Sophie Houdart

LES INCOMMENSURABLES

2015
ZONES SENSIBLES
Pactum serva

Introduction

99,9999991 %

Mais papa, tu sais, on est dans l'univers, hein !
Épreuve de cosmo-localisation par mon fils,
Basile, huit ans.

Plus de vingt années ont passé depuis la publication de l'enquête comparative menée par l'anthropologue américaine Sharon Traweek auprès des communautés de physiciens des particules, réunies autour des cinq accélérateurs majeurs à l'époque (Traweek 1988). Cette enquête, menée elle-même au milieu des années 1970, a une distinction notable : elle compte parmi les premières menées par des anthropologues dans des laboratoires – au même moment que celles menées par Bruno Latour (Latour & Woolgar 1993) et Trevor Pinch (Pinch 1986). Ensemble, ces premières études de « la science en train de se faire » ont servi à fonder les principes théoriques et méthodologiques de ce qui allait devenir la sociologie des sciences. Comment, partant du même terrain, conduire aujourd'hui ce travail ? Quelles questions poser de manière à ouvrir encore la compréhension de ce qu'on appelle la *big science* ?

Dans son étude, Sharon Traweek recourt à au moins deux types de raisons très différentes pour expliquer l'extraordinaire *implication* de la physique et des physiciens dans nos sociétés actuelles : l'organisation, d'abord (la faculté des physiciens à s'organiser en communautés d'intérêt larges, aisément représentables devant les instances de décision internationales) ; « le pouvoir émotionnel de la cosmologie », ensuite, qui confère aux physiciens une aura digne de héros prométhéens en quête de la vérité sur les mystères

de l'univers : les physiciens « donnent des nouvelles d'un autre monde : caché mais stable, cohérent et incorruptible. [...] L'échelle et le coût extraordinaires de la plupart des équipements de physique viennent renforcer la valeur culturelle [de ce gospel]. Les grands accélérateurs, par exemple, sont comme des cathédrales médiévales : libres des contraintes d'une analyse en terme de coûts et bénéfices » (Traweek, 1988, p. 2). Vu de France, c'est au Large Hadron Collider (LHC), ou « grand collisionneur de hadrons », que revient la charge, symbolique et matérielle, d'accéder au rang de monument sacré. Ainsi peut-on lire, sur le site du Centre Européen de la Recherche Nucléaire (CERN) : « le LHC, l'accélérateur de particules le plus grand et le plus puissant du monde, consiste en un anneau de 27 km de circonférence, lové 100 m sous terre. Formé d'aimants supraconducteurs et de structures accélératrices qui augmentent l'énergie des particules qui y circulent, il produit chaque jour, à l'intérieur de l'accélérateur, deux faisceaux de particules qui circulent en sens contraire à des énergies très élevées avant de rentrer en collision l'un avec l'autre. Les particules, lancées à 99,9999991 % de la vitesse de la lumière, vont effectuer 11 245 fois le tour de l'accélérateur par seconde et entrer en collision quelque 600 millions de fois par seconde »... À elle seule, l'éloquence des grands nombres ne peut que laisser pantois tout observateur ordinaire face à cette machine expérimentale extraordinaire. Et tout le monde, à Meyrin, dans cette vallée satellite de Genève, semble avoir bien conscience qu'« ici, sous nos pas, il y a des détecteurs qui accélèrent des particules pour comprendre comment s'agglomère l'univers...[1] ».

« Le LHC est une machine qui ne peut être décrite qu'en utilisant des superlatifs », écrit l'astronome Martin Beech (Beech, 2010, p. viii),

1. *Tous les chemins mènent à Meyrin*, pièce de théâtre : texte et mise en scène par Valentine Sergo, sept.-oct.2011, Meyrin. « Collecter la parole des Meyrinois. Recueillir témoignages et souvenirs autour de la création de la cité », dit le programme. La pièce raconte les étapes qui ont marqué le développement de la ville, la construction de la cité au début des années 1960, les bouleversements qui ont suivi et ont transformé « la campagne » en une zone périurbaine de l'agglomération genevoise. L'accroissement soudain de la population et les vagues d'immigration. Le cosmopolitisme. Le tracé du tram. L'aéroport. « Au CERN, je parlais quatre langues toute la journée. Nous sommes venus à Meyrin pour le CERN. C'était dans les années 1960. » Le « peuple du CERN » n'apparaît ici que comme une tribu parmi d'autres – les Italiens (venus travailler pour la machine), les Asiatiques ou les Kosovar, arrivés nombreux au début des années 2000.

et c'est précisément au motif de *toutes ces grandeurs* qu'il peut se retrouver compté, aux côtés d'augustes monuments, parmi les « Merveilles du monde ». Dans un ouvrage qui porte justement ce titre (Goldhill *et al.*, 2006), et que je trouve à la bibliothèque du CERN aux côtés de ceux qui portent sur les théories physiques, les manuels de cryogénie ou l'histoire de l'institution, sont cataloguées les « sept merveilles de l'Ancien Monde » (la grande pyramide de Gizeh, le Mur des Lamentations du Temple de Jérusalem, le Parthénon, le Colisée, l'Alphabet et la Pierre de Rosette, la grande muraille de Chine, les sculptures grecques, la grande stèle funéraire à Paros) ; les « sept merveilles du monde médiéval » (le sanctuaire de Sainte-Sophie, le Livre de Kells, le palais d'Aix-la-Chapelle, la tapisserie de Bayeux, le Castel del Monte, les châteaux de Welsh d'Edouard Ier, les monastères de Batalha, Tomar et Bélem) ; les « sept merveilles de la Renaissance » (la cathédrale Santa Maria del Fiore ; le Palais du Te ; la Villa Barbaro ; le Site royal de Saint-Laurent-de-l'Escurial ; la Place Saint-Pierre ; le château de Versailles ; Greenwich) et enfin les « sept merveilles du monde moderne » (la terre vue de l'espace ; le Pont du Forth ; les gratte-ciels new-yorkais ; la locomotive Big Boy ; la double hélice de l'ADN ; le Concorde ; l'accélérateur de particules du CERN). Bien que n'ayant pas encore passé « le test du temps » (Goldhill *et al.*, 2006, p. 18), les merveilles du monde moderne – au premier chef la double hélice de l'ADN et l'accélérateur de particules du CERN – méritent leur place au soleil en ce qu'elles ont « profondément altéré la manière dont nous nous comprenons et dont nous comprenons le monde. À un point dont ne pouvait même pas rêver le poète William Blake, elles ont comblé l'espoir qu'il avait de "voir le monde dans un grain de sable" » (Goldhill *et al.*, 2006, p. 18).

« Tout est connecté », écrit encore Beech, et « dans le microcosme se réfléchit le macrocosme et vice-versa. » À la manière des savants et astronomes du Moyen Âge[2], on travaille aujourd'hui avec l'idée que le macrocosme, l'univers tel que nous le connaissons aujourd'hui, était déjà contenu dans le « microcosme primordial », dans la *soupe* de particules élémentaires, en même temps que ces particules évoluaient elles-mêmes déjà dans quelque chose qui ressemblait à un univers. « Le LHC, en brisant le noyau en deux atomes principaux, nous permettra de remonter jusqu'à ces moments qui ont eu

2. Beech fait référence à l'ouvrage de C. S Lewis, publié en 1964, *The Discarded Image*.

lieu juste 10^{-25} seconde après le Big Bang – un temps avant que la matière stable existe » (Beech, 2010, p. viii). Machine à remonter le temps, machine à tenir ensemble le microcosme et le macrocosme – les fonctions du LHC ne semblent pas pouvoir trouver terreau plus propice que ce bout de territoire du pays de Gex, à cheval entre la France et la Suisse, calé entre le lac Léman et la chaîne du Jura.

Mais pour connecter si directement l'univers et les particules, le pays de Gex et le LHC, combien de connecteurs a-t-il cependant fallu laisser dans l'ombre ? Combien d'étapes a-t-il fallu passer sous silence ? Il nous faudra comprendre comment tout est effectivement connecté, et comment la stabilisation de ces connexions est précisément l'enjeu d'un travail important, qui plus est incessant. De fait, la stabilisation n'est jamais totalement acquise et, dans les récits qui constituent le LHC en motif épique, il manque souvent tout un lot de connecteurs. Dès lors qu'on entreprend de rendre au LHC son grain et d'explorer les différentes échelles auxquelles travaillent effectivement les gens autour de la machine, la question, pragmatique, devient la suivante : *comment rendre commensurables* des choses incommensurables autrement que par métaphore ?

Atonie et mondes plats

Flatland : c'est le motif qu'avec une imagination saturée développe le professeur et théologien anglais Edwin A. Abbott, plus connu pour son ouvrage de science-fiction éponyme, publié en 1884, dans lequel les personnages évoluent dans un hyper-espace qui a la particularité d'être plat comme une feuille de papier. La description commence ainsi : « imaginez une immense feuille de papier sur laquelle Droites, Triangles, Carrés, Pentagones, Hexagones et autres figures, au lieu de rester fixes, se déplaceraient en toute liberté, à la surface ou dans la surface, mais sans pouvoir prendre de hauteur ni s'enfoncer dans les profondeurs, semblables en cela à des ombres – mais des ombres dures et cernées d'un bord lumineux : vous aurez alors une idée assez précise de mon pays et de ses habitants » (Abbott, 2012, p. 11). En vis-à-vis de Flatland, Spaceland, l'univers qui s'oppose le mieux à Flatland, ne peut manquer de rendre perplexe n'importe quel habitant de Flatland, qui ne peut saisir « ni par le sens de la vue, ni par le raisonnement » la notion de « hauteur » – et d'ajouter : « elle nécessite de ma part un acte de foi ».

