

PP

RR

OO

PP

AA

GG

DE LA MONOTONIE

AA

TT

II

OO

NN



FICHE TECHNIQUE

TECHNICAL DATA

EXPOSITION / EXHIBITION

IMPRESSUM

REMERCIEMENTS/THANKS

Totem «droit»

Dimension : 160 x 32 x 250 cm
Structure en contreplaqué
Habillage molleton et tissus Kvadrat Bass 3
2 enceintes audio amplifiées
1 écran LCD 55"
1 player vidéo
Environ 220 kg tout équipé

Totem «équerre»

Dimension : 160 x 160 x 250 cm
Structure en contreplaqué
Habillage molleton et tissus Kvadrat Bass 3
2 enceintes audio amplifiées
2 écrans LCD 55"
2 players vidéo
1 player audio MP3 stéréo
Environ 380 kg tout équipé

Liaison entre totems par un câble unique (alimentation + audio).
Alimentation générale 220 V/16A.

Structure métal et vitrages

Dimension de l'ensemble : 500 x 500 x 250 cm
Profilés en aluminium
Vitrage : PMMA anti-abrasion
Environ 500 Kg

Assises

10 sièges / L320mm x P320mm x H 450mm (à l'unité)
3 méridiennes / L1820mm x P700mm x H 450mm (à l'unité)

Poids de l'ensemble

Environ 1,7 t de marchandises. Livrés en caisses à roulettes.

Straight Totem

Dimension : 160 x 32 x 250 cm
Plywood structure
Flannel and Kvadrat Bass 3 fabrics clothing
2 audio amplifiers
1 55" LCD screen
1 video player
Approximately 220 kg fully equipped

Right-angle Totem

Dimension : 160 x 160 x 250 cm
Plywood structure
Flannel and Kvadrat Bass 3 fabrics clothing
2 audio amplifiers
2 55" LCD screens
2 video players
1 MP3 stereo player
Approximately 380 kg fully equipped

Totems connected by a single cable (power supply + sound).
Power supply 220 V/16A.

Metal and glass structure

Set total size : 500 x 500 x 250 cm
Aluminium profiles
Glazing: anti-abrasion PMMA
Approx. 500 Kg

Seats

10 chairs / L320mm x D320mm x H 450mm (each)
3 divans / L1820mm x D700mm x H 450mm (each)

Poids de l'ensemble

Approx 1.7 tons of goods. Delivered in boxes with wheels.

Bande son / Soundtrack

Simon Goubert

Dessins / Drawings

Stéphane Sautour

Directeur de production / Production manager

Marc Boissonnade

Montage / Editing

Julien Parnet

Photographies / Photographs

Grégoire Eloy

Scénographie / Scenography

Eric Jourdan

Scénographie et effets spéciaux / Scenography and special effects

Gaël Hugo

Textes / Texts

Sophie Houdart

Vidéos / Videos

Philippe Trayon

Voix / Voice

Julie Sicard

Réalisation technique de la scénographie /

Technical realisation of the scenography

Enzym Design.

Création graphique / Graphic design

One more studio

Crédit photographique / Photographs crédits

Sébastien Agnetti, Grégoire Eloy

Production / Production

F93

«Propagation de la monotonie» est une production 2012 de F93. Cette exposition a reçu le soutien financier du Conseil général de la Seine-Saint-Denis et de la Délégation Régionale d'Île-de-France à la Recherche et à la Technologie (DRRT).

«Propagation of monotony» is a production by F93 (2012). This exhibition is financially supported by General Council of Seine-Saint-Denis.

Nous tenons à remercier très chaleureusement Ursula Bassler, Bernard Revaz, Philippe Lazar, Valérie November, Arnaud Marsollier, Sophie Tesauri, Corinne Pralavorio, Florian Bauer, Alexandre Zabi, Youri Robert et son équipe, Georges-Henry Hemelsoet, Laurette Ponce, Sonja Kleiner, Julien Regnard, Jean-Michel Favre, Friedemann Eder, Dominique Missiaen, Elizabeth Lacroix.













3164
SHE1

LES INCOMMENSURABLES

Petits récits destinés à faire comprendre comment l'on peut rendre commensurables deux choses incommensurables par Sophie Houdart

LA MACHINE ET LE SANGLIER

Youri est géomètre au service « Site & Patrimoine » du CERN. Je suis venue parler avec lui des traces laissées par le LHC dans le paysage et des manières dont il est connecté au sol, à la terre. Je suis venue pour comprendre à quelle échelle se situer pour éprouver (au double sens de sentir et de mettre à l'épreuve) que ce qui se joue au LHC compte pour nous. Bien davantage, en fait : je suis venue pour comprendre ce qu'il faut faire tenir ensemble pour qu'une image du cosmos tienne. ... parfois à des choses inattendues. Je retrouve Youri et Samuel à Ornex, sur la route entre Ferney-Voltaire et Gex, aux abords d'un site de casse-automobile. En plus des gens du service « Site et Patrimoine », il y a trois techniciens du service électricité et du service connectique. Les deux propriétaires de la casse-auto sont là, expliquant, plans en mains, les projets qu'ils prévoient de réaliser. En convention avec les normes environnementales, ils sont tenus de faire les aménagements nécessaires pour pouvoir récupérer les eaux du parking, et donc faire une dalle en béton là où il n'y a maintenant que de la terre. Ils ont donc déposé une DICT, Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux, et on les a renvoyés sur le CERN à cause de la servitude sur leur terrain. C'est que, tout au long de la casse-auto, et partant dans la forêt qui la borde, le CERN a des réseaux qui regroupent, dans la même tranchée, fibres optiques et câbles à haute tension. Samuel m'explique que passent dans la tranchée la ligne de fibre optique qui traverse toute la zone et aussi du courant de 66 000 volts qui alimente les points 5 et 6 du CERN. « On va être encore plus strict, raconte Samuel, sur les croisements de réseau et les chantiers après l'épisode qu'il y a eu il y a un mois, ça a fait beaucoup de bruit. Les gars sont venus, ils avaient un poteau à remonter apparemment. C'était du côté de Crozet, du terrain de moto-cross. Le type du chantier est arrivé et a juste donné un grand coup de pioche! On a eu 10kms de fibres à changer... » Pendant que nous parlons, Youri, dans les plans, essaye de repérer le tracé de la tranchée jusqu'au delà de la casse-auto : elle part dans la forêt et son tracé devient invisible sur le plan en orthophoto.

- Monsieur le Propriétaire : On voulait vous demander aussi si on pouvait prolonger ce merlon de terre, qui court le long de la clôture? Si on pouvait le prolonger et le remonter de 80 centimètres, contre les effractions, c'es qu'il y a de l'argent ici... et c'est aussi pour la sécurité des gens qui voudraient s'aventurer dans la casse-auto.
- Madame la Propriétaire : Il faut que vous puissiez rentrer, là? Si vous devez revenir en urgence... Il vous faudrait une barrière?
- Monsieur le Propriétaire : Qu'est-ce qui pourrait faire que vous ayez à revenir en urgence? Vous ne prévoyez pas de rénovation de réseau? Parce que si vous nous dites que dans deux ans, vous devez repasser...
- Premier Technicien : Les travaux qu'on réalise plus loin vers Meyrin, c'est pour le SPS, mais le SPS est de 1954, c'est pour ça qu'ils rénovent. Les câbles qui passent ici ne sont pas si vieux que ça... Il faut compter cinquante ans avant d'imaginer intervenir pour les rénover.
- Second Technicien : Et maintenant on fait passer les câbles dans des fourreaux, on n'embête plus personne !
- Premier Technicien : Mais c'est sûr qu'on ne peut pas dire aujourd'hui qu'on ne reviendra pas... Pour les fibres, il n'y a jamais d'urgence à venir réparer des fibres à 3 heures du matin... ...
- Monsieur le Propriétaire : Dès que vous nous donnez les documents, on commence les travaux. On a une pression énorme côté DRIR...
- Youri : Il faudra faire attention, sur les plans on a une marge de 34 centimètres d'écart avec le NGF, le Nivellement Général de la France. Et on n'est pas non plus en coordonnées Lambert...
- Monsieur le Propriétaire : On voudrait du Lambert et du NGF.

2

- Youri : On pourra vous éditer les plans en Lambert, mais pour NGF... on vous donnera les conversions ! ... Les géomètres du coin connaissent un peu [la problématique CERN], de toutes façons...
- Madame la Propriétaire : A cet endroit, la tranchée part dans la forêt, il faudrait vérifier aussi. Ça bouge en forêt... Depuis qu'ils ont fait le chemin communal, il y a du passage. Plus loin dans la forêt il y a une gouille. Et avec les vélos tout ça, il y a un endroit qui est maintenant une vraie marre pour les sangliers. Il faudrait voir si le terrain n'a pas bougé, qu'il n'y a pas d'affaissement...

Des sangliers, des sentiers forestiers, des propriétaires de casse-auto... C'est bien toujours du LHC que nous parlons, mais le profil est déjà plus mondain et s'inscrit plus spontanément dans la dimension humaine. En forêt, « ça bouge » d'une vie peu concernée par le LHC qui doit, lui, pourtant la prendre en compte et dont il dépend.

