fera le compte-rendu dans le courant de l'été. J'espère que vous avez été content sur les « Lignes du CCM ». Sur le même modèle, le CCM envisage la visite de la centrale nucléaire de Saint-Alban-les-Eaux. D'ici peu, nous vous proposerons une préinscription. Merci à notre chauffeur, bonne soirée, bonnes vacances et à bientôt. »

18h15 : Juste avant l'arrivée à Mions, *Jean Jacquet*, Président du CCM a le dernier mot avec son sourire et sa naturelle convivialité :

« Belle journée, belle pédagogie, cette visite s'est passée dans l'esprit de ce que nous souhaitons au CCM : en savoir un peu plus sur les sujets que nous abordons, et, permettre ainsi à chacun, de se forger sa propre opinion dans l'esprit citoyen qui est le notre. Au revoir à tous »

Et aussi pour poursuivre les approfondissements sur le CERN :

<http://www.lhc-france.fr/divers/visiter-le-cern/>

<http://outreach.web.cern.ch/outreach/FR/>

<http://public.web.cern.ch/Public/Welcome-fr.html>

<http://public.web.cern.ch/public/fr/About/About-fr.html>

Remerciements au CCM et plus particulièrement à *Jean-Pierre Barthélemy* principale cheville ouvrière de l'organisation de cette journée.

Liste des participants

ASCANIO Françoise, AUDU Josette, AYNARD André, BARD Frédéric, BARTHELEMY Jean-Pierre, BELLANGER Clotilde et Maurice, BELLOCQ J-Claude, BORNARD Jean-François, BOURNE Arlette et Georges, CHATAGNIER Mireille, CONSTANTIN Michel, CORRAL Norbert et Pierrette, DIMOPOULOS Georges et André, FROMENT Michel et Dan, GOURAUD Yannick, GUENOUNE Nadine et Boubou, JACQUET Jean et Maryse, LECERF Frantz et Bernadette, MARIA Pierre, MARTINET Catherine, MILLOT Pascal, NURY Maurice, NYFFENEGGER Alain et Geneviève, PEYRON J. Claude, PEYRON Jacques, REVOLLON Bernadette et André, ROBERT Louise, ROCHETTE Ginette et Galiane, SAIGNOL Geneviève, SAVERET Michel, SEGUIN Michel, SOCIE Paule, VEZANT Jean-Paul et Brigitte, WIESENDANGER Thérèse.

Ci-dessous : Pour un dernier souvenir, la réplique du LHC, grandeur réelle, vue dans l'exposition « Microcosm ».



Le 29 juillet 2012,
Le rapporteur pour le CCM : *Georges Bourne*