C'est un peu le même désarroi cognitif mis en scène par Abbott que j'éprouve en lisant les descriptions du LHC. Des particules en

collision pour rejouer les premières pulsations du cosmos : dans cette incommensurabilité manifeste, la rhétorique semble dessiner une ligne d'horizon particulièrement plate et lisse qui trouve écho, à des échelles différentes, dans la configuration singulière du CERN même. Ainsi suis-je frappé de l'insistance avec laquelle mes interlocuteurs ouvrent les portes de leurs laboratoires et ateliers en mentionnant chaque fois qu'« au CERN, il n'y a pas de secret » : « tout ce qui est à nous est à vous », me dit-on à plusieurs reprises, pour m'inviter à franchir une porte ou regarder un écran. Qu'il n'y ait « rien à cacher » au CERN est inscrit, je le découvrirai plus tard, dans la constitution même que le CERN s'est donnée dès sa création en 1954, et qui avait précisément pour objectif de distinguer radicalement les recherches entreprises au CERN, qui concernent le nucléaire civil, des recherches portant sur le nucléaire militaire[3]. La longue histoire du non secret au CERN est ainsi liée à cette partition diplomatique essentielle, et participe aujourd'hui du sentiment de *lissage* qu'on peut éprouver en se rendant au CERN. Vient s'ajouter à cela encore l'atmosphère de démocratie de bon aloi qui y règne. Qu'il s'agisse de convaincre qu'il n'y a, au CERN, « ni frontière, ni politique, ni religion » et que les nations y vivent en bonne intelligence[4] ; ou bien qu'il s'agisse du principe, unique, selon lequel chaque article issu de « la collaboration » est signé par l'ensemble des participants à une expérience (soit près de trois mille personnes, sur certaines), mentionnés qui plus est par ordre alphabétique, l'impression reste tenace d'un territoire sans aspérité ni granulosité. Tout cela semble dessiner un monde plat, dans lequel ce qui pourrait permettre d'instaurer des différences est systématiquement contré, au profit de dispositifs – de tous

3. « L'organisation assure la collaboration entre États européens pour les recherches nucléaires de caractère purement scientifique et fondamental, ainsi que pour d'autres recherches en rapport essentiel avec celles-ci. L'organisation s'abstient de toute activité à fins militaires et les résultats de ses travaux expérimentaux et théoriques sont publiés ou de toute autre façon rendus généralement accessibles », article II de la Convention, cité dans Feltesse, 2004.

4. À elle seule, la configuration sociale du CERN serait même garante de paix mondiale : « [la] collaboration mondiale, notamment de pays qu'*a priori* tout oppose, est un élément de dialogue et de sécurité pour le monde. Il crée une solidarité de buts basés sur le rationalisme et la science universelle par-delà les lignes de partage géographiques, culturelles et religieuses, rassemblant dans une même quête des pays comme Israël, le Pakistan, l'Inde, l'Iran, le Maroc… » (Chardin & Shapiro, 2009, p. 13).

ordres – produisant de *l'homogénéité*, à entendre comme un espace dans lequel deux choses a priori incommensurables sont pensables l'une *au regard de* l'autre.

Au nombre de ces dispositifs, il est, par exemple, une rhétorique récurrente qui consiste à *mettre en équivalence* des entités que rien ne semble devoir rapprocher. Dans *A Zeptospace Odissey. A Journey into the Physics of the LHC*, Gian Franscesco Giudice, physicien théorique au CERN, produit, de ce point de vue, une série d'équivalences particulièrement éloquentes pour donner à penser les mesures du LHC : on apprend ainsi que le LHC est « plus grand que le temple de Salomon » (Giudice, 2010, p. 120), qu'un dipôle a le même prix au kilo que le chocolat suisse (p. 104), que l'énergie qui y est stockée équivaut à 2,4 tonnes de TNT ou 460 kilos de chocolat (p. 116), qu'une caverne procure la même charge émotionnelle que les pyramides égyptiennes ou les cathédrales (p. 131), qu'une pièce du détecteur CMS pèse 1920 tonnes mais aussi 400 éléphants d'Afrique (p. 132).... Parmi toutes ces équivalences, l'on sent bien que certaines sont plus efficaces que d'autres. Traduire un dipôle en chocolat suisse ne livre que peu d'informations, en réalité, ni sur le dipôle ni sur le chocolat. En revanche, traduire une caverne expérimentale en cathédrale est susceptible de produire un *effet* – c'est probablement la raison pour laquelle l'association LHC / cathédrale est récurrente, et circule même parfaitement bien entre les physiciens, les ingénieurs, les chefs de chantier, les journalistes et les sociologues tentant de qualifier le LHC. Comme ses consœurs médiévales, le LHC offrirait un moyen de *se connecter* sur l'immensité et les mystères de l'univers, d'accéder à quelque chose qui nous dépasse largement et qui pourtant nous contient – l'expression moderne d'une transcendance. Il est aussi le médium sur lequel on compte pour découvrir le si célèbre et tant attendu boson de Higgs, « la particule manquante pour expliquer l'univers[5] » connue aussi sous le nom de « particule de Dieu ». Pour équivoque qu'elle soit[6], l'appellation donne bien idée de l'ampleur de ce qui est en jeu.

5. *Le Monde* daté du 5 juillet 2012 titrait en première page : « Science : la matière dévoilée ». Je reviendrai en détail sur ce dévoilement dans le chapitre V.

6. L'expression est de Leon Lederman (dans un article de 1993, puis dans Lederman, 2006) qui mêle à l'interprétation transcendantale une autre plus prosaïque : brique essentielle à l'explication du monde, le boson de Higgs est en même temps décrit comme une entité récalcitrante, « *the goddam particle* ».

Voici bel et bien une série d'associations toute trouvée pour émerveiller et faire saisir la *portée* d'une telle machine. Mais à la suivre trop promptement, on se retrouverait tout aussi vite dans l'incapacité de comprendre précisément *ce qui se passe* au LHC, avec le LHC. Car de telles équivalences ne laissent aucune place à la compréhension, par exemple, du LHC comme « complexe symbiotique » (Beech, 2010, p. viii), qui répond déjà mieux à l'expérience manifeste qu'ont ceux qui travaillent *avec* le LHC. Ceux-là, physiciens, ingénieurs, opérateurs, décriront plus volontiers la machine comme une entité qui se pare des propriétés d'un *quasi-vivant* (Grimaud, 2011). Ainsi reconnaît-on qu'elle bouge, qu'elle a ses propres pulsations – on dit même parfois qu'elle respire, plus souvent qu'elle se dilate ou se rétracte, qu'elle monte ou qu'elle descend –, et s'efforce-t-on, chaque jour, de connaître un peu mieux ses points forts et ses points faibles. Au moins tout autant qu'elle est décrite comme une œuvre de très haute technologie exigeant, du fait de son échelle et de sa complexité, de penser la pratique scientifique en termes de « chaîne de production », « la machine » apparaît comme un organisme vivant – vivant *d'une certaine vie*, peut-on dire – que la très grande majorité des physiciens et ingénieurs essaie de maintenir coûte que coûte dans un état stable. De cette stabilité dépendent deux choses fondamentales : la production de faisceaux « propres » et « beaux » (qui rendent visible *quelque chose*) ; et, découlant de ces faisceaux, la possibilité de pouvoir toujours distinguer ce qui relève du « bruit de fond » et ce qui relève du « signal » – voire de l'« événement ».

Gabriel, par exemple, physicien au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) et ayant travaillé au montage d'ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS, l'une des quatre grandes expériences menées sur la boucle du LHC), m'explique que son travail consiste aujourd'hui à superviser une partie du détecteur ATLAS pour comprendre comment ce dernier se déforme[7]. Il s'agit de déformations « à très petite échelle », générées par la chaleur

7. Gabriel est un des premiers grâce auxquels je comprends que l'expérience de ceux qui travaillent avec le LHC s'apparente à une relation avec une entité dont on ne peut totalement anticiper les comportements. Cela ne l'empêche pas d'avoir recours à l'exotisation émerveillée : acceptant, à la demande de sa supérieure, Ursula, de me recevoir, il avait répondu par voie électronique : « on se déguisera en physicien et on leur ferra la "danse du LHC", "l'adoration du Zprime" ou le "culte du Higgs". Comme bon leur semble ;) ».

dégagée par le dispositif, et qui nécessitent d'être suivies pour que « ceux qui analysent les événements » sachent toujours ce qu'ils sont en train de mesurer. Comme Gabriel, une très grande proportion de chercheurs ne travaille pas sur ces « événements » ou « signaux », captés chaque jour par les détecteurs, mais sur le fonctionnement des détecteurs eux-mêmes. C'est parce que les paramètres sont innombrables, que les pièces assemblées sont tellement nombreuses, que la précision qu'elles exigent est extrême, et qu'« on peut très vite être biaisé », souligne Gabriel. « Quand un signal est annoncé dans un meeting, 99 % des gens disent que ce sont des âneries et vont casser le signal en disant qu'il s'agit d'un artefact[8]. Des erreurs comme ça, on en fait des tonnes ! » Donc : pour qu'un signal soit reçu comme tel, il faut d'abord qu'on se soit assuré qu'il tient tout seul et ne trouve pas sa source dans une erreur de détecteur qui, si subtilement soit-il, n'arrête pas d'évoluer, de se déformer… « Dans les détecteurs », poursuit Gabriel, « il y a des choses qui se cassent en permanence. Il faut intervenir dessus en continu. Il y a des temps d'arrêt prévus. Toutes les deux ou trois semaines, grosso modo, il y a un arrêt de cinq jours où on peut descendre. Il y a par exemple des pans entiers d'électronique qui sautent. En plus des arrêts une ou deux fois par mois, des *access* ont lieu quotidiennement dans les cavernes expérimentales. » Plus tard, Gabriel évaluera qu'au final 90 % des employés du CERN travaillent à faire en sorte que la machine soit stable (ce que, visiblement, elle n'est pas) afin de s'assurer de la nature du faisceau tant attendu. Il faut des centaines de personne pour « faire tourner le bastringue », renchérira Katiana, également physicienne au CEA.