LES CARPES ET LE FAISCEAU

Julien est technicien au service « Environnement » du CERN. Je le suis dans sa tournée. Il parcourt le territoire dessiné par le LHC, y pénètre ou le déborde, pour relever, aux différentes stations, les mesures en radioactivité de l'eau, de l'air, de la terre. Sur la boucle du LHC, nous sommes au Point 6, du côté de Versonnex. « C'est là où on a notre bassin avec les carpes », m'explique Julien. « Et il y a une quantité de grenouilles... » Je me rappelle que c'est à ce point que Grégoire a discuté longuement avec le gardien qui lui a raconté la vie mondaine du point 6, avec les pique-nique, les blaireaux, les pêcheurs qui exagéraient. « On fait un prélèvement d'eau au PMW960, poursuit Julien, c'est là où ils tuent le faisceau quand il a besoin de mourir. C'est un dump. Tout le faisceau vient s'exploser dans la matière... mais il y a une telle quantité de terre entre nous et le faisceau qu'on n'a pas vraiment de radioactivité ». Nous nous approchons du bassin jusqu'au regard qui abrite la station de mesure que vient relever Julien. « J'ai entendu dire, me raconte-t-il encore, qu'ils ont réussi à tenir un faisceau pendant 23 heures! C'est le plus long faisceau! » Julien ne sait pas trop mais ce bassin doit être un bassin naturel, les bassins qu'on fait n'ont pas cette forme là. On entre dans un des bâtiments. Julien me raconte comment, à une époque, il passait une grande partie de ses journées en bas, dans le tunnel. « On prenait l'ascenseur ici, c'était vraiment la passerelle entre les deux mondes, celui du haut, la surface, et celui du bas. On a l'impression d'être déconnecté... On y descend le matin, et je remontais, il faisait nuit ». C'étaient des Polonais qui pêchaient et qui mangeaient des carpes.

LA FERME FOLLE

De retour de la collecte des échantillons d'air, d'eau, de terre, je suis attablée avec Fabrice, du service de l'Environnement, au-dessus d'une carte de la région sur laquelle figure le tracé dessiné par le LHC. Tout autour de nous, des instruments de mesure, des cuves, des pipettes et des flacons. Nous sommes dans le laboratoire d'analyses attaché au service. Fabrice me retrace le circuit que suivent les échantillons et filtres collectés avec Julien : « On collecte des aérosols sur des filtres, avec cette machine on va faire des mesures alpha et bêta. Ça prend quelque chose comme une heure, pour chaque filtre. Cette première machine sert à faire du « gross alpha-beta counting », c'est du brut, la machine est à une sensibilité extrême et on va regarder toutes les particules. Après on plie les filtres en petits cubes et les petits cubes sont placés dans des détecteurs. Ceux-là ne prennent que des mesures gamma, la mesure des photons. La sensibilité de la machine est moins bonne mais on trie. La première machine, on va l'attribuer au pire. On prend le scénario le plus défavorisant. C'est avec le pire nucléide qu'on fait les calculs, donc le phosphore 32. On imagine qu'il est passé dans l'air, monté dans le lait des vaches, qui va être donné aux enfants, par exemple. C'est un peu la manière allemande de voir les choses, nous on appelle ça le Crazy Farm Scenario, qui consiste toujours à imaginer un enfant, qui se vautre dans la terre et boit de l'eau crou-

1

pie, qui respire toute l'année l'air du même endroit sans jamais en bouger. Une autre version, au contraire, consiste à déterminer des modes de vie réalistes. On va imaginer qu'on fait de la culture chez soi, mais bon réalisme, il faut y aller pour produire 15% soi-même! Ici, on adopte un modèle plutôt réaliste mais en prenant quand même le pire nucléide... On imagine un champ, on dit qu'il pourrait y avoir des vaches par exemple. Il faut voir qu'on est dans une zone où les gens cherchent à construire. Donc notre scénario consiste à travailler avec une maison hypothétique qui pourrait se construire... pas à des kilomètres des zones de déjection, parce qu'autrement on devrait refaire les calculs régulièrement à mesure que les habitations se rapprochent des sites... mais pourrait se construire au plus proche». Fabrice prend pour exemple cet endroit en bout de site, à Prévessin, où les faisceaux viennent s'écraser... « C'est le physicien, qui a un doctorat, qui rédige ces scénarios, c'est un dingue de ça. Nos scénarios sont quand même pessimistes, en fait c'est la seule manière de garantir que dans aucune situation personne n'a pu prendre « plus que ». Bon, on n'est pas non plus dans le pire du pire, qui consisterait à imaginer un enfant cantonné dans sa maison et qui mange ses propres carottes! Ces scénarios nous servent à dimensionner nos installations. Si un physicien vient trouver le CERN en disant « je veux bombarder de particules cette zone, le CERN doit pouvoir lui dire tout ce qu'il va falloir prendre en compte, on fait des calculs d'impact, et si ces calculs sont trop élevés, on va lui mettre des contraintes. On fait ces scénarios, couplés à des calculs d'impact. On fait également des mesures d'émission où on va distinguer les nucléides, parce que chacun a sa façon de se déplacer, dans l'air, de passer dans les végétaux, les organismes. Il y a aussi des médecins qui travaillent là-dessus. Et si toutes nos mesures produites ainsi étaient mauvaises, on aurait encore une autre barrière : les filtres qui aspirent l'air ambiant. On mesure vraiment ce que les gens respirent. Et on n'a jamais rien vu, peanuts de chez peanuts... Sauf une fois, une mesure au-dessus de la valeur naturelle et le physicien en était très content parce que ça validait son modèle. Et là encore, la mesure en soi était peanuts. Bref on continue de ne rien mesurer. On est au-dessous du nano sieverts par an. Pour les gaz de demi-vie courte, on est à quelques micros sieverts par an. 10 micros, c'est le moment où on arrête de mettre des sous dans l'amélioration du système, et nous on est à 13! Notre référence, pour l'air, c'est au Point 5, le chalet que le CERN partage avec le club de foot. C'est notre référence parce qu'on sait qu'on est trop loin pour que ce soit le CERN. Fukushima, on l'a vu, on a pu voir des traces d'iode 31 et de césium 134. On prend des échantillons d'herbe, de sédiments, d'eau. On va jusqu'au lac Léman. Tout ça, c'est notre bruit de fond. On voit encore des retombées des essais nucléaires des années 1960 et de Tchernobyl! On a encore des retombées qui sont mesurables aujourd'hui – l'air a une histoire... Notre physicien a beaucoup travaillé sur le tritium, on en a des traces des années 1960. Notre physicien est slovaque, et sur son marché, il a trouvé une eau qui remonte de 3000 ans, une eau qui date d'avant les essais, donc. Et il l'a ramenée pour qu'on l'utilise comme référence, c'est le point zéro de notre eau. Elle est conservée dans une bouteille en aluminium pour éviter toute contamination. Le tritium est très faiblement radiotoxique, alors pour le détecter il faut ajouter aux échantillons un produit fluorescent pour amplifier le signal lumineux. C'est à cette détection de l'eau que servent les deux grosses machines dans la première salle. Pour l'eau, c'est pareil que pour l'air, on travaille avec des scénarios qui consistent à imaginer quelqu'un qui arrose ses carottes avec l'eau de la rivière! On en est là! Chaque année, on récupère des sédiments dans les rivières, et aussi des mousses, qui sont d'excellents bio-accumulateurs, elles prennent les poussières et les gardent. Nous on prend ces poussières et on les sèche. C'est comme un filtre. Ça nous permet de voir « des traces de ». Ça n'est pas vraiment un instrument de mesure, mais un indicateur. On doit tenir compte aussi de toutes les directives qui changent au niveau européen, comme la directive Euratom. Les lois sont beaucoup plus sévères concernant la végétation et les animaux. Il va falloir se casser les pieds et voir l'impact sur les mousses elles-mêmes. Le chiffre qu'on donne aujourd'hui correspond à l'impact, dans le pire scénario, pour l'être humain. Maintenant il va falloir se soucier de la mousse, de la vache, de l'arbre... Je me demande où on va! On va mesurer le lait de la vache! On a fait beaucoup ça, après Tchernobyl.

4

D'ailleurs on a des boîtes de lait en poudre de Tchernobyl, comme mesures d'inter-comparaison. Deux fois par an, on a des demandes d'analyse qui viennent de France, de Suisse et d'Allemagne, les laboratoires s'inscrivent, les pays nous envoient une cymbale et ils peuvent vous demander de mesurer n'importe quoi – comme une boîte de lait en poudre de Tchernobyl. A la fin on reçoit une note, c'est comme une instance d'évaluation. Bon, on vérifie deux fois par an qu'on n'est pas mauvais... » Fabrice propose de me donner une version d'un rapport produit récemment sur la « Radioactivité de l'environnement et [les] doses de rayonnements en Suisse ». Il a prévu d'en donner également un exemplaire au fermier d'à côté, un monsieur qui continue de manifester une certaine méfiance vis-à-vis des activités du CERN. « Une fois par an, je vais chercher des produits d'agriculture chez lui et je les mesure, à force je lui dis bonjour, on parle. C'est monsieur Grunder, il est là depuis trente ans ».

HIGGS DANS LE CHAMP DE MIEL

Alexandre, physicien, me reçoit au Centre de Contrôle de l'expérience CMS, une des quatre grandes expériences menées par le LHC. Tandis que nous parlons, nous avons un œil sur l'un des multiples écrans de cette tour de contrôle un peu particulière. A tout moment, nous savons comment tournent les protons, où ils en sont de leur cycle de vie. « En ce moment, nous sommes en ramp down », explique Alexandre. « Dans la journée, normalement, ils affinent, tant que les experts sont là. Nous l'idée, c'est de parvenir à 250 millions de faisceaux par seconde ». « Ils », ce sont les gens du Centre de Contrôle Central, le CCC. Les physiciens de faisceau, comme on les appelle ici. « Nous, poursuit Alexandre, on exploite les collisions. On a des tableaux avec l'identification des particules, un tableau très propre, mais ce qu'on cherche à faire, c'est comprendre les interactions entre les particules, la structure de l'univers. On dispose déjà d'un certain nombre d'interactions identifiées aussi : l'électromagnétisme, la gravité, la force faible et la force forte... tout ça, on connaît, même si les deux dernières sont déjà plus difficiles à mettre sur le papier. On veut parvenir à comprendre comment certaines particules sont sensibles à certaines forces, d'autres particules à d'autres forces. En fait, on ne connaît que 4% de la structure de l'univers ! Et il y a aussi le problème de l'origine de la matière : on n'a aucune compréhension de ça. On a modélisé un champ de Higgs, le Higgs est partout dans l'univers, il est un des composants de la masse de l'univers. On peut se l'imaginer comme un champ de miel qu'on essaye de traverser, et qui offre une certaine résistance ; à mesure qu'on avance, on est plus lourd. On cherche l'origine de la masse du quark, sauf que le quark est instable et se désintègre en d'autres particules. La matérialisation du Higgs, quant à elle, est tellement rare qu'on ne l'a encore jamais vue. On aura démontré son existence par défaut, en quelque sorte ».