Impossible ici de recourir à la distinction entre physiciens et techniciens, par exemple, pour rendre compte de cette partition. Il y a des « physiciens qui analysent les données », nous explique-t-on, et des « physiciens qui font tourner la machine » ou des « physiciens d'accélérateurs ». Ceux-là « s'occupent » de la machine, se relaient et font « les trois-huit » pour la « surveiller » en continu. La distinction entre théorie et expérimentation[9] n'est pas non plus d'un grand secours pour saisir dans un même ensemble la belle diversité de

8. Peter Galison distingue « l'effet réel », « l'artefact de la machine », et « l'artefact de l'environnement » (Galison, 1987, p. 139).
9. Peter Galison (1987) a beaucoup écrit sur cette distinction et notamment sur la prédominance de la théorie sur l'expérimentation en histoire des sciences – aisément convertible en histoire des idées.

ceux qui, effectivement, s'occupent de la machine. Pour obtenir et maintenir des faisceaux de protons stables susceptibles de livrer des informations sur la structure de l'univers, on ausculte le LHC quotidiennement, on procède à des relevés innombrables, on installe partout des dispositifs de surveillance et de monitoring – on capte, de manière continue, le pouls de la machine de manière à ce que l'événement attendu (le fait physique) ne soit imputable à aucune autre force qu'aux lois physiques elles-mêmes. Parmi d'autres, physiciens des accélérateurs ou des détecteurs, opérateurs, géomètres ou métrologues sont au travail. Ce sont eux que j'ai accompagnés, et c'est une partie de ces maniements collectifs, extrêmement bien coordonnés quoique reposant sur des dispositifs scalaires différents, que j'aimerais décrire dans cet ouvrage.

Afin de ne pas séparer l'abstrait du concret, la cosmologie de l'expérimentation, je prendrai comme point d'entrée non la structure sociale du LHC, mais la machine elle-même. Les questions motivées par ma recherche sont les suivantes : que faut-il pour qu'une image du cosmos tienne ? À quelle échelle faut-il se placer pour éprouver (au double sens de sentir et de mettre à l'épreuve) que ce qui se joue au LHC compte pour nous ? Pour répondre à ces questions, c'est à une *écologie des savoirs* qu'il me faudra avoir recours[10]. Mon regard changera considérablement, ainsi, au moment où je déciderai de considérer que c'est *tout le territoire du pays de Gex* qui est un laboratoire, que c'est ce territoire, jusqu'en ses confins et

10. Je me réfère sur ce point aux travaux de Tim Ingold (notamment Ingold 2000, 2011, 2013) et à la réflexion ouverte en la matière par Isabelle Stengers : « … le champ de l'écologie des pratiques se définit d'abord et avant tout par le fait que la manière dont ces pratiques se présentent, se justifient, définissent leurs exigences et leurs obligations, et la manière dont elles sont décrites, dont elles sont susceptibles d'intéresser, dont elles doivent rendre compte à d'autres, sont interdépendantes et appartiennent à la même temporalité. Dès lors, tout argument, critique ou dénonciateur, justificatif ou incitatif, est un mode d'intervention qui *vient s'ajouter* à l'ensemble enchevêtré des manières dont les différents protagonistes s'adressent d'ores et déjà les uns aux autres. Mais la possibilité d'une écologie des pratiques exige de plus la viabilité d'un registre d'intervention qui affirme explicitement l'événement d'entre-capture que traduit et fait advenir tout point de vue reconnu comme pertinent. Elle exige donc ce que ce texte exige de ses lecteurs : l'abandon de l'opposition entre "description fidèle" et "fiction", comme aussi entre "constat" et "valeur", pour une démarche ouvertement constructiviste, c'est-à-dire qui résiste activement au plausible et au probable visés par les démarches qui se veulent neutres » (Stengers, 1996, p. 97).

habitants humains et non humains compris, qui est enrôlé d'une manière ou d'une autre dans le dispositif expérimental[11].

Situer le problème

Où sommes-nous ? Que voit-on ? Qu'observe-t-on ? De quelle nature est l'événement auquel on assiste ? Comment s'assurer, chaque fois, que cet événement concerne bel et bien le cosmos, et qu'il informe bel et bien de ses propriétés ? Qu'y-a-t-il de *big* dans cette *big science*-là ?

Les études qui s'attèlent à l'histoire ou à la sociologie de la physique des particules creusent à loisir l'écart entre la *big physics* et les *small particles*. La *big* physique des petites particules… « Ce qui est commun à ces différentes études est leur effort pour comprendre comment l'expansion de la science physique a forcé les scientifiques à se confronter au monde au-dehors de leurs disciplines. Mais l'expérience de ces chercheurs a été diverse, autant que le *big* de *big science* connote une expansion suivant plusieurs axes : géographique, économique, multidisciplinaire ou multinationale » (Galison & Hevly, 1992, p. 2). Pour beaucoup de physiciens, les contraintes de la *big* physique viennent inévitablement de la nature elle-même – autrement dit, traiter un objet aussi *éloquent* que la structure de la matière qui forme notre univers requièrt une machine colossale. Selon le physicien Wolfgang Panofsky, « nous n'avons aucune idée de la manière d'obtenir des informations sur la plus petite structure de la matière (physique des hautes énergies), ou sur la plus grande échelle de l'univers (astronomie et cosmologie) […] sans des efforts colossaux et des outils colossaux » (Panofsky, 1992, p. 145). C'est la même différence structurelle qui existerait entre la physique telle qu'elle se met en place dès la fin du XIXe siècle et la physique des grands accélérateurs : « la différence entre la physique des rayons cosmiques et la physique des particules à base d'accélérateurs des années 1970 », écrit Peter Galison, « [est qu'] au lieu de se contenter d'appareils de la taille d'une table ou d'une pièce, les expériences de physique des particules exigeaient des zones expérimentales de la taille d'un hangar d'avion. Les laboratoires, pour la plupart créés après la Seconde

11. Selon la constellation terminologique développée par Vinciane Despret (notamment Despret, 2009) ou par Christelle Gramaglia et D. Sampaio da Silva (Gramaglia & Sampaio da Silva, 2011).

Guerre mondiale, accueillaient ces expériences massives sur des sites qui ressemblaient à des usines » (Galison, 1987, p. 140-141).

Quelle théorie de l'échelle les physiciens du LHC produisent-ils/manipulent-ils quand ils travaillent avec le LHC ? Alors qu'ils la mettent si souvent en scène, en ont-ils même besoin ? Quelle différence fait précisément la taille ? « Si on arrivait à faire tenir la machine sur un coin de table, ce serait tout aussi bien ! », me dira un jour une physicienne au détour d'une conversation. Pour elle, « c'est la mesure de l'énergie qui importe, ce sont les détecteurs et les accélérateurs », et non la taille de la machine elle-même. Détecteurs et accélérateurs « dont on est clients, un point c'est tout. C'est une *facility*, un service, ça fournit un faisceau et c'est tout ». Si l'analyste n'a pas nécessairement besoin *d'y être* pour analyser et peut, pour cette raison, ne venir au CERN que deux fois l'an, je reste dubitative sur la possibilité de transformer la taille de l'instrument sans que, tout de suite, des hordes de connexions nécessaires soient immédiatement interrompues. Mon intuition est que si l'on adhérait trop vite à ce point de vue, on omettrait un nombre considérable de nœuds qui, aussi insignifiants qu'ils paraissent, permettent *point par point* de connecter les particules au cosmos. Si l'on parvenait bel et bien à faire tenir le LHC sur un coin de table, ce ne serait pas du tout la même histoire – cela ne dessinerait pas le même *cosmogramme* (Tresch, 2007).

Puisque le LHC ne tient pas sur un coin de table, puisqu'il occupe une certaine situation dans un certain espace, sur un certain territoire, reste à comprendre le cosmogramme que cela dessine précisément. Les physiciens sont eux-mêmes savamment équipés pour traiter du problème de la localité. Dans *A Zeptospace Oddyssey*, Guidice écrit : « à l'intérieur de la matière, on découvre des mondes inédits et inattendus, des principes fondamentaux révolutionnaires et des phénomènes étranges qui défient nos intuitions et contredisent nos perceptions sensorielles. Mais le résultat le plus important trouvé dans les profondeurs de la matière, c'est que la nature révèle un motif [*pattern*] » (Giudice, 2010, p. 9). L'enquête sur la profondeur de la matière enseigne ainsi que « tous les phénomènes naturels, dans toute leur variété et leur complexité [et j'ajouterais quelle que soit leur échelle], peuvent être réduits à quatre forces fondamentales : la gravité, l'électromagnétisme, les interactions faibles et les interactions fortes » (Giudice, 2010, p. 29). Après une démonstration physique quelque peu ardue, l'auteur lie à sa façon

le LHC, conçu précisément pour expérimenter les quatre forces (conçu, donc, pour exprimer le motif de la matière) avec l'endroit où il est installé. Il convoque en effet la notion de *localité*, une des notions fondamentales de la physique, par laquelle sont réconciliées théorie de la relativité et théorie des champs quantiques :

> Les forces ne peuvent pas agir simultanément en différents points et il doit exister une entité physique capable de transporter la force dans l'espace. Le concept de champ élimine entièrement toute référence à l'action à distance, en mettant en œuvre une notion physique fondamentale : la localité. La localité signifie que le comportement d'un système dépend uniquement des propriétés définies dans son entourage (en termes d'espace et de temps). Des martiens ne pourraient pas modifier le résultat des collisions au LHC sans envoyer un agent intermédiaire de Mars aux environs du collisionneur. [...] S'il n'y avait pas la localité, l'interprétation de n'importe quelle expérience de laboratoire – comme l'oscillation d'un pendule ou l'affaiblissement radioactif d'un noyau – devrait prendre en compte la position des planètes ou la proximité de galaxies éloignées, et la physique serait un chaos inextricable. Mais fort heureusement, tel n'est pas le cas (Giudice, 2010, p. 53).

Pour que le LHC puisse ouvrir une fenêtre sur des mondes inconnus, à la fois dans le temps et dans l'espace, la localité doit donc compter et doit être prise en compte. Nous allons le voir, *situer le problème* est une activité à laquelle se livrent continument ceux qui travaillent sur, avec, autour du LHC. Situer le problème, c'est envisager que ce avec quoi il est connecté localement, ce qu'il touche, ce avec quoi il entre en relations immédiates, entre dans la composition de ce qu'il est. Cela consiste concrètement, pour mes interlocuteurs, à le penser dans un système de coordonnées qui lui est propre et ne vaille que pour lui ; c'est s'assurer légalement que la mission (« mission scientifique ») qu'il remplit « ne puisse être entravée » par des activités de surface (superficielles, comme des activités agricoles) ; c'est démêler pour lui le potentiel du terrain, la composition des sols, leurs fiabilités et leurs faillibilités ; c'est anticiper son comportement. Au CERN, autour du LHC, les opérations de maintenance, de stabilisation, d'homogénéisation sont incessantes. Et, fort heureusement peut-être, le temps de

l'enquête n'a pas été rompu par *l'avènement de l'événement* – celui, tant attendu, du boson de Higgs par exemple. J'étais, bel et bien, au-dehors d'un temps significatif – même si l'on s'en est approché par deux fois, le boson n'a pas été trouvé alors que j'enquêtais, et les accélérations inattendues, pour le coup, des neutrinos ne sont pas parvenues à enrayer la monotonie des opérations d'intendance, qui sont celles que j'ai suivies[12]. Aucune particule ne s'est signalée si manifestement, aucune ne s'est suffisamment extirpée du bruit de fond commun pour prétendre à la reconnaissance individuelle. Cette monotonie laisse un champ ouvert : celui de la description des conditions d'existence des faisceaux plus encore que des particules elles-mêmes. La *texture* de la cosmologie moderne – d'un de ses points d'appui – se lit entre les lignes.

12. *Propagation de la monotonie* est le titre retenu par Marc Boissonnade, directeur de F93, pour le projet collectif dont il est l'initiateur (cf. p. 183). L'expression est empruntée au mathématicien Pierre-Louis Lions.

CMS
Point 5
Point 4
Versonnex
Ségny
Point 6
Maconnex
Chevry
FRANCE
SUISSE
Crozet
Point 3
LHC
Ornex
Vésegnin
Point 7
Site de
Prévessin
Prévessin
Ferney-Voltaire
ALICE
Point 2
SPS
Saint-Genis Pouilly
CNGS
Point 8
Point 1
ATLAS
LHCb
Meyrin
PS
Site de
Meyrin
vers Gran Sasso

Chapitre I

LE PRÉ DES VACHES

For over 20 years now, if you listened very carefully, the ground below the verdant fields of the pays de Gex region of France has trembled very slightly and perhaps, just perhaps, faintly hummed. Centuries ago vast armies trampled and rumbled across the same fields, but today, thankfully, there is peace, and it is now a vast, many-nationed scientific army that works in the scenic vale of the Jura Mountains. The headquarters of this vast army of researchers, engineers and fabricators is CERN, a complex hive of buildings, storage areas, heavy-lifting equipment, and numerous offices and workshops. It is Europe's exultant shrine to nuclear physics

Beech, 2010, p. 41.

Au tout premier regard, à la toute première visite, rien n'indique que le pays de Gex porte la destinée que Martin Beech daigne lui confier. Le tramway qui aujourd'hui mène du centre de Genève aux portes du CERN ne laisse voir, sur le trajet, qu'une banlieue comme les grandes villes en comptent beaucoup, s'éclaircissant à mesure qu'on s'en éloigne. L'horizon, qui se dégage réellement à partir de Meyrin, petite ville qu'on imagine avoir été jolie, est barré en arrière-plan par la chaîne du Jura. C'est là qu'est installé le CERN, entre zones industrielles, villages plus ou moins décharmés et parcelles agricoles. En référer aux moments historiques qui ont fait trembler la plaine, ou bien louer la rencontre entre les hommes et les montagnes (« de grandes choses sont accomplies là où les hommes et les montagnes se rencontrent », disait William Blake[1]), ne peut suffire à rendre compte de ce qui s'est passé *là*.

1. Cité par le géodésiste A.L. Allan (1987), le poète est convoqué pour donner tout à la fois l'envergure physique, scientifique, symbolique du collisionneur de particules. La machine est une œuvre, et cette œuvre est située. C'est l'association durable entre *ces hommes-ci* (notamment les géomètres) et *ces montagnes-ci* (la chaîne du Jura), « sur une période de plus de trente années », poursuit le géodésiste, qui a assisté la conception d'une machine aussi exceptionnelle.

Nous allons le voir, au contraire de ce que les présentateurs laissent entendre, le pays de Gex en tant que lieu crucial pour installer et faire tourner le plus grand accélérateur de particules au monde ne s'impose pas comme une évidence. Si l'histoire de l'installation du CERN et celle de l'extension de ses installations justifient aujourd'hui pleinement leur localisation et leur configuration, ce ne fut qu'au terme de tractations nombreuses et d'arrangements parfois très délicats, qui redeviennent notables chaque fois que les accélérateurs de particules voient leur taille augmenter. D'un point de vue juridique, comme d'un point de vue physique, le LHC est entièrement connecté au sol et n'est pas pensable au-dehors du territoire qui l'abrite. Au contraire de ce qui transparaît dans la presse où l'accent est davantage mis sur la physique théorique, il s'agit d'une science de terrain, dans laquelle, en outre, la taille du dispositif a tout à voir avec ce qu'il produit. Je n'aurais de cesse d'en prendre conscience au fil de mes rencontres : nous ne sommes pas dans un laboratoire, ou bien alors il faut modifier profondément ce qu'on entend par cette acception (Latour, 1993).

Comment, donc, un dispositif expérimental *habite-t-il* le paysage ? Jusqu'à quel point faut-il créditer ce petit film produit en 2010 par le service de la communication du CERN, pour présenter « le LHC en trois minutes[2] » ? « Pôle nord, -80 °C… Voici un des lieux les plus froids de la planète. Large Hadron Collider, -271 °C… et voici un des lieux les plus froids de la galaxie. The Sun, 20 million °C… Voici un des lieux les plus chauds du système solaire. Large Hadron Collider, 10 million de milliards °C… et voici l'un des lieux les plus chauds de l'univers. » Le ton est donné : l'œuvre humaine dépasse de loin la nature. Suit une image d'astres illuminés sur fond noir, le fond cosmique. Du cosmos, nous passons au LHC, que figurent des pièces d'appareil et des câbles électriques entremêlés : « le plus grand nombre d'aimants de haute technologie jamais construit ; l'instrument électronique le plus grand et le plus complexe sur Terre », décrit la voix féminine. On entend des oiseaux gazouiller tandis qu'on voit maintenant la plaine du pays de Gex s'étaler sous notre regard : « il occupe une grande partie de la région genevoise. Mais vous ne le verrez pas, même si vous le cherchez. Car pour le voir, il faut creuser. » Du champ où nous nous trouvions, nous

2. http://cds.cern.ch/record/1293573?ln=fr [consulté le 5 février 2013].

passons sous terre. Là, l'espace, évidé, montre, au moyen d'une projection numérique, ce qui ressemble à un grand tuyau circulaire. « À cent mètres de profondeur, logé dans un tunnel de vingt-sept kilomètres, le Large Hadron Collider est prêt au démarrage. » Nous sommes à présent à nouveau dans un espace physique, celui du tunnel lui-même. Nous accélérons. Accélérons encore, les repères se brouillent. Et c'est, dans le même espace de figuration numérique, la collision de particules telle qu'elle est saisie par un détecteur, puis figurée par les outils de conception informatique. Éclat lumineux, fulgurance. Dans le tunnel physique à nouveau : une jeune femme sur un vélo, équipée d'un casque, invite à ne pas s'y tromper : « bien qu'elle ressemble beaucoup à un énorme tuyau de gaz, cette machine est le plus puissant accélérateur de particules du monde. Et il a été conçu avec les technologies les plus sophistiquées. » Nous passons à l'échelle des particules, de petites billes aux tons azurés se meuvent *dans* le circuit, à l'intérieur du tunnel, à cent mètres sous terre, quelque part – mais pas n'importe où – dans la galaxie. « À chaque seconde, deux milliards de protons s'écrasent dans le LHC, en recréant les conditions qui existaient moins d'un milliardième de seconde après le Big Bang, lorsque l'univers est né dans une explosion d'énergie primordiale. » La jeune femme, descendue de son vélo, nous explique que certaines de ces particules n'existent plus dans notre monde. « Et bien qu'elles n'aient existé que pendant une très courte période, à la création de l'univers, elles ont joué un rôle fondamental dans la formation de l'univers tel qu'il est aujourd'hui. » Retour dans le cosmos. « Le LHC est comme un vaisseau spatial, s'aventurant dans l'inconnu, à la recherche de réponses. » On comprend bien que le LHC est une sonde, une sonde organisée en quatre grandes expériences, ATLAS, ALICE, CMS et LHCb. Nous sommes pour finir au centre de contrôle central du LHC. Un homme a relayé la femme dont la voix nous avait accompagnés jusqu'ici. « Le 30 mars 2010, le LHC a collisionné des faisceaux de protons à l'énergie record de sept téraélectron-volts, devenant ainsi l'accélérateur de particules le plus puissant au monde. Pour ces quatre grandes expériences […], la chasse a commencé pour trouver les réponses aux plus grandes énigmes de la physique contemporaine. » Captures d'écran des collisions figurées. Puis cosmos. FIN. Ce film constitue un bel exemple de *cosmogramme*, dont la documentation produite par le CERN regorge, et ce serait être avare ou aveugle que de les ignorer : des images du cosmos à celles

des faisceaux de protons ; des photographies de détecteurs ; des superpositions de cartes. Les unes chevauchant les autres. Très vite, on ne sait plus bien en quels termes décrire la *situation*. Dans les représentations du LHC, ce n'est pas seulement le territoire qu'on « fait basculer » dans la carte (Latour, 2012, p. 374), mais c'est tout son *en-deçà* (la machine, les protons qui y tournent et y sont accélérés) et tout son *au-delà* (le cosmos).