LES FAISCEAUX ET LEURS NAVIGATEURS

Il est 23h, je m'appête à prendre le shift de nuit avec Georges-Henry au Centre de Contrôle Central. Aux quatre coins de l'immense salle, des îlots formés d'un quart de cercle par une lignée d'ordinateurs montés d'un ou deux écrans. Au haut de ces îlots, de grands écrans affichent des mesures. On a un îlot pour les injecteurs, un îlot SPS, un îlot qui gère l'eau, l'électricité et la cryogénie, et un dernier îlot LHC. Dans chacun des îlots, deux personnes tiennent leur tour de garde. C'est l'heure des passations, l'équipe précédente débrieife celle qui s'appête à prendre son quart de nuit. Ils s'assoient tous les 4 en cercle, Laurette et Georges-Henry écoutant attentivement le hand over. De ce premier échange, je ne comprends rien, à peine la langue qui est parlée, un mélange très fondu de français et d'anglais. Il est question de random, de cleaning. « C'était sur Beam 1? » Ils ont essayé de trouver la cause pendant une heure, ils ont fait un roll back. « C'est visiblement la cavité qui a des problèmes ». J'entends que ce problème, dont on n'identifie pas complètement la cause, empêche de « partir en physique ». Les coordinateurs n'étaient pas d'accord, certains n'ont pas voulu risquer de compromettre un test de physique. J'entends

3

beaucoup « remplir ». J'entends deep de life time, qui sonne aussi comme un problème. Ce sont les « mêmes symptômes » qu'il y a quinze jours, et cela concerne la même cavité, fait remarquer Laurette. Pour compléter le tableau de ce qu'il est advenu dans les heures précédentes, la jeune femme dit que « plus ou moins en même temps, on a perdu des BLM parce qu'on a perdu la REV. Donc on a décidé d'avorter et de faire de la physique. On a aussi des problèmes pour injecter. Dans l'avant dernière injection de faisceau, on a eu des oscillations ». J'entends aussi : « On a séparé les beams... manuellement, doucement, petit à petit... »

Bon. Je n'ai rien compris, Un peu plus tard dans la nuit, les quatre équipes se retrouvent autour de la grande table centrale où sont encore quelques restes d'une petite fête organisée par l'expérience LHCb après avoir atteint un de leurs objectifs. On sert des jus d'orange et on se partage le tiramisù. L'ambiance est intime. Je me présente : « Sophie, anthropologue, suis venue enquêter sur le LHC, son rapport au sol, les échelles qu'il doit coordonner pour produire du cosmos une image claire ». Chacun, en retour, y va de ses quelques mots sur son îlot. Il semble qu'on ait le temps de discuter, la nuit s'annonce calme, les machines ronronnent toutes gentiment derrière nous et les faisceaux ont atteint leur vitesse de croisière. De retour à notre poste dans l'îlot LHC, Laurette m'explique qu'un faisceau compte 1380 paquets. On compte aussi en train, il y a des trains de 144 paquets, des trains de 72 paquets. Et ils produisent des effets dynamiques différents, ils vont avoir une granularité différente. « Mon objectif, dit Laurette, c'est de garder des caractéristiques stables sur l'ensemble du faisceau. Maintenant que la machine a de la maturité, on a du feedback. On travaille avec ce feedback pour essayer de garder les paramètres les plus constants possibles. Mais à chaque fois on se pose la question « est-ce qu'aujourd'hui est un bon jour? Pas un bon jour? ». C'est comme tous les pilotes, on a toujours le même circuit, on a toujours les mêmes voitures, mais il y en a un qui gagne »... Produire un bon faisceau et le rendre stable : c'est une question technique, mais qui va également dépendre de très nombreux paramètres qui ne sont pas toujours contrôlables. C'est comme si les faisceaux avaient une vie en propre, et que chacune de ces vies étaient irréductibles les unes aux autres. « Tout cela, me dit Laurette, va dépendre de l'historique, de ce qui a été fait comme cycle magnétique avant par exemple. Et puis ce n'est pas pareil d'injecter au bout de 2 heures ou au bout de 5 heures. On regarde ce qui s'est passé dans les 24hrs, « il s'est passé ça, je peux m'attendre à avoir ça comme problème ». Le vide aussi, par exemple, c'est du tâtonnement ».

Dans le lot de ce qui peut faire une différence, les physiciens de faisceau comptent également volontiers le fait d'avoir participé ou non à la période de démarrage. « Ceux qui ont vécu ça vont avoir tendance à remplir step by step pour aller en collision. Alors que ceux qui arrivent juste vont être moins sensibles à ça, ils n'ont pas vécu toute la période de tests, les instabilités », explique Laurette. Peut également faire une différence le fait de « venir de l'expérience », être physicien, ou être ingénieur – moi, dit Laurette, je suis côté machine. Après il y a aussi les impondérables. Comme vendredi il y a quinze jours, un câble électrique a brûlé et c'est l'injecteur qui a sauté. Et il y a un mois, au cours de travaux réalisés sur le réseau, un technicien a donné un coup de pioche sur un câble. Le monsieur s'en est bien sorti, il a eu beaucoup de chance, le coup a porté entre la terre et le câble. Mais là, la machine, elle n'a pas aimé...

Et tandis que le temps passe lentement... tandis que rien ne se passe de tous ces événements possibles susceptibles d'advenir à tout moment... Laurette et Georges-Henry continuent d'évoquer ces nuits qui « ne sont pas les mêmes », ces nuits agitées, chaotiques, « des nuits où on doit faire trois injections » par exemple. « On peut avoir des pics de vide », des phénomènes complètement aléatoires pour lesquels il n'est rien qu'on ne puisse faire, on perd le faisceau sans comprendre. On essaye des choses, on réduit l'intensité, mais « des fois, ça ne passe pas ». Georges-Henry et Laurette notent, comme pour eux-mêmes, que « c'est beaucoup par séries » : « Quand un équipement commence à avoir une défaillance, on va en avoir par séries. On a eu une série d'alimentations qui claquaient, maintenant on a une série avec des problèmes de vie du faisceau. On a eu aussi une série avec les kickers, les aimants rapides qui servent à l'aiguillage, et

6

qui ne kickaient plus – et « là, bizarrement, on n'en entend plus parler ». On a eu aussi la série des UFO, pour « Unidentified Falling Objects » ou « Unidentified Fast Objects », c'est selon, on dit l'un ou l'autre. On avait comme des petites bulles qui tombaient sur les faisceaux qui induisaient des pertes très rapides et les faisceaux disparaissaient. Et personne n'a jamais compris ce que c'était. Il y a eu plein de tentatives d'explication et de manips pour tenter de les reproduire. Ça pouvait être de la poussière, on n'a jamais vraiment trop su. « Quand on pousse la machine, diagnostique Laurette, ça met en limite un certain nombre d'équipements ». Tandis, encore, que, comme cette nuit, rien ne semble vouloir bouleverser l'homogénéité et déstabiliser les stable beams, Laurette me confie : « mon truc à moi, ma psychose, c'est d'avoir une homogénéité dans les bunchs. Ce n'est pas très scientifique, mais je préfère prendre le temps à l'injection pour avoir des paquets homogènes. C'est d'expérience ». Et lorsque, comme cette nuit, il n'y a pas grand-chose à faire, Laurette « aime bien observer », observer le temps d'optimisation entre deux levelings, faire des corrélations, regarder régulièrement les niveaux de perte. « Ça aide à comprendre s'il y a un dump après. C'est ma façon d'apprendre, observer le faisceau. C'est comme vous, l'anthropologue. Sauf que moi, l'idée c'est d'observer les autres pour essayer d'homogénéiser. Je veux voir comment le faisceau réagit à telle situation. Qu'est-ce qui fait qu'on a, aujourd'hui, un faisceau qui perd plus que l'autre. Voir quelles actions on peut faire pour améliorer le faisceau. Ce qu'on peut tenter. Mais quoi qu'il en soit, c'est toujours le faisceau qui a le dernier mot. Le papier peut dire que le faisceau doit faire ça ou ça, si la machine ne veut pas... c'est mon côté technique ». Puis retournant aux commandes : « On va commencer l'optimisation pour LHCb, ils nous l'ont demandé toutes les trois heures, on y est. On va essayer d'envoyer une petite correction quand même ». Sur l'un des écrans, Laurette consigne sur le Note Book les opérations qu'elle effectue.

La nuit s'étire, il est 5h40. Nous sommes plusieurs à sortir de la salle – pour la première fois de la nuit, en ce qui me concerne... – pour ranger des plats dans la cuisine et nettoyer la table. Lorsque je reviens, « tout a sauté, on a perdu la com! ». Sur les écrans, Beam 1 et Beam 2 annoncent « zéro » là où, quelques minutes plus tôt, ils affichaient imperturbablement 1380... Sur les différents écrans, des mesures se mettent au rouge un peu partout... C'est l'affolement! A LHC, on cherche tout de suite quelle peut être la cause de ce down. Laurette annonce tout de suite « la cryo en a pris un coup, on n'aura pas le temps de reemplir... »... à un moment où tout le monde se félicitait, coupe de champagne à la main, du confort d'avoir un beam « stable comme ça »! « L'événement initial » est diagnostiqué en RBA78. Il s'agit d'un main dipole. « Là, c'est du hardware, c'est une casse mécanique. L'expert est en train de regarder ce qui s'est passé ». Sur un écran qui diffuse en instantané des messages à l'ensemble des expériences et sur l'ensemble du site, Laurette écrit : « No beam before 8h30 ». L'équipe suivante commence à arriver... Poursuivant le jeu des corrélations : « Bon... qui a ouvert sa porte de garage? » Laurette passe à côté, dans l'îlot Cryo « Ouh là... c'est bien rouge... ». Le téléphone sonne. Des différents centres de contrôle des expériences, les physiciens appellent pour savoir ce qui se passe et quand ils pourront « retourner en physique »... « alors que là, ce n'est pas notre premier souci », commente Laurette en aparté. Elle leur explique : « We recover the cryo first, it's gonna take a couple of hours », une heure pour la cryo donc, et une heure de pré-cycle, c'est ça, on n'aura pas de faisceau avant 8h au moins. Après avoir racroché : « si l'événement initial est plus grave qu'on ne pensait, il faudra faire un accès ». En attendant des nouvelles d'un expert, Laurette, à son ordinateur, fait une analyse post-mortem : sur les trois écrans qui lui font face, elle a un snapshot jusqu'à mille tours avant l'événement, ce qui ne correspond qu'à quelques millièmes de seconde.

Je vérifie la cause et que le dump s'est bien passé – plus que les causes, pour lesquelles elle est vite désarmée et ne peut aller qu'en hypothèse, elle cherche à prendre la mesure des conséquences pour la machine. Il faut s'assurer qu'on est en état, qu'il n'y a pas de défaut caché. Je vérifie la trajectoire des particules, les pertes et puis les séquences, c'est-à-dire la mémoire circulaire (les enregistrements automatiques). Elle prend un nouvel appel : Je fais un reset. Il faudrait en profiter pour faire l'accès tout de

5

suite. On ne sait pas pourquoi elles se sont déclenchées. Ce n'est pas physique, c'est un single event topset. ... Là le reset n'a rien fait du tout. J'appelle le Machine Protection Panel, qui vérifie que le système de protection des aimants s'est bien passé. On a confirmation que ce n'est pas physique. Je vais devoir appeler le Quench Protection System, pour vérifier l'état super-conducteur des aimants. C'est eux qui vont déclencher la décharge de l'aimant de manière à ce qu'il ne fonde pas s'il n'est plus en supraconductivité. « Je sens qu'on a un accès, George-Henri... », dit Laurette à son partenaire. Elle appelle quelqu'un d'un autre service, qu'elle réveille. Lui explique ce qu'il arrive, ce qu'on voit s'afficher en orange (au lieu de vert) sur l'un des écrans : « Il faudrait que tu regardes si toi, tu peux faire un reset là-dessus ou s'il faut faire un accès. La dernière fois que j'ai vu un contrôleur orange là... ce n'était pas bon signe. J'ai un autre aimant, le B32R7, où là je n'ai pas de QPS. Souvent, ce n'est pas bon... Tu penses qu'il faut descendre? ...Tu me reconfirmes? »

LE PHYSICIEN ET LE TRAJECTOGRAPHE

Florian, assis à son bureau, tourne sa chaise vers le tableau blanc dans son dos et commence à dessiner quelque chose. « Voici un trajectographe. Tu le mets dans le champ magnétique, la particule va faire une courbure par le champ magnétique. Si on a une grosse impulsion, la particule part droit, sinon elle va faire ça » – et Florian de figurer au tableau une boucle, comme une boucle de cheveux. Et de poursuivre : « Le trajectographe est composé d'un aimant et d'un détecteur. Au centre, le ID, c'est un trajectographe. Il regarde la trajectoire. Quand la particule va sortir, elle va être déviée. Plus elle a la pêche, plus elle va aller droit; plus elle est lente, au contraire, et plus elle va dévier ». « Mais là... il faut voir la dimension de ce truc! », s'exclame Florian. Il complète son premier schéma en dessinant comme des pétales de fleurs que viennent couper trois rectangles : ce sont des chambres à muons... qui font chacune la taille de la pièce dans laquelle nous nous trouvons. En partant du faisceau, la trace va faire une courbure de 0,5mm... « Et comme notre objectif de départ, c'était d'avoir une résolution de 10% à 1TeV, on se retrouve à trouver comment mesurer cette trace à 0,05mm!! C'est comme si on lançait un tout petit objet de ce bout de la pièce », mime Florian en se collant à la vitre, jusqu'à l'autre bout et qu'on voulait obtenir une trace de 50 microns! Pour ça, il faut savoir comment sont les chambres les unes par rapport aux autres. On sait qu'on a les trois chambres... mais est-ce que tu sais où est l'ordinateur par rapport à la table? Et si tu chauffes en allumant le radiateur, ta mesure va bouger! Si je fais ça avec mon crayon sur la table, dit-il en l'appuyant sur son bureau, je perds déjà 100 microns! Là c'est pareil, tu cales les choses, puis tu allumes l'aimant et les chambres bougent joyeusement dans tous les sens de 2mm! Quand on les a installées, on les a installées avec une précision de 5mm près, c'est déjà beaucoup, c'est comme si on te demandait de garer ta voiture à 5mm près! Alors on a installé des capteurs optiques sur les chambres, qui suivent les mouvements des chambres. Quand on n'a pas de senseurs, on fait des simulations, on bidouille, mais c'est toujours plus compliqué dans la réalité. Alors plus tu as d'informations, mieux c'est. Il y a comme ça 10000 lignes optiques dans tout le détecteur.

LE MICRON ET LE TERRAMÈTRE

Service de la métrologie directionnelle. On s'y occupe de la métrologie et de l'alignement des aimants. L'opération d'alignement est capitale, en ce qu'elle assure l'obtention de « beaux faisceaux ». « Ça se fait suivant des techniques un peu standard », m'explique Dominique. Évidemment rien de tout cela ne peut se faire quand le LHC tourne, parce qu'alors on ne peut pas accéder au tunnel à cause de la radioactivité. C'est donc dans le creux du LHC, en quelque sorte, lorsqu'il est mis en veille, que les équipes du service de métrologie se mettent au travail. « Les détecteurs, commence Dominique, sont constitués, entre autres, de trois aimants de focalisation, qu'on appelle des quadripôles. On a installé, sur ces quadripôles, un système de monitoring permanent. Ce qui nous intéresse, c'est de connaître la position des aimants les uns par rapport aux autres et

8

aussi de connaître leur position par rapport à l'expérience. Au début, pour aligner les aimants, on utilisait un réseau de points géodésiques sur 100 km de l'emprise du CERN. Ces points ont été mesurés dans les années 1970 avec les instruments les plus précis qu'on avait à l'époque, comme le Terramètre, qui n'existait qu'en un ou deux exemplaires dans le monde. Et on a fait aussi des mesures d'angle. Au milieu des années 1980 sont apparues les techniques GPS. C'est à la même époque qu'on a déterminé le réseau géodésique, puis on a descendu des fils à plomb par les huit points sur le ring, avec des lunettes nadiro-zénithales. Avec cette technique, on arrive à descendre un point en surface cent mètres plus bas avec une marge de un ou deux millimètres. A cette époque, on faisait aussi des mesures girothéodolites, en utilisant un appareil qui mesure les angles en déterminant trois points. Mais ça demande une précision infinie, parce que si on a une erreur infime, elle se répercute de proche en proche et après on finit par se retrouver avec plusieurs centimètres d'écart... Donc on doit mesurer les angles par rapport au Nord géographique, comme ça l'erreur n'est pas répercutée parce que le nord n'a pas bougé. Les physiciens dessinent une machine dans un plan local. Si cette machine est connectée à une autre, alors ils nous demandent de déterminer les points de départ et d'arrivée. Au CERN, on utilise le « CERN Coordinated System », CCS. Nous on leur donne l'input, un point et un angle de direction, et eux ils calculent des fichiers de coordonnées théoriques. C'est aussi nous qui dessinons les lignes des faisceaux, en fonction des données que nous procurent les physiciens, on matérialise la ligne du faisceau. C'est nous qui faisons le premier tracé».

« Pour aligner tout ça, poursuit Dominique, l'idéal serait de pouvoir tendre un fil sur 20 kilomètres, mais ça on ne sait pas faire. Le mieux qu'on ait fait, c'est de tendre un fil sur 500 mètres, mais c'est déjà très difficile, il faut des fils spéciaux, fragiles et qui cassent facilement. Donc on part sur des fils de 200 mètres, en faisant des recoupements. Le sol bouge, on bouge les aimants pour qu'ils restent dans l'alignement. Une équipe de géologues avait fait des sondages dans toute la région, dans les années 1980, pour étudier les sols. Ils travaillaient en relation étroite avec le service « Site & Patrimoine », de Youri. On travaille en permanence avec l'IGN français et l'office fédéral géographique côté suisse. On est aussi en contact avec les mécaniciens projeteurs en 3D, qui doivent représenter la terre, sphérique, dans un système cartésien. Mais ils ont évidemment des problèmes au bout de 100m, parce qu'il y a une différence entre la sphère et le plan d'environ 8mm. Donc ils font de l'intégration. Nous on n'est pas dans un système cartésien, on est en rapport à la terre. Le centre de notre système de projection, au CERN, est le centre du PS. Notre plan est en XY, le Z c'est la verticale mais on ne peut pas la déterminer, et on a aussi le H, qui suit la sphéricité de la terre... enfin c'est même plus complexe, il s'agit d'un ellipsoïde. Donc on a quatre coordonnées. Si la machine était sur un coin de table... si tout était resté dans l'environnement du PS, on n'aurait pas eu besoin de tout ça... nous, le problème auquel on se trouve confronté, c'est qu'on est sur un plan de 10 kilomètres par 10 kilomètres. Le PS, dans les années 1950, était dans un plan. Point. Pour le SPS, on a commencé à observer qu'il y avait des distorsions dont on devait tenir compte. Donc on doit leur donner les paramètres de transformation qu'ils vont utiliser en plan cartésien. Les physiciens ne veulent pas subir les transformations de la terre. On a, comme ça, une dizaine de systèmes locaux à déterminer – par exemple un hall à un endroit où on va installer une nouvelle machine, on doit calculer à quelle distance du centre de référence il est et ses paramètres de transformation. Eux ils réduisent, bien sûr, ils ne travaillent pas sur des maquettes sur des kilomètres, ils sont sur une centaine de mètres, tout au plus. Ça, c'est un travail théorique, ce sont des calculs qu'on fait sur l'ordinateur. Dans les études qu'on mène sur le CLIC, on doit transformer ce Z en H, connaître le géoïde, le prolongement de la mer au niveau des continents. Il faut tenir compte des déviations de la verticale, et on fait ça en étudiant la modélisation de la forme de la terre. On doit pouvoir déterminer le géoïde à 30 ou 40 microns près et ça n'a jamais été fait à une telle précision... On fait des tests là, à Villeneuve : on a loué des terrains aux paysans et on a installé, dans un tunnel où il n'y a pas d'éléments dedans, un point tous les dix mètres, on fait des mesures par rapport aux étoiles. On a loué pendant deux ans à un agriculteur du coin.