Ce premier chapitre examine la manière de *faire correspondre*, à l'échelle du territoire, le cosmos et les particules. Il traite également de la dynamique particulière, tant du point de vue de la machine que du territoire, générée par les changements d'échelle. *Jusqu'où* va le territoire du LHC ? Jusqu'où peut-on, doit-on, aller pour explorer ce qui constitue le monde dans lequel nous vivons et ce qui nous constitue en tant qu'humains ? La question est aisément traduite en termes humanistes par les scientifiques – et trouve, dans sa formulation même, partie de sa réponse. L'enjeu pour l'humanité (Schopper, 2009) est si important que les moyens mis en œuvre pour le relever paraîtront toujours de bas prix. Le territoire qu'investit l'accélérateur recoupe exactement, dans cette rhétorique, un *territoire de la connaissance* à défricher. Dans ce chapitre, je développerai des aspects qui peuvent paraître, à première vue, ne pas avoir de rapports : il sera question du plancher des vaches, de la neutralité suisse après la Seconde Guerre mondiale, de la construction du tunnel et de la molasse, de frontières, de dispositions juridiques, de tourisme, de Big Bang… Certains de ces sujets sont d'ordre historique, d'autres d'ordre politique, économique ou scientifique. Dans ce parcours je ne quitterai jamais le CERN ni le LHC – je ne sortirai pas du territoire. Le territoire, l'empreinte, constitueront le fil rouge à l'aide duquel je tenterai de naviguer dans cette première série d'incommensurables.

Fronts pionniers

Dans le hall d'accueil du CERN, je tombe sur une photographie accrochée dans un couloir qui fait partie d'un diaporama reconstituant en quelques clichés et légendes les principales étapes de la constitution du CERN. Je retrouverai cette photographie, qui m'intrigue et m'amuse, dans plusieurs ouvrages ou articles. Elle est une pièce maîtresse pour documenter l'époque et ses préoccupations : trouver un terrain, l'investir, en prendre possession. Elle documente ni plus ni moins qu'une conquête.

Sur le terrain du futur institut nucléaire

Sous la conduite de M. A. Picot, les membres du Conseil européen pour la recherche nucléaire se sont rendus hier à Meyrin pour reconnaître le terrain où s'élèvera le Centre nucléaire (voir en Dernière heure)

(Photo Freddy Bertrand, Genève)

La Suisse du 30 octobre 1953

© CERN

Les *territoires de la connaissance* dont se prévalent les physiciens et les membres du CERN pour justifier de l'existence et du coût de leurs installations sont avant tout des territoires habités avec des vaches dessus. Ce sont des territoires à défricher et dont il faut encore apprivoiser ceux qui y vivent. Sur la photographie, les esprits pionniers chargés de cette conquête ont les pieds dans l'herbe. L'herbe du plancher des vaches suisse. D'ailleurs, une vache, il y en a une. Elle est saisie aux côtés de la digne assemblée, contemplant le vide d'un œil morne. Deux des hommes la regardent en retour d'un air amusé, du haut de leur superbe. Les conditions de la rencontre n'assurent pas – c'est le moins que l'on puisse dire – un devenir prometteur. À proprement parler, *rien* ne se joue entre la vache et les visiteurs ; la vache n'a *rien* à dire ni à faire dans ce qui les préoccupe ; et dans la scène qu'ils sont en train de jouer, « la reconnaissance du terrain où s'élèvera le centre nucléaire[3] », la vache semble n'avoir aucun rôle à tenir. Qu'est-ce que reconnaître un terrain ? En quoi cette reconnaissance participe-t-elle de la science (en son contenu) qui va s'y situer ? Comment ce terrain *et* la résolution des mystères du cosmos sont-ils connectés ? Comment sont-ils rendus commensurables ?

Ce terrain-ci n'est pas le terrain de l'entente internationale, ni celui de la diplomatie d'après-guerre pompeusement célébrée. Il n'entretient *a priori* qu'un faisceau de relations discrètes avec le terrain « sans frontière, sans politique, ni religion » dont on vante la démocratie en tant qu' exemple particulièrement réussi d'altermonde… La fameuse « collaboration » :

> Europe, 1954. Alors que la classe politique des différents États du vieux continent s'agite autour d'une incertaine Communauté européenne de défense, des administrateurs éclairés et des scientifiques de réputation mondiale mettent sur pied l'une des grandes réussites de l'« Europe » : le CERN, un centre de recherche en physique nucléaire capable de rivaliser avec les plus grands laboratoires américains. Là où les charbonniers et les laitiers ont échoué, les physiciens des protons et des quarks auraient-ils réussi[4] ?

3. Freddy Bertrand, le photographe de cette scène primordiale, fut célébré pour ses « 40 ans de photographies de presse à Genève » en 1997.
4. En ouverture de Pestre, 1984, p. 65.

Europe 1954, donc. Une vache reçoit une visite. Une visite que rien ne peut apparenter à celle qu'elle a l'habitude de recevoir. Cette situation est à mettre en balance avec celle dont chacun peut être témoin en visitant le CERN aujourd'hui : les chercheurs au CERN passent une partie de leur temps à recevoir des visites d'êtres que rien n'a vraiment préparé à entrer dans un laboratoire – des fermiers par exemple. Mais eux ont déployé des dispositifs extrêmement complexes pour assurer la cohabitation d'entités hétérogènes sur ce qui est devenu leur propre terrain. Au CERN, chaque espace expérimental ou de contrôle est aussi le lieu de sa propre exposition : des panneaux d'exposition à l'intérieur des ateliers, des photographies qui racontent une histoire[5], des schémas de dispositifs. La vache, elle, manifeste sa superbe indifférence. Et du point de vue de la situation qui est en train de se déployer, elle ne fait pas de différence (Despret & Porcher, 2007). Cette entrée est une manière de parler de l'incommensurabilité. On prend d'abord la mesure de cette incommensurabilité – de ce sur quoi les physiciens se proposent alors de travailler, de ce avec quoi ils vont y parvenir – dans cette rencontre qui n'en est pas une, entre des physiciens ou des technocrates de la science du futur et une vache au milieu d'un champ destiné à accueillir le plus gros dispositif expérimental au monde. Cette entrée est une manière de parler de l'incommensurabilité, mais dans des termes un peu différents de ceux utilisés par les physiciens eux-mêmes pour donner le vertige : l'infiniment grand du cosmos et l'infiniment petit des particules.

Parce que l'histoire du CERN compte profondément pour celle du LHC (notamment pour comprendre le lien qu'entretient ce dernier avec le territoire), il me faut commencer par en retracer certains épisodes choisis, qui précèdent la scène que je viens de camper. En janvier 1952, *La Tribune de Genève* interroge : « Genève deviendra-t-elle ville atomique ? » C'est au sortir de la Seconde Guerre mondiale, en décembre 1949, que Raoul Dautry, alors haut-commissaire français à l'Énergie atomique, arguait publiquement de la nécessité, pour les États européens, d'unir leurs forces pour fonder un laboratoire européen de physique nucléaire qui puisse rivaliser, à son heure, avec les puissances scientifiques et techniques déjà

5. Je pense à cette série de photos dans un des ateliers que je visite où, sur chaque photographie d'appareil, apparaît un objet de la vie courante, un sandwich, un chapeau, etc.

laisse croire son nom». Sur une autre carte apparaissent en pois jaunes et carrés verts des détecteurs environnementaux. Ces installations plus récentes sont de petits abris où sont logés des détecteurs qui mesurent les taux de radioactivité et tous les impacts sur l'environnement, on y procède au monitoring de l'environnement. Sur la carte, Sacha me montre les points qui ne correspondent pas entre les coordonnées relevées par le GPS de la voiture du service Environnement, et celles relevées par leur GPS, beaucoup plus pointu. Sacha trace, à l'aide de sa souris, une ligne reliant les deux coordonnées: «l'écart est de douze mètres quand même...»

Territoire en servitude

Je suis invitée à suivre l'un des chantiers qui faisait partie de la liste des préoccupations de Sacha et de ses collègues lors de la réunion hebdomadaire. Il s'agit d'«ausculter» un gros déblai issu de la prolongation d'un tunnel destiné à recevoir les faisceaux de particules en fin de course, une rampe de *dump* comme l'appellent les physiciens. «Il faut surveiller la cheminée qui sort de terre parce que, comme on a creusé en dessous, elle a tendance à pencher un peu» – on la renommera «Tour de Pise».

Je retrouve Sacha et Bruno à Ornex, sur la route entre Ferney-Voltaire et Gex, aux abords d'une 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 vers le CERN en raison de la servitude de leur terrain. C'est que, tout au long de la casse auto, et donc dans la forêt qui la borde, le CERN a des réseaux qui regroupent, dans la même tranchée, fibres optiques et câbles à haute tension.

[Sacha]: On a une procédure pour les croisements de réseau. C'est nous, le CERN, qui allons venir implanter les réseaux. Et donc on a un document, c'est le point essentiel à respecter.

[Le propriétaire 1]: Ça peut changer le prix... Si je passe un pacto direct ou s'il commence à y avoir une procédure à suivre...

[Sacha]: Vous pouvez faire votre projet avec les plans qu'on a…

[Le technicien réseau]: Toute la tranchée est bétonnée.

[Le propriétaire 2]: Est-ce qu'on pourrait faire la vision de tout le site ? Parce que je crois qu'on a des affaissements en plus… Je me rappelle que le CERN a procédé à des changements en 1986 et puis en 2001. C'est juste là [désignant un point sous ses pieds sous le bitume]

[Sacha]: Oui, on tirait des fils ici dans les tubes, mais avec l'air ça explosait, c'était compliqué. On avait une chambre assez profonde ici et on l'a cassé. Mais il n'y a pas eu de changement de tracés.