7

On a aussi chez nous une personne qui s'est intéressée à l'influence des marées. On a des points dénivelés entre un côté du LHC et un autre, et on a installé, au-dessus des aimants, un tuyau, un réseau d'eau déminéralisée, qui relie tout sur 120 mètres de part et d'autres des expériences du LHC. Et on a en plus un réseau d'eau qui fait le tour de la caverne. Ces réseaux sont monitorés en permanence et on peut déterminer grâce à eux un certain nombre de positions. On mesure la distance entre le plan (les capteurs) et le plan d'eau, et on peut savoir ainsi en permanence la position entre le quadripôle Q3 d'un côté de détecteur, et le quadripôle Q3 de l'autre côté. On a aussi un fil sur quarante mètres de chaque côté. On a fait faire une galerie parallèle, on a des grands fils de 120 mètres. Six endroits, avec des fourreaux. Tout cela, ce n'est que pour Atlas et CMS. Et on arrive ainsi à savoir où est l'expérience. Le problème, c'est que l'eau est perturbée par les marées : sur nos monitorings, on voit toutes les douze heures la forme des marées ! Donc on doit mesurer l'influence de l'eau dans le tuyau et aussi sur les aimants. La terre bouge, les aimants aussi. Donc il faut connaître les mouvements des aimants eux-mêmes.

LA BULLE, LA TRUITE ET LE COSMOS

J'ai rendez-vous à 8h30 au service de métrologie directionnelle. Quelques semaines plus tôt, les faisceaux se sont éteints pour la trêve hivernale. Ici et là sur les sites du CERN, l'écran affichait : « *** End of 2011 Run***. Thank you for all this brilliant and exciting year. We look forward to another unforgettable year 2012. *** Start of Xmas Technical Stop*** ». Je descends aujourd'hui dans le tunnel avec Elizabeth et Alex. Avant de descendre dans « les entrailles de la terre », nous préparons le matériel : l'écartomètre de 1 mètre, dans sa boîte en bois ; les bulles ; ne pas oublier de prendre des piles. Les casques et les « Biocell », les ceintures auxquelles sont accrochés les masques dont nous pourrions avoir besoin en cas de fuite d'hélium. Avant de partir, il faut « régler la bulle ». Au rez-de-chaussée, dans un des ateliers du service, Elizabeth règle donc les bulles – la bulle sphérique et une autre, plus précise et aussi beaucoup plus sensible – sur la paillasse de marbre épais qui sert de plan de référence. Pour que la bulle soit centrée au mieux, elle la règle avec un pas de vis. A mesure du temps, les bulles se dérèglent, à cause des chocs quand on les trimballe dans son sac par exemple. « Il y a des limites mécaniques, physiques, à la précision des mesures ! », s'exclame Elizabeth ! Une fois les colonnes installées et le fil tendu entre elles, Elizabeth et Alex mettent en place l'écartomètre, fixé à l'une de ses extrémités sur un point fiduciel sur l'aimant. En faisant bouger sur la règle un petit écran surmonté d'un viseur optique, Alex vient placer la partie mobile de manière à ce que le fil soit sous le viseur. Pour se pencher sur le viseur, Alex doit se percher sur une petite caisse en bois. Après quelques ajustements à l'œil, Alex me propose d'y regarder. Au centre du viseur, il y a un cercle. Dessous, le fil dessine comme un trait (c'est d'ailleurs comme ça qu'ils l'appelleront de temps à autre). Viser consiste, pour Alex, à déplacer le viseur de manière à ce que le cercle repose sur le trait – à « trouver la tangente ». L'écartomètre est utilisé pour se décaler par rapport aux points d'alésage, à l'extérieur de la courbure dessinée par les aimants. Il doit permettre d'éviter de rencontrer les problèmes d'hier, où l'écartomètre, trop court, venait taper dans les racks en fer au dessus des aimants. « A 60 centimètres, ça touchait un capot, on a redécidé à 100 centimètres ». Elizabeth dispose une bulle après l'autre sur le premier point d'alésage, qui va servir de référence. Au besoin, elle réajustera d'un très discret coup de vis le plan du point d'alésage. « Ça, c'est le juge de paix ! », plaisante Elizabeth au moment d'installer la plus grosse des deux bulles. « Bon... là c'est pas mal... En même temps, c'est une bulle très sensible et là on n'est pas au micron, on ne va pas pinailler. Elle est vraiment tellement sensible, celle-là, je la connais bien, je peux la faire aller où je veux en la touchant un peu ». Alex, cent mètres plus loin, est en train de faire des réglages sur la colonne elle-même. Il tourne en un sens, en l'autre, les différentes manettes qui, à plusieurs endroits de la colonne, permettent de la stabiliser. Pour contrôle, il regarde la petite bulle dont est munie la colonne. Equilibrer et stabiliser la colonne, en centrer la bulle, est une opération tout aussi délicate que de

10

trouver la tangente dans le viseur.

A chaque station, il faut aussi régler la hauteur du fil, directement à partir de la colonne, afin qu'il vienne se glisser sous le viseur. A la fin d'une station, au moment d'enregistrer les données sur le petit moniteur, Alex et Elizabeth consultent l'ensemble des mesures prises, ainsi que les écarts calculés par la machine sur la base de paramètres entrés préalablement. « Là, on a un écart de 1,8, c'est un peu beaucoup... La tolérance sur les dipôles du LHC, c'est de 0,2. C'est le déplacement toléré par rapport à la mesure théorique, faite au moment de la mise en place des aimants. Bon, de toute façon, c'est pour ça qu'on fait les mesures. Après ils vont passer le rabot. Allez, on fait la fermeture ». « L'année dernière, raconte Elizabeth, un vendredi soir, on a laissé le matériel dans la voiture, on était fatigués. Le lundi matin, bon il faisait froid, on a bien vu que les instruments étaient froids mais bon... On a fait des mesures pendant trois heures, sur une opération qui nous en prend habituellement quatre. On était presque au bout et on s'est rendu compte que nos mesures étaient fausses ! De deux dixièmes ! C'est vrai qu'à ce degré de précision, l'atmosphère, ça compte ! »

Nous finissons une nouvelle station puis nous arrêtons pour déjeuner. On réinstalle ensuite le dispositif pour le troisième segment, en continuant à remonter le tunnel d'injection. Encore plus qu'à la station précédente, le fil au milieu passe largement au-dessus du viseur. Il faut détendre de beaucoup le fil. Avec les courants d'air, si subtiles soient-ils, il remonte, bouge, vacille. Impossible de le capturer dans le viseur ni de le stabiliser.

- Il faut que tu le redescendes un peu, que tu donnes encore du mou, et je me dépêche de faire la mesure. [Et s'adressant au fil] Oh là là, calme-toi, calmos... Ah non mais là, je ne peux pas mesurer.... [Plus fort à l'adresse d'Elizabeth] Pas possible, Elizabeth, ça bouge trop !

- Comment ils ont fait, l'année dernière ?

- Ils ont peut-être mis un poids sur le fil...

- Je vais demander à Patrick. [Au téléphone avec Patrick] Tu sais, on est juste à l'endroit où il y a la pente, avant que ça ne remonte. Et le problème, c'est que le fil est tout droit, donc quand on arrive au centre... Si si, les colonnes sont déjà sécurisées... Non, c'est déjà tout en bas...

Alex et moi continuons de regarder le fil remonter doucement... « Ça a pris deux ou trois centimètres, c'est pour ça que dans le LHC ils ont mis des gaines ». Elizabeth poursuit au téléphone : « Alex proposait de mettre un poids... Ok, je retends et on met quelque chose sur le fil ». Après avoir cherché un moment dans son sac, Elizabeth finit par poser sur le fil son trousseau de clefs. Ils parviennent à régler la hauteur du fil en déplaçant le poids le long du fil.

- Ah... ça bouge...

- Il faut laisser le fil se stabiliser

- On peut peut-être tendre un peu ? et on bougera les clefs.

- On n'a qu'à faire plusieurs lectures et on fera la moyenne.

Du bout du doigt, Elizabeth stabilise les clefs et Alex parvient enfin à prendre une mesure. Puis il décale l'écartomètre au point suivant. « Il faut que tu approches les clefs. Recule un peu... top ! » Bon an mal an, ils viennent à bout de cette nouvelle station. Nous avons passé du temps dans ce creux, et personne ne se sent le courage d'attaquer une nouvelle station. Ils démontent le fil, déplacent les colonnes qu'ils rangent dans une petite galerie connexe. Nous regagnons la surface.

9

INCOMMENSURABLE THINGS

Little tales to show how two incommensurable things can be made commensurable by Sophie Houdart

THE MACHINE AND THE WILD BOAR

Yuri is a surveyor in the CERN’s “Site and Heritage” department. I have come to talk to him about the marks the LHC leaves in the landscape and the way it is connected to the earth and the soil. I want to understand the scale of things so I can feel the importance of what is happening at the LHC. More than that, in fact, I have come to find out what we need to keep in mind to get a coherent image of the universe. Sometimes rather unexpected things.

I meet Yuri and Samuel at Ornex, on the road between Ferney-Voltaire and Gex, near an auto junk yard. As well as at the people from the Site and Heritage section, there are three technicians from the Electricity and Connector Technology departments. The owners of the auto junk yard are there, too, with plans to show us the work they want to have done. To comply with environmental regulations, they have to collect the water run-off from the parking lot, and so plan to lay a concrete slab over the dirt yard. They filed a works declaration and were referred to the CERN because of the easement over their land: the CERN has networks with fibre optic and high tension wires in the same trench running along the edge of the junk yard and into the forest. Samuel explains that the trench contains the fibre optic cable and the 66,000 volt cable that supply CERN’s Points 5 and 6. “We are tightening up about work being done where the network goes through after what happened a month ago,” said Samuel. “There was a big fuss about it. The workers just rolled up – apparently they had a post to put straight. It was over Crozet way, on the motocross track there. One of the workers gave a great swipe with his pick and we had to change ten kilometres of fibre …” While we are talking, Yuri is poring over the plans trying to work out where the trench goes from the junk yard. It disappears on the orthophoto plan where it goes under the trees.

- Junk yard owner: We also wanted to ask you if we could extend this bank along the fence? If we could extend it and raise it 80 centimetres, to keep people out, because there is cash here... and to protect people who might take it into their heads to wander into the yard.
- Owner’s wife: Do you have to be able to get in, there? If there is an emergency... Do you need a fence?
- Junk yard owner: What sort of emergency could there be? Is there maintenance to be done on the network? Because if you tell us you have to come back in a couple of years’ time...
- 1st technician: The work we are doing is a bit further along, by Meyrin, is for the SPS, but the SPS dates from 1954, that’s why they are renovating it. The cables that run along here are not as old as that... they won’t need renovating for fifty years or so.
- 2nd technician: And now we run the cables through a sheath so we don’t bother anyone any more.
- 1st technician: But we can’t say today that we won’t be back. For fibre optics there is never an emergency that has to be repaired at three in the morning.
- Owner: As soon as you give us the papers, we’ll start work. The DRIR is putting the heat on.
- Yuri: You’ll have to be careful, on the plans there is a 34 cm difference with the NGF (General Levelling of France). We are not using Lambert coordinates either.
- Owner: We would like Lambert and NGF.
- Yuri: We can print the plans for you in Lambert, but for NGF, we will give you the conversions. The surveyors around here know about CERN in any case.
- Owner’s wife: In this part, the trench goes into the forest—you’ll need to check that out as well. There have been changes in the forest. Since they put in the county road there has been quite a lot of traffic. There is a pond a bit further in, too. And with the bikes and the rest there is an area that is a real bog for the wild boars. You will have to make sure the ground has not moved, check for subsidence and slips.

Wild boars, forest tracks, auto junk yard owners... We are still talking about the LHC, but it already sounds chattier and more human. The changes in the forest do not pay much heed to the LHC, but the LHC has to take them into account and is dependent on what is happening there.

THE CARP AND THE BEAM

Julian is a technician in the CERN’s Environment department. I am going on his rounds with him. He ranges over the area marked out by the LHC to measure the radioactivity in the air, water and soil at various stations. We are at Point 6 on the LHC ring, near Versonnex. “That is where we have our carp pond,” Julian tells me. “There are lots of frogs.” I remember that this is the point where Gregory had a long talk to the caretaker, who told him what was going on at Point 6– picnics, badgers, fishermen making a fuss. “We’ll take a water sample at PMW960,” Julian goes on. “That is where they dump the beam when they have to. The whole beam explodes in the ground, but there is so much earth between us and the beam that there is hardly any radioactivity.” We go as far as the pond and lift the trap over the test station. “Apparently they managed to hold a beam for 23 hours! It’s the longest beam yet.” Julian is not quite sure but he thinks this must be a natural pond because the basins they make are not this shape. We go into one of the buildings. Julian says there was a time when he spent most of his day underground, in the tunnel. “We used to take the lift here: it was a real passageway between the two worlds, the surface and the underworld. You feel really disconnected. We went down in the morning and when I came up again it was dark.” It was the Polish workers who fished and ate the carp.

THE CRAZY FARM

When I come back from collecting air, water and soil samples, I sit down at the table with Fabrice, from the Environment department, to look at a map of the region showing the track of the LHC. We are surrounded by measuring instruments, vats, test tubes and flasks. We are in the department’s analytical laboratory. Fabrice

tells me what will happen to the samples and filters I have collected with Julian: “We collect aerosols from the filters with this machine, which will do alpha and beta measurements. That takes about an hour for each filter. The first machine is used for gross alpha-beta counting. The machine is highly sensitive and will look at all the particles. After that we fold the filters into little cubes and put them into the detectors. Those ones only make gamma counts, measuring photons. The machine is not so sensitive but we sort. We give the worst scenario to the first machine. The calculations are based on the worst nuclide, so phosphorus 32. We imagine that it happened in the air, got into the cows’ milk, which will be given to children, for example. It is rather the German way of seeing things. We call it the Crazy Farm Scenario, which means imagining a child wallowing in the mud, drinking stagnant water and breathing air in the same place all year round without ever moving away. Another version, on the contrary, works with more realistic lifestyles. We imagine growing our own crops, but realistically: you really have to work to produce 15% of your needs yourself! Here we use a realistic model, but still take the worst nuclide. We imagine a field, with cows in it, for example. We are in an area where people want to build. So our scenario means working with a hypothetical house that people want to build for themselves... not kilometres away from the dump, because otherwise we would have to take measurements regularly as the houses gradually get closer to the sites... but a house that could be built right beside it.” Fabrice takes as an example this place at the edge of the site, at Prévessin, where the beams are dumped. “A physicist with a PhD works out the scenarios, he is mad on them. Our scenarios are pessimistic, all the same; in fact it is the only way to be sure that nobody anywhere gets more than a tolerable dose. But it is still not the very worst scenario, which would be a child stuck in his house eating nothing but his own carrots! These scenarios help us to gauge the size of our installations. If a physicist comes to the CERN and says “I want to bombard this area with particles, the CERN must be able to tell him everything that must be taken into account. We calculate the impact and if the calculations are too high, we set limits. We do scenarios linked to impact calculations. We also measure emissions, distinguishing the different nuclides, because each one has its own way of moving, in the air, through plants, or bodies. There are doctors working on it, too. And if all our measurements were bad, we would still have another barrier: the filters which suck up the ambient air. We measure what people really breathe in. And we have never found anything, not a trace. Except once, one measurement was over the natural value and the physicist was really pleased about it because it validated his model. And there again the measurement itself was tiny. So we keep on measuring nothing. We are below a nanosievert a year. For gases with a short half life, we are at a few microsieverts a year. At 10 micros, we stop putting money into improving the system and we are at 13l Our reference for the air is at Point 5, the hut that the CERN shares with the football club. It’s our reference because we know that it is too far away for it to be the CERN. At Fukushima, they found traces of iodine 51 and caesium 134. We take samples of grass, sediments, water. We go as far as Lake Geneva. That is our routine work. We are still seeing fallout from the nuclear testing in the 1960s and from Chernobyl! We still have fallout that can be measured today—the air has a history. Our physicist has done a lot of work on tritium; we have traces from the 1960s. He is a Slovak, and in his field he found water going back 3000 years, water from before the testing. He brought it back so we could use it as a reference—it is the zero point for our water. It is kept in an aluminium bottle to avoid contamination. Tritium is very slightly radiotoxic, so to detect it in a sample you have to use a fluorescent product to amplify the light signal. The two big machines in the first room are used for detection in water. We do the same for water as we do for air: we work with scenarios involving someone watering his carrots with water from the river! That is what we do! Every year we collect sediment from the rivers, and we work with mosses, too, which are excellent bioaccumulators—they pick up dust particles and keep them. We take this dust and dry it. It acts like a filter. It lets us see “traces of...” It is not really a measuring instrument, but an indicator. We have to follow all the directives which change at European level, such as the Euratom directive. The laws are getting much stricter for plants and animals. We are going to have to look at the impact on the mosses themselves. The figure given today corresponds to the worst-scenario impact on humans. Now we are going to have to worry about mosses, cows, trees... I wonder where that will take us! We will measure cow’s milk! They did that a lot after Chernobyl. Incidentally we have tins of milk powder from Chernobyl, for intercomparison. Twice a year, we have requests for analysis from France, Switzerland and Germany. The laboratories register and then send us a case and they can ask us to measure anything at all—like a tin of milk powder from Chernobyl. At the end we are sent a bill, it is like an appraisal. We check twice a year that we are not too bad...” Fabrice offers to give me a copy of a recent report on the “Radioactivity of the environment and radiation doses in Switzerland.” He is going to give a copy to a local farmer, too, who is still suspicious about the CERN’s activities. “Once a year, I go and take samples of his produce and measure them. So I say hello and we talk. His name is Mr Grunder. He has been there for thirty years.”

HIGGS IN THE HONEY FIELD

Alexander is a physicist. He welcomes me to the Control Centre for the CMS (Compact Muon Solenoid) experiment, one of the four great experiments in progress at the LHC. As we talk, we keep an eye on one of the many screens in this rather special control tower. We know how the protons are going, where they are in their life cycle. “At the moment we are in ramp down,” explained Alexander. “During the day, they fine tune, because there are so many experts there. Our idea is to reach 250 million beams a second.” “They” are the people who work in the CCC, the Central Control Centre. The beam physicists, as they are called here. “We exploit the collisions. We have tables identifying the particles, a very precise table, but what we try to do is to understand the interactions between the particles, the structure of the universe. We already have a few identified interactions: electromagnetism, gravity, weak and strong forces. We know all that, even if the last two are already harder to put on paper. We want to understand how certain par-

ticles are sensitive to certain forces and other particles to other forces. In fact, we know only 4% of the structure of the universe! And there is also the problem of the origin of matter: we don’t understand that at all. We have modelled a Higgs field, the Higgs effect is everywhere in the universe, it is one of the components of the mass of the universe. It can be imagined like a field of honey that you are trying to walk through and which puts up a certain resistance; the further you go the heavier you get. We are looking for the origin of the quark mass, except that the quark is unstable and disintegrates into other particles. The materialisation of the Higgs field is so rare that we have not yet seen it. We have proved it exists by default, in a way.”