[Le propriétaire 1]; Donc tout va bien maintenant ? Vous n'allez plus toucher à rien ?

[Le technicien]: Non… pour l'instant… sauf si la haute tension lâche, il faudra rouvrir.

[Le propriétaire 2]: En 1986 on nous a demandé que les tracés soient toujours accessibles, alors qu'aujourd'hui selon la législation, tout doit être fermé ; ce chantier donc, faudra vous donner une clé, je ne sais pas comment on va faire, ça va être compliqué [pour conjuguer l'obligation de fermer le terrain et celle de laisser l'accès CERN].

[Sacha]: Il faut mettre le service juridique là-dessus, c'est à lui de s'occuper de trouver une procédure pour accéder en étant en conformité.

Bruno m'explique que passent dans la tranchée le câble de fibre optique qui traverse toute la zone, mais aussi du courant de 66 000 volts qui alimente les points 5 et 6 du CERN. « On va être encore plus strict sur les croisements de réseau et les chantiers après l'épisode qu'il y a eu il y a un mois, et qui a fait beaucoup de bruit. Les gars sont venus, ils avaient un poteau à remonter apparemment. C'était du côté de Crozet, près du terrain de moto-cross. Le type du chantier est arrivé et a juste donné un grand coup de pioche ! On a eu des kilomètres de fibres à changer… » À eux, donc, « de protéger les gens, et aussi de protéger la machine. S'il y a une interruption de courant, c'est jusqu'à trois semaines pour la remettre en marche ».

Sacha, dans les plans, essaie de repérer le tracé de la tranchée jusqu'au-delà de la casse auto – la tranchée s'enfonce dans la forêt et son tracé devient invisible sur le plan en orthophoto.

[Le propriétaire 1]: 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 quatre-vingt centimètres, contre les effractions – c'est 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.

[Le propriétaire 2]: Il faut que vous puissiez rentrer, là ? Si vous devez revenir en urgence… Il vous faudrait une barrière ?

[Le propriétaire 1]: 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…

[Le 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. Là, les câbles qui passent ici ne sont pas si vieux que ça… Faut compter cinquante ans avant d'imaginer intervenir pour les rénover.

[Un autre technicien]: Et maintenant on fait passer les câbles dans des fourreaux, on n'embête plus personne !

[Le 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 h du matin…

[Le propriétaire 1]: Dès que vous nous donnez les documents, on commence les travaux. On a une pression énorme côté DRIR…

[Sacha]: Faudra faire attention, sur les plans, on a une marge de 34 cm d'écart avec le NGF. On n'est pas non plus en coordonnées Lambert…[2]

[Le propriétaire 1]: On voudrait du Lambert et du NGF.

[Sacha]: 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…

[Le propriétaire 2]: Là, 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

2 Le Nivellement général de la France (NGF), dont a la charge l'Institut géographique national, est le réseau de repères altimétriques officiel. La projection Lambert, qui utilise un autre système cartographique, date de 1772 et est toujours en usage en France.

Chapitre III

LE LHC, LE VAISSEAU SPATIAL ET LES OPÉRATEURS

D'où peut-on se rapprocher des faisceaux, des particules ? Comment peut-on s'en approcher sans lâcher toutefois la diversité de ce à quoi ils sont liés ? Changement de décor. La scène suivante a lieu dans ce qui ressemble fort à une tour de contrôle, n'était que la vue panoramique sur laquelle elle ouvre est à l'intérieur et non à l'extérieur. Nous sommes dans les centres de contrôle des expériences. C'est là qu'est paramétrée la machine, de là que sont orchestrés les faisceaux de particules. Les physiciens et les opérateurs « aux commandes » comparent volontiers leur travail à la conduite d'un vaisseau – un « vaisseau spatial du *zeptospace* » (Giudice, 2010, p. 77). Lorsque j'entends parler d'eux pour la première fois, c'est par une physicienne qui, contrairement à la partition facile qu'on serait tenté d'opérer entre physiciens et techniciens, distingue plutôt « les physiciens qui font tourner la machine » et « les physiciens qui analysent les données ». Pour désigner les premiers, elle parle également des « physiciens d'accélérateurs », ceux qui s'occupent des grands détecteurs, des expériences ; ceux qui font tourner les particules et font les « trois-huit ». La machine requiert en effet de fonctionner en continu, vingt-quatre heures sur vingt-quatre, et des *shifts* de huit heures sont nécessaires pour la « surveiller ». Le travail est décrit comme « pas très glamour, il faut juste tourner un bouton ! ». Aujourd'hui, après les années de construction et de lancement, on a plus d'ingénieurs et moins de techniciens, il revient donc aux physiciens de « tourner le bouton eux-mêmes ». La conduite de ce « vaisseau » singulier appelle pourtant des compétences qui dépassent largement celles requises pour tourner un bouton[1].

1. Sur les compétences hétérogènes et distribuées requises pour conduire à bien un vaisseau, voir Helmreich (2009) ou Hutchins (1995).

Comment être certain que le LHC tourne, et correctement ? Comment s'assurer que rien ne viendra entraver la course des protons ? Ceci ne concerne pas seulement, comme on l'a vu dans le chapitre précédent, *ce qui se passe autour* du LHC, tout ce avec quoi il est susceptible d'interagir ou ce avec quoi il peut être confondu, mais cela a également trait au paramétrage de la machine. Qu'est-ce qu'un faisceau de particules ? Comment se comporte-t-il ? Comment s'assurer de sa stabilité ? Comment restreindre autant qu'il est possible les bruits de fond qui risquent toujours d'être confondus avec un signal, un événement ? « On demanda une fois à Michel-Ange », écrit Peter Galison, « comment il avait sculpté son chef-d'œuvre en marbre. On rapporte la réponse apocryphe du sculpteur selon laquelle rien ne pouvait être plus simple ; il suffisait tout bonnement d'enlever tout ce qui n'était pas *David*. De ce point de vue, le laboratoire n'est pas si différent de l'atelier. Comme le suggère l'anecdote artistique, la tâche qui consiste à supprimer le bruit de fond n'est pas annexe de l'étude du signal – les deux constituent une seule et même tâche » (Galison, 2002, p. 264).

Il est ici encore question d'homogénéiser. Mais les opérateurs que j'observe ne sont pas avares en mots – cela foisonne même : ils « nivellent », « rabotent », « synchronisent », toutes opérations qui rendent compatible et fonctionnelle la présence d'éléments hétérogènes sur un même plan. Loin d'un travail d'intendance invisible, ces opérations sont diffusées sur de grands écrans installés un peu partout sur les sites du CERN, dans les halls, la cantine, près des salles de conférences. Chacun, au détour de ses parcours de la journée qui l'amène à un point ou un autre du CERN, peut voir en temps réel la courbe de vie des faisceaux.

Le champ de miel

La première visite que je fais d'un centre de contrôle des expériences est organisée par le service de presse lors de mon premier séjour, en juin 2011. Elle constitue classiquement l'un des lieux proposés dans le cadre des visites officielles. Dans l'idée de « montrer les expériences », Anne, du service de presse, a calé pour moi un rendez-vous avec Stéphane, physicien qui travaille pour CMS.

Nous nous rendons ensemble au bâtiment 8 sur le site principal de Meyrin. Stéphane se présente succinctement. Il a rejoint CMS en 2004, à une phase où il y avait encore beaucoup de tests. « Je l'ai vu se monter, en gros. » Entré au CNRS en 2007, il est basé au CERN mais

son laboratoire d'appartenance, le laboratoire Leprince Ringuet, est à Paris. Stéphane a fait sa thèse au Fermilab de Chicago, sur un détecteur long de six kilomètres. « Je me rappelle qu'un jour, un raton-laveur avait réussi à se glisser dans le tunnel lors d'une intervention, et il a fallu quarante huit heures avant de remettre tout en route ! » Stéphane compte parmi les « guides officiels » du CERN. Il voit passer des tas de groupes, des enfants mais aussi des fermiers, qui veulent comprendre ce qui se passe dans leurs champs, sous leurs pieds. Il faut rassurer, expliquer. « Mais ici, on n'a rien à cacher, ça appartient autant à vous qu'à moi ! Le CERN est comme un laboratoire qui reproduit des effets naturels. Mais toutes ces craintes sur le trou noir, par exemple, ce sont des affabulations, la nature s'en chargera bien mieux que nous si ça doit arriver ! »

Le CMS est le site expérimental le plus éloigné de Meyrin (à une dizaine de kilomètres), et il compte donc deux salles de contrôle : l'une sur le site même de l'expérience, et l'autre sur Meyrin. Je me rappelle être passée avec Christophe sur le premier, à l'autre bout de la boucle dessinée par le LHC. « Sur le site de l'expérience, on essaye de se faire discrets, mais les bâtiments sont très imposants et montent assez haut. Il y a eu des accords signés, à l'époque de la construction, avec les gens alentour, mais ça n'a pas empêché qu'au final, certaines maisons ont perdu leur vue sur le Mont-Blanc. » Maintenant que le détecteur est installé, il est question de baisser la taille du bâtiment. La salle où nous nous trouvons, loin de l'expérience-même, est considérée comme la salle principale. L'autre, sur site, était très importante pendant toute la période de *commissioning*, lors de la période d'entraînement ou d'exercice : « il fallait constamment s'assurer que tout allait bien. Mais peut-être d'ici un an ou deux, il y aura moins de monde là-bas et plus ici. Il n'y a plus trop de raison d'être sur place, en fait. »

Une des particularités du détecteur CMS est d'avoir été assemblé en surface. Les éléments qui le composent viennent de partout, ont été amenés sur site puis assemblés. Ce n'est pas le cas pour le détecteur ATLAS qui, lui, a été assemblé en sous-sol. Le détecteur de CMS fait quinze mètres de diamètre pour vingt mètres de long, alors que celui d'ATLAS fait trente cinq mètres de diamètre pour quarante mètres de long environ. Le CMS est donc beaucoup plus petit qu'ATLAS, mais beaucoup plus lourd. « Vous n'imaginez pas le nombre de mètres de béton qui le supportent ! » Le détecteur CMS, achevé fin 2006, comprend cent millions de voies de lecture

et des modules de détection. « Et à partir de là, on a commencé à le faire descendre doucement. Et ce qui est incroyable, c'est que ça marche ! Le 30 mars [2011], j'ai été très ému en voyant la courbe de croissance du faisceau s'afficher sur les écrans… » L'événement a marqué les esprits au point que, heureuse, lorsque je vois enfin des visualisations de collisions sur un des écrans de la salle de contrôle, c'est pour réaliser qu'elles portent la date du 30 mars.

Peu de raisons peuvent expliquer qu'un écran d'une salle de contrôle continue de faire défiler des visualisations de collisions vieilles de plusieurs mois. Alors que je m'en étonne, Stéphane m'explique d'abord que la visualisation sous cette forme n'est pas nécessaire à l'analyse, « nous, on travaille sur des données brutes en numérique ». Ceux qui produisent ces images sont liés au Data Quality Monitoring (DQM). « Un événement sur cent est visualisé, à peu près. Ça ne sert pas à l'analyse, mais en même temps, c'est aussi pour rassurer qu'on voit bien des collisions, que les collisions ont bien lieu. On reçoit donc des images de ce type en direct, dans la salle de contrôle, là-bas. » Sur l'écran que Stéphane me désigne, on voit l'activité dans quatre salles de contrôle : celle où nous nous trouvons et où nous apparaissons, celle près du détecteur, une en Allemagne et une autre aux États-Unis. Quelques ordinateurs plus loin, à la « console 12 », il y a le *tracker*, celui qui s'occupe des traces et du détecteur de traces. « D'ici, on est prévenu par le centre de contrôle des accélérateurs : “attention, le faisceau arrive dans trente minutes.” On fait alors un *ckeck-up* de tous les sous-systèmes et on s'assure que tout le monde est prêt. »

J'évoque l'incident dont tout le monde parle encore, survenu quelques semaines seulement après le démarrage du LHC en 2008. « On a eu effectivement un gros problème. Le LHC compte les supraconducteurs les plus longs, répartis en huit secteurs. Les bobines sont soudées entre elles, il y a un courant de douze mille ampères qui passe là ! Et il y a eu un problème sur une soudure, une résistance qui a chauffé, ça n'a pas tenu la puissance qu'on lui faisait passer… » Le lancement du LHC avait dû être retardé d'une année. En dehors de ce « gros problème », des arrêts constants, quotidiens, ponctuent le temps de travail, d'expérience et d'analyse. Pour une raison ou pour une autre – je m'en rendrai compte plus tard –, les faisceaux s'arrêtent ou sont arrêtés, des techniciens descendent dans le tunnel, réparent avant que les particules soient réinjectées. Mais « plus la machine tourne, plus les radiations sont élevées,

Chapitre IV

PRÉCISIONS

Precision is everything that ambiguity, uncertainty, messiness, and unreliability are not. It is responsible, non-emotional, objective, and scientific. Its shows quality

Wise, 1995, p. 3.

Parvenue à ce stade de mon enquête, un panorama finit par se mettre en place. Les informations que je prends d'un service, puis de l'autre, se recoupent maintenant, se répondent et commencent à assurer leur propre cohérence. Je tourne bien toujours autour des mêmes choses : les opérations de mise à l'échelle, les efforts répétés pour faire tenir ensemble dans un système cohérent des données incommensurables et acquérir, à leur endroit, une précision maladive. Nous allons le voir maintenant, les précisions dont il est question ne relèvent pas forcément, comme on pourrait s'y attendre, d'une mathématisation ni même d'une modélisation. Elles font sentir, avant tout, que les choses dans la réalité sont toujours plus compliquées que sur les modèles et que des aspects très divers (physiques d'une physicalité toute corporelle, pourrait-on dire) doivent être pris en compte et manœuvrés tant bien que mal. Le motif qui prévaut dans ce quatrième chapitre est celui de l'*alignement* – qui est une autre manière de commensurer une chose avec une autre. Relèvent à mon sens de cette catégorie tout autant les opérations par lesquelles les physiciens de la machine s'appliquent à capter la trajectoire de faisceaux de particules et en rendre compte, que celles au moyen desquelles les métrologues directionnels parviennent à aligner les aimants dans le tunnel. Si ces opérations sont comparables, c'est qu'elles exigent de descendre dans l'ordre des choses pour les envisager au dixième ou au centième de millimètre.

La bonne trajectoire

C'est lors de ma première visite au CERN, en juin 2011, que je fais la connaissance de Gabriel, physicien employé par le CEA que nous avons déjà rencontré au tout début de ce travail. Gabriel est « expérimentateur ». Au contraire des « théoriciens » qui « construisent des concepts », les expérimentateurs « expérimentent pour valider »[1]. En physique des particules, ce sont deux carrières différentes, et du point de vue de Gabriel, on ne bascule pas facilement de l'une à l'autre. « L'essentiel de la formation des théoriciens est mathématique », me dit Gabriel. « Nous, les expérimentateurs, on est formé pour un tiers d'ingénierie et de construction d'objets réels (les détecteurs), pour un tiers d'interprétation physique, et pour le dernier tiers d'exploitation statistique. Tout cela, c'est notre bagage, et selon les temps de l'expérience, on mobilise telle ou telle compétence. Les théoriciens, oui, beaucoup viennent ici pour boire des cafés et discuter devant des tableaux... » Un théoricien, j'en avais rencontré un des semaines plus tôt au CEA qui n'aurait pas démenti la remarque de Gabriel. Le théoricien, lui aussi, m'avait dressé le tableau d'un CERN où se distinguaient « les bâtiments de l'expérience » et « le bâtiment 40 », où sont installés les bureaux des deux grandes expériences généralistes ATLAS et CMS, mais où, surtout, d'après lui, les physiciens théoriques se rencontraient pour « boire le café » : « c'est l'endroit le plus stratégique du CERN », une plateforme d'échanges informels dont il est impossible d'imaginer se passer, quand bien même l'analyse des données expérimentales ne requiert pas de faire le trajet de Paris jusqu'au CERN. Comme s'il y a avait, au CERN, une *atmosphère*, amplifiée dans ce bâtiment 40.

Le lien qui unit Gabriel au LHC a tissé, au fil des ans, un réseau qui l'amène à fréquenter et collaborer avec d'autres acteurs du CERN pour qui, tous, la présence sur site est un prérequis. Il faut comprendre, m'explique Gabriel, que les gens qui ont fait ATLAS y ont passé trente ans de leur vie, « c'est une carrière complète » dans laquelle compte la phase où « les manips » ont été conçues et construites. « Trente ans, c'est un cycle extrême en science, pour une expérience. Dans les années 1950, une expérience avait un cycle de deux ou trois ans et impliquait une vingtaine de chercheurs, une trentaine peut-être. Dans les années 1970, elle avait un cycle de quatre ou cinq ans et une centaine de personnes. Dans les années

1. Cf. Pickering (1984) sur cette manière de figurer la répartition des tâches.

1990, un cycle de dix ans et quatre cents personnes. Et maintenant, on en est à mille cinq cents, deux mille personnes, en fait on ne sait même plus combien ! Et on ne peut pas aller plus loin. » Les expériences qui sont menées aujourd'hui sont polyvalentes : ce sont des centaines, des milliers de sujets de recherche sur le côté aléatoire des collisions. « Il y a en fait différentes sortes d'interaction et on sélectionne des données à l'intérieur d'un ensemble immense. »

Entre 1999 et 2006, l'essentiel du temps des expérimentateurs a été consacré à construire les sous-ensembles des différentes expériences, notamment les détecteurs. Durant les années 2002, 2003 et 2004, les premiers *test beam* eurent lieu, qui consistent à « sortir » et « taper » le faisceau contre des cibles. « Moi je suis intervenu entre 2006 et 2010 pour participer à l'installation. Je fais aussi du *hardware*. Je suis les équipes de techniciens. On les pousse à l'extrême d'ailleurs, on leur demande de faire un aimant comme-ci, comme-ça. "Je fais ça à dix microns", nous répond le technicien, et nous on négocie "cinq microns"... Et on essaie... Pour avoir des événements, il faut avoir les meilleurs outils, les plus performants, et donc on travaille beaucoup à ça. Avec des ingénieurs et aussi des techniciens. » La distinction entre les uns et les autres et la nature de la collaboration dans les deux cas ne sont pas très claires – c'est précisément un des aspects qu'apprécie Gabriel au CEA par comparaison avec le CNRS « où les corps sont très distingués » : « au CEA, c'est très mélangé », ingénieurs et chercheurs ont le même statut et ont des carrières comparables.

Je retrouve Gabriel quelques mois après notre première rencontre. C'est par lui, entre autres, que je suis rentrée sur ce terrain car je veux comprendre en quoi consiste son travail d'expérimentateur. J'ai, entre temps, précisé l'horizon de mes attentes et je demande à Gabriel de me décrire son travail de recherche. Installés dans son bureau, cette fois, Gabriel commence les explications. Il schématise au tableau le détecteur ATLAS ; au centre d'un premier cercle, une petite croix pour les faisceaux, « ce premier cercle, c'est le Inner Detector (ID), le détecteur interne. Ensuite on a une première zone de freinage (un deuxième cercle) qui arrête les gamma (EM) et les électrons. Le proton va commencer à y enclencher une gerbe. Au-delà encore, un troisième cercle, on a un troisième détecteur, qu'on appelle hadronique (HAD). Il arrête les particules hadroniques, protons, neutrons. – toutes celles qui sont faites de quarks. On a donc un premier groupe avec les électrons et les gammas ; un

Chapitre V

GRANDEURS ET CERTITUDES

Daté du 5 juillet 2012, le journal *Le Monde* titrait en première page : « Science : la matière dévoilée. » « Le boson de Higgs, particule manquante pour expliquer l'Univers, vient d'être découvert. Les physiciens du CERN de Genève ont prouvé son existence à 99,9999 % » écrit le journal. « Traquée[1] » depuis 1964, la particule qui finit de remplir le « puzzle » de notre univers est à présent *connaissable* et c'est, selon le quotidien, « une nouvelle page de l'histoire des sciences » qui s'ouvre.