THE BEAMS AND THEIR NAVIGATORS

It is 11 pm and I am getting ready to go on night shift with George-Henry at the Central Control Centre. There is a quarter-circle of computers with one or two screens in each of the four corners of the huge room. Above each bank, measurements are displayed on large screens. There is a cryo for the injectors, one for SPS, one for water, electricity and bioengineering, and the last one is for the LHC. Two people are on the shift for each bank. It is handover time and the previous shift debriefs the night shift. The four of them sit in a circle, Laurette and George-Henry listening carefully to the handover. They talk in a funny mix of English and French and I don’t understand much of what they say. Something random, something to do with cleaning. “Was that Beam 1?” They spent an hour trying to work out the cause of it, they did a roll back. “The cavity obviously has problems.” I understand that this problem, the cause of which is not very clear, prevents them from “doing a physics test”. The coordinators did not agree: some did not want to risk ruining a physics test. I hear them talk of “filling”. I hear deep lifetime, which also sounds like a problem. These are the “same symptoms” as a fortnight ago, in the same cavity, comments Laurette. To explain what had happened in the previous shift, she says that “more or less at the same time, we lost the BLM because we lost the REV. So we decided to abort and do the physics test. We also had problems injecting. In the last but one beam injection, we had oscillations.” I also hear: “We separated the beams... manually, gently, little by little...”.

A bit later in the night, the four teams gather around the large central table amidst the leftovers from a little party organised by the LHCb experiment when they reached one of their objectives. We share out the orange juice and the remains of the tiramisu. The atmosphere is cosy. I introduce myself. “I’m Sophie. I’m an anthropologist. I’m doing a report on the LHC, its relationship to the ground, the scales it has to coordinate to produce a clear image of the cosmos.” They all have something to say about their computer banks. We apparently have time to talk, because the night is quiet, the machines are humming away nicely behind us and the beams have reached cruising speed. Back at the LHC bank, Laurette explains that a beam contains 1380 bunches. We also count in trains, there are 144-bunch trains and 72-bunch trains. They produce different dynamic effects and will have a different granularity. “My objective,” says Laurette, “is to keep the parameters stable over the whole beam. Now that the machine has been going for a while, we have some feedback. We work with this feedback to try to keep the parameters as constant as possible. But we keep asking the question “Is today a good day or not?” It is the same for racing car drivers, they are always on the same circuit, with the same cars, but there is one who wins.” Producing a good beam and keeping it stable: it is a technical matter, but it also depends on a multiple parameters which cannot always be controlled. As if the beams had a life of their own and the lives are all different. “All that will depend on the past, what magnetic cycle was done before, for example. It is not the same thing to inject after two hours or after five. We look at what has happened over the last twenty-four hours: “Ah, that happened, so I can expect to have such and such problem.” The vacuum, for example, is trial and error.”

One of the things that can make a difference is whether or not the beam physicists took part in the start-up period. “Those who went through the start-up tend to fill step by step to produce collisions. Whereas those who have just arrived are less sensitive to that, they have not been through the entire test period and all the instabilities,” explains Laurette. Coming from the experimental side, being a physicist or an engineer can also make a difference. Laurette says she is on the machine side. After that there are the imponderables. Such as Friday, a fortnight ago, an electrical cable burnt and the injector crashed. A month ago, when work was being done on the network, a technician hit a cable with a pick. He was okay, he was very lucky, the pick went between the soil and the cable. But the machine did not like it.” While time ticks slowly by and none of these events that could happen at any time actually happens, Laurette and George-Henry keep talking about the nights that are not like this one, busy, chaotic nights, “nights when we had to do three injections”, for example. “We can have vacuum spikes”, completely random phenomena when there is nothing to be done and we lose the beam without understanding why. We try things, reduce the intensity, but “sometimes it does not work.” George-Henry and Laurette note that it often goes by series. “When the equipment starts to fail, we will have a whole series. We had a series of faults in supply, now a series of problems with the life of the beam. We also had a series with the kickers, the fast magnets which direct the beam, and which did not kick any more, but funnily enough, we didn’t hear any more about that. There was also a series of UFOs, for “Unidentified Falling Objects” or “Unidentified Fast Objects”. We had something like little bubbles falling on the beams which caused very rapid losses and the beams disappeared. Nobody ever understood what it was. There were lots of attempts to explain it and operations to try to reproduce them. It may have been dust, we never found out. When we push the machine,» diagnoses Laurette, «that pushes some of the equipment to the limit.» While nothing seems to want to upset the homogeneity of the system and destabilise the stable beams, Laurette tells me: “My thing, my obsession, is having homogeneity in the bunches. It is not very scientific, but I prefer to take the time to inject homogeneous bunches. That comes from experience.” And when

there is nothing much to do, Laurette “likes watching”, observing the optimisation time between two levellings, correlating, checking loss levels. “That helps to understand if there is a dump afterwards. It is my way of learning, observing the beam. It is like your work as an anthropologist. Except that for me the idea is to observe the others to try to homogenise them. I want to see how the beam reacts to a given situation. How it happens that today we have one beam that loses more than the other. To see what we can do to improve the beam. What can be tried. But in any case, the beam always has the last word. On paper it says that the beam must do this or that, but if the machine does not want to... that is my technical side.” Then, going back to the controls: “We are going to start the optimisation for LHCb, they have asked for it every three hours, and it is time. We are going to try to send a little correction all the same.” Laurette records these operations in the Note Book on one of the screens.

The night drags on. It is now 5.40 a.m. Several of us go out of the room –the first time this night for me—to put the dishes in the kitchen and clean the table. When I come back, “It has crashed, we have lost the com!” On the screens, Beam 1 and Beam 2 display “zero” where a few minutes before there was a constant 1380. Indicators are going red all over the screens. Panic! At LHC, we try to find the cause of this down. Laurette immediately says “The cryo has dropped, we won’t have time to fill it again...” just when we were congratulating ourselves, opening the champagne to celebrate the comfort of having “such a stable beam!” The “initial event” is diagnosed in RBA78. It is a main dipole. “That is hardware, it’s a mechanical failure. The expert is trying to see what happened.” On a screen which sends messages instantly to all the experiments and to the whole site, Laurette writes: “No beam before 8.30”. The next shift starts to arrive... Then come the correlations: “Right, who opened the garage door?” Laurette goes to the cryo bank. “Wow, that’s pretty red.” The phone rings. Physicists from the experiments’ various control centres are calling to find out what is happening and when they can “go back to physics”. “That’s not our first worry,” mutters Laurette. She explains: “We recover the cryo first, it’s going to take a couple of hours, an hour for the cryo and an hour for pre-cycle, that’s right, we won’t have a beam before 8 o’clock at least.” She hangs up and says: “If the initial event is worse than we thought, we will have to make an access.” Waiting to hear from an expert, Laurette does a post-mortem on her computer: on the three screens in front of her she has a snapshot up to a thousand turns before the event, which corresponds to only a few thousandths of a second. “I am checking the cause and making sure that the dump went well.” She cannot do much about the causes, except guess, so tries to gauge the consequences for the machine.” I have to make sure that everything is good condition, that there is no hidden defect. I check the trajectory of the particles, the losses and then the sequences, that is, the circular memory (automatic recordings).” She takes another call. “I’m doing a reset. We should take advantage of that to get access immediately. We don’t know why they went off. It is not a physics problem, it is a single event upset. The reset did nothing at all. I’m calling the Machine Protection panel, which checks that the system protecting the magnets worked properly. It is now confirmed that it is not a physics problem. I will have to call the Quench Protection System, to check the super-conductor state of the magnets. They will trigger the magnet so it does not melt down if it is no longer in superconductivity.” “I feel we have an access, George-Henry...” Laurette says to her team mate. She calls someone from another department, waking him up. She explains what is happening, what is displayed in orange (instead of green) on one of the screens: “See if you can do a reset or if we will have to do an access. The last time I saw an orange controller there, it wasn’t a good sign. I have another magnet, the B32R7, where I have no GPs. Often that is not good...” Do you think we will have to go down? Will you confirm that?”

THE PHYSICIST AND THE TRAJCTOGRAPH

Florian swivels his chair to face the white board behind his desk and starts to draw something. «Here is a trajectorygraph. You put it in the magnetic field and the particle will describe a curve around the magnetic field. If there is a strong impulse, the particle will go straight, otherwise it will do this,» and Florian draws a curl on the board, like a curl of hair. And then he goes on: «The trajectorygraph is made up of a magnet and a detector. In the centre, the ID is a trajectorygraph. It looks at the trajectory; when the particle comes out, it will be deviated.» «But you should see the size of the thing!» exclaims Florian. He finishes his first diagram by drawing something like flower petals which intersect three rectangles: they are muon chambers... each one is the size of the room we are in. And starting from the beam, the line will make a 0.5 mm curve... «And as our initial objective was to have a 10% resolution at 1TeV, we end up finding how to measure this line to a precision of 0.05 mm! It is as if someone threw a tiny object from this end of the room to the other and wanted to get a 50 micron track! For that, you have to know how the chambers relate to one other. We know we have the three chambers... but do you know where the computer is in relation to the table? And if you increase the temperature by turning on the radiator, your measurement will shift! If I do that with my pencil on the table,» he says, pressing it on the desk. «I already lose 100 microns! There it is the same, you get things stable, then you turn on the magnet and the chambers move 2mm in all directions! When we installed them, we had a precision of 5 mm and that is already a feat. As if we asked you to park your car to a precision of 5 mm! Then we installed optical captors on the chambers, which monitor the movements of the chambers. When we do not have sensors, we do simulations, we work it out, but it is always more complicated in reality. So the more information you have the better. There are 10,000 optical lines in the whole detector.»

THE MICRON AND THE TERRAMETER

Directional metrology department. Here they look after metrology and the alignment of the magnets. Alignment is crucial because it ensures «good beams». «That is done by fairly standard techniques,» explains Dominique. Obviously none of this can be done when the LHC is on, because there is no access to the tunnel because of the radioactivity. So it is in downtime, when the LHC is on standby, that the metrology teams go to work. «The

detectors are made up of three focalisation magnets that are called quadrupoles. A permanent monitoring system has been installed on these quadrupoles. We want to know the position of the magnets in relation to one another and their position in relation to the experiment. At the beginning, to align the magnets, we used a network of geodesic points over 100 km of the CERN’s area. These points were measured in the 1970s with the most precise instruments we had at the time, like the Terrameter, of which there were only one or two examples in the world. We also measured angles. In the mid 1980s, GPS techniques appeared. At the same time we determined the geodesic network and then dropped plumb lines by the eight points on the ring, with zenith and nadir plummetts. With this technique, we manage to take a surface point a hundred metres lower with a margin of one or two millimetres. At the time, we also took gyro-theodolite measurements, using an instrument that measures the angles by determining three points. But that requires infinite precision, because if you have the slightest error, it is passed on from one to the next and you end up with several centimetres difference... So we have to measure the angles in relation to true north, so the error is not passed on because the north has not moved. The physicists draw a machine in a local plane. If the machine is connected to another one, then they ask us to determine the starting and finishing points. At CERN we use the CERN Coordinated System, the CCS. We give them the input, a point and a direction angle, and they calculate the theoretical coordinates. We also draw the trail of the beam, from the data the physicists give us. We track the beam. We do that’s first track.»

«To align all that,» Dominique goes on, «the ideal would be to be able to stretch a wire over 20 kilometres, but we don’t know how to do that. The best we have done is stretch a wire over 500 metres, but that was already very difficult. You need special wires and they are fragile and break easily. So we start with wires measuring 200 metres and put them together. The ground moves, so we move the magnets so they stay in alignment. A team of geologists took soundings in the entire region in the 1980s to study the soils. They worked closely with Yuri’s «Site and Heritage» department. We work with the French IGN and the Swiss Federal Geographic Office all the time. We are also in contact with the 3D projection mechanics who have to represent the earth, which is spherical, in a Cartesian system. But they obviously have problems after 100 m because there is a difference of about 8 mm between the sphere and the plane. So they integrate. We don’t use a Cartesian system; we are in relation with the earth. The centre of our projection system at the CERN is the centre of the PS. Our plane is in XY, the Z is the vertical, but we cannot calculate it, and we also have the H which follows the spherical shape of the earth... in fact, it is even more complex, it is an ellipsoid. So we have four coordinates. If the machine was on the corner of the table... if everything stayed in the PS (Proton Synchrotron) environment, we would not need all that... our problem is that we are on a 10 by 10 kilometre plane. In the 1950s, the PS was on a plane. That was the end of it. For the SPS, we started to observe distortions that we had to take into account. So they were given transformation parameters to be used in a Cartesian plane. The physicists do not want to have to put up with the transformations of the earth. So like that we have about ten local systems to determine, for example, for a hall in a place were we are going to install a new machine, we have to calculate its distance from the reference centre and its transformation parameters. They reduce them, of course, they do not work on models over kilometres, they work over a hundred metres at the most. That is theoretical work, they are calculations done on a computer. In the studies we carry out on the CLIC (Compact Linear Collider Study), we have to transform this Z into an H, compute geoidal heights and the prolongation of the surface of the oceans in the continents. We have to take into account the deviation from the vertical, and we do that by studying the modelling of the shape of the earth. We have to be able to compute the geoid to a precision of 30 or 40 microns and it has never been done to such precision. We are doing tests, at Villeneuve: we have hired land from the peasants and we have installed a point every ten meters in an empty tunnel, and we take measurements in relation to the stars. We have hired the land for two years from a local farmer. We also have someone interested in the influence of the tides. We have different levels from one side of the LHC and another and we installed a pipe above the magnets, a network of demineralised water, which links everything for 120 metres on both sides of the LHC experiments. And we have a water network which goes around the cavern. The networks are monitored constantly and we can use them to determine a certain number of positions. We measure the distance between the plane (the captors) and the water, and we can therefore know the position between the Q3 quadrupole on one side of the detector and the Q3 quadrupole on the other side. We also have a wire stretching forty meters on each side. We have built a parallel tunnel; we have long wires measuring 120 metres. Six places, with sheaths. All that is only for Atlas and CMS. And we can see where the experiment is up to. The problem is that the water is affected by the tides: our monitor shows the shape of the tides every twelve hours! So we have to measure the influence of the water in the pipes and also on the magnets. The earth moves and the magnets do too. So we have to know about the movements of the magnets themselves.

THE BUBBLE, THE TROUT AND THE COSMOS

I have an appointment with the geodesic metrology department at 8.30. A few weeks earlier, the beams were turned off for the winter break. Here and there on the CERN sites, the screens displayed ***End of 2011 Run***. Thank you all for this brilliant and exciting year. We look forward to another unforgettable year in 2012. *** Start of Xmas Technical Stop***. Today I am going down into the tunnel with Elizabeth and Alex. Before going down into «the bowels of the earth», we prepare the equipment: the 1-metre long ecartometer in its wooden box, the bubble levels and of course batteries; helmets and «Biocells», the belts to which are attached the masks we will need if there is a helium leak. Before we go we have to adjust the bubble levels. On the ground floor in one of the department’s workshops, Elizabeth duly «adjusts the bubbles» –the spherical bubble level and another more precise and more sen-

sitive one on the thick marble bench that is used as a reference plane. She uses a screwdriver to make sure the bubble is exactly in the centre of the space. They need adjusting because they are knocked out of kilter when carried about in bags for example. «There are mechanical and physical limits to the precision of our measurements!» exclaims Elizabeth; Once the pillars have been installed and the wire stretched between them, Elizabeth and Alex set up the ecartometer, fixed at one of its ends on the fiducial mark on the magnet. By moving a small screen with an eyepiece on the ruler, Alex places the mobile part so that the wire is under the eyepiece. To look into the eyepiece, Alex has to stand on a wooden crate. After making a few adjustments, Alex lets me look into it. In the centre of the eyepiece there is a circle. The wire makes a line underneath it. Alex moves the eyepiece so that the circle sits on the line: this is called «finding the tangent». The ecartometer is used to position ourselves in relation to the bore points, outside the curve drawn by the magnets. That should avoid the problems we had yesterday, when the ecartometer was too short and struck the iron racks above the magnets. «At 60 centimetres it touched a hood, we adjusted it to 100 centimetres.» Elizabeth put one level after another on the first bore point, which will be used as a reference. If need be, she will adjust the plane of the bore point with a slight turn of the screw. «That is the justice of the peace!» she jokes, putting down the bigger level. «Okay, not bad. It is a very sensitive level and here we are not in microns, so there is no need to nitpick. That one is really sensitive, I know it well, I can make it go where I want just by touching it.» Alex, a hundred metres further off is making adjustments on the pillar itself. He turns the handles on the pillar one way and the other to stabilise it. To check he looks at the little level on the pillar. It is just as delicate an operation to balance and stabilise the pillar as it is to find the tangent in the eyepiece.

At each station, the height of the wire also has to be adjusted, directly on the pillar, so that it slides under the eyepiece. At the end of a station, when the data are recorded on the little monitor, Alex and Elizabeth look at all the measurements taken, as well as the offset calculated by the machine on the basis of the parameters already entered. «There we have an offset of 1.8, it’s a bit much. The tolerance for the dipoles of the LHC is 0.2. That is the offset tolerated in relation to the theoretical measurement made when the magnets were installed. Right, in any case that is why we take measurements. Afterwards, they will be smoothed. Okay, now we close.» «Last year,» Elizabeth tells me, «one Friday evening we left the equipment in the car. We were tired. On Monday morning it was cold. We saw that the instruments were cold, but what of it? We took measurements for three hours, for an operation which usually takes us four. We had almost finished and we realised that our measurements were wrong! Out by two tenths. At this degree of precision, the atmosphere really counts!» We finish a new station and then stop for lunch. Then we set up the instrument again for the third segment, going further along the injection tunnel. Even more than in the previous station, the wire in the middle goes well above the eyepiece. We have to slacken the wire. With the draughts, even when they are hardly perceptible, it rises, moves, wobbles. Impossible to catch it in the eyepiece or the stabilise it.

- You will have to drop it a bit, give it more slack and I’ll take the measurement quickly. [Talking to the wire] Gently, gently, keep still... I can’t measure you like that... [Louder, to Elizabeth] I can’t do it, Elizabeth, it is wobbling too much!
- How did they do it last year?
- Perhaps they put a weight on the wire...
- I’ll ask Patrick. [On the phone to Patrick] You know, we are just at the place where there is a slope, before it goes up again. And the problem is that the wire is dead straight, so when we get to the centre... Yes, yes, the pillars are already secured... No, it is already right at the bottom...

Alex and I keep watching the wire slowly rising... «It has moved two or three centimetres, that is why they put sheaths in the LHC.» Elizabeth talks into the phone: «Alex suggested putting a weight on it... Okay, I’ll tighten it and put something on the wire.» After scrambling around in her bag, Elizabeth finally hangs her bunch of keys on the wire. They manage to adjust the height of the wire by moving the weight along it.

- Ah... it’s wobbling...
- You have to let the wire settle down.
- What if we tighten it a little? And then we’ll move the keys.
- We can just take several measurements and average them.

Elizabeth steadies the keys with her finger and Alex manages finally to take a measurement. Then he moves the ecartometer to the next point. «Bring the keys a bit closer. Back a bit... there!» What with one thing and another, they manage this next station. We have spent a lot of time in this hollow and nobody feels like doing the next one. They undo the wire, put the pillars away in a small side tunnel and we go back up to the surface.