Au moment de cette annonce, le terrain que j'ai mené au CERN sur le LHC et ceux qui en assurent le fonctionnement s'était achevé plusieurs mois auparavant. Venue au CERN pour comprendre à quelle échelle se situer pour éprouver que ce qui se joue au LHC compte pour nous, pour comprendre, au-delà encore, ce qu'il faut pour qu'une image du cosmos tienne, j'ai rencontré des physiciens mais aussi des géomètres, des métrologues directionnels, des membres du service Environnement, des juristes… Les personnes que j'ai rencontrées, pour partie, ne se connaissent pas. Chaque service s'occupe de *ses affaires*, qui ne recoupent que de loin en loin celles des autres. Au quotidien, elles ne font pas le même métier, ne traitent *a priori* pas des mêmes choses, ne possèdent pas les mêmes compétences techniques, n'interviennent pas au même endroit.

Reste que, *en un point au moins*, leurs préoccupations se chevauchent. Le service juridique, qui traite de la gestion du territoire, est en lien avec le service Relations publiques et le service Environnement, lui-même en cheville avec les géomètres, anciens

1. Communiqué de presse ATLAS, 4 juillet 2012.

collègues des métrologues, métrologues qui eux-mêmes sont connus des physiciens des détecteurs et des faisceaux, qui eux-mêmes doivent entrer en contact avec les opérateurs du centre de contrôle central. Chacun a son lot d'incommensurables à traiter. Le service juridique doit répondre, avec les outils qui sont les siens (le langage de la loi et de la justice) et l'aide des physiciens théoriques, aux inquiétudes et blâmes émis par des groupes de personnes ici et là, et qui concernent la possibilité que le CERN et les expériences qui y sont conduites deviennent le point à partir duquel notre univers puisse disparaître. Mais c'est à lui également, dans le même temps et avec les mêmes outils, de trouver la répartie ou l'arrangement territorial qui permettra aux physiciens de la machine « d'arroser » de particules tel endroit ou tel autre du circuit. Le service Relations publiques est en pourparlers avec les maires, les agriculteurs et les habitants, pour corréler avec eux (et parfois traduire) les préoccupations qui sont les leurs avec celles des physiciens. Les géomètres doivent ajouter à cette articulation des chantiers en tous genres entrepris par les services de la voirie ou des particuliers, mais aussi par des sangliers ou des promeneurs. Les métrologues ont, eux, la tâche de commensurer les faisceaux de particules qui intéressent les physiciens, aux dixièmes ou aux centièmes de millimètre près, avec les mouvements de la terre et les conditions physiques auxquels, globalement, tous les corps existants sont soumis. Ils sont bien obligés, comme les physiciens de la machine, de « remettre les choses à leur place » et ce, à tout moment. Les opérateurs au centre de contrôle central n'ont pas d'autre choix que d'observer les particules et d'orchestrer leurs comportements parfois capricieux ou leurs récalcitrances, et en même temps d'intervenir *à hauteur* du tunnel lui-même pour fermer une porte qu'a ouverte la tempête ou ramasser les détritus, cannettes de bière et cigarettes laissées parfois sur les aimants par des intervenants peu consciencieux. Et au service Environnement, les personnes qui partent relever les stations et qui contrôlent les monitorings de leur poste d'ordinateur doivent avoir en tête tout autant le champ pulsé des particules que les *Oups* des techniciens, et *voient* passer, de l'endroit où ils se trouvent, tout autant les « riens » du LHC que les particules émises par les industries locales ou celles subséquentes à une catastrophe nucléaire à l'autre bout de la planète. À eux tous, ils ne manquent pas de vocabulaire pour décrire ce qu'ils sont amenés à faire quotidiennement – et c'est la teneur de

ces opérations qui les rapprochent : homogénéiser, standardiser, lisser, raboter, gommer les aspérités, aligner, recouvrer, superposer, balayer, contrôler. Comment, cependant, connecter ce que l'on sait maintenant des opérations multiples et à des échelles variées qui maintiennent la machine dans le sol, stabilisent des faisceaux et homogénéisent des données, à la grande histoire, la *big narrative*, qui envahit l'espace médiatique ?

Le cosmos à 0,0001 % près

Alors même que j'étais occupée à suivre dans leur travail quotidien les personnes qui « font tourner la machine », le boson de Higgs restait sur une ligne d'horizon extrêmement lointaine qui ne s'actualisait que par à-coups sans jamais retenir véritablement mon attention. Incessantes, les opérations de maintenance, de stabilisation, d'homogénéisation envahissaient le champ de l'observation au point que les annonces anticipées auxquelles on me préparait parfois tombaient tout simplement dans l'oreille d'une sourde. On pourrait objecter que ce que j'ai observé au centre de contrôle central, au service Environnement ou à celui des géomètres est tout simplement sans commune mesure avec le fait majeur que constitua la découverte du boson. Les physiciens que je rencontrais d'abord me décrivaient la charge des opérateurs comme « pas très glamour » : faire les « trois-huit » pour « faire tourner le bastringue » ne demandait guère plus, de leur point de vue, que d'« appuyer sur un bouton ». Fascinée au contraire par le travail des opérateurs et la sensibilité qu'ils acquièrent, par l'expérience, au mode d'existence si particulier de faisceaux de particules obligés de cohabiter, c'est à peine si j'entendais Stéphane, physicien de l'expérience CMS, me conseiller à deux reprises d'être présente à telle ou telle grand-messe des physiciens des particules : son enthousiasme ne me convaincra pas de faire le trajet. En juillet 2011, il me recommandait d'assister au colloque qui devait avoir lieu à Grenoble au prétexte qu'il s'y passerait probablement « de grandes choses ». Lors d'un autre séjour en automne de la même année, Stéphane m'incitait encore à me rendre à une autre manifestation prévue en décembre : « il va se passer des choses intéressantes », me disait-il, « ATLAS a des résultats, mais on ne les connaît pas ; CMS a des résultats, aussi, qu'ATLAS ne connaît pas. Le 13 décembre, on met tout sur la table, et il se pourrait bien que Higgs ne soit pas très loin ! » De beaux effets d'annonce auxquels je ne daignerai pas répondre. La

découverte du fait physique n'était tout simplement pas mon *objet,* et si mes interlocuteurs ne perdaient jamais complètement de vue la mission qui les réunissait et manifestaient même à son égard admiration et dévouement, ils ne semblaient pas davantage se sentir concernés par ce qui se tramait lors de ces grands moments de rassemblement. Il y avait là comme un saut vertigineux que ni eux ni moi n'étions prêts à franchir.

A la lecture des annonces publiques, il aurait été aisé, en effet, de se figurer la « découverte » de la fameuse particule comme un moment de grâce venant satisfaire une longue attente – comme une *apparition* (Claverie, 2003), une manifestation enfin rendue visible d'une entité fondamentale jusque-là pourtant restée invisible.

La « découverte » du boson de Higgs doit en effet être comprise au sein d'une situation dans laquelle on connaît l'existence théorique du boson depuis 1964 – et l'on peut, sur la base d'un modèle théorique ayant sa propre histoire, décrire de manière imagée ses particularités attendues. Au milieu des années 1960, certains physiciens, dont Peter Higgs (à qui le boson doit son nom), Robert Brout, François Englert et d'autres, avaient établi, suivant les lois physiques du Modèle standard, qu'un tel boson devait exister *quelque part* et qu'il ne restait qu'à le voir – plus précisément : qu'à le *détecter*. Autrement dit, le boson est là depuis longtemps, on sait de lui qu'il est « une particule instable qui n'existe que pendant une infime fraction de seconde avant de se désintégrer en d'autres particules »[2], mais précisément parce qu'il est instable, il est difficile d'obtenir une *trace* de sa présence. Compte tenu d'une de ses propriétés – son spectre de masse – les physiciens peuvent en revanche prédire que « le boson de Higgs, s'il est détecté, laissera une empreinte unique en fonction de sa masse[3] ». Le signal qui fait la une des journaux en 2012 est un signal qu'on attendait donc depuis longtemps, pour lequel on s'était préparé, dont on avait su anticiper les conditions d'existence. 99,9999 % : cela suffit pour que le boson de Higgs change de *mode d'existence* (Latour & Stengers, 2009 ; Latour, 2012) et passe d'entité virtuelle à entité réelle (dont la réalité, plus précisément, est attestée par sa masse[4]).

2. Communiqué de presse ATLAS, 4 juillet 2012.
3. http://press.web.cern.ch/press/background/B01-Higgs_fr.html [consulté le 5 juillet 2012].
4. « La particule de Higgs du Modèle standard, si elle existe, présente des caractéristiques bien précises qui dépendent uniquement de sa masse. » [CERN http://

Du sociologue des sciences Andrew Pickering, j'avais retenu qu'en physique, l'expérience est l'arbitre suprême de la théorie et que ce sont les faits expérimentaux qui dictent les théories à retenir et celles à rejeter (Pickering, 1984). Je n'étais donc pas étonnée outre mesure que ce soient les faits expérimentaux, des traces recueillies en 2012, qui permettent de créditer définitivement une théorie proposée un demi-siècle plus tôt. Cela tombe bien parce que la théorie menaçait d'être périmée : « Il est difficile de ne pas s'enthousiasmer, a indiqué le directeur de la recherche du CERN, Sergio Bertolucci. Nous avions dit l'année dernière qu'en 2012, soit nous trouverions une nouvelle particule semblable au boson de Higgs, soit nous exclurions l'existence du Higgs du Modèle standard. Avec toute la prudence qui s'impose, nous nous trouvons, il me semble, à un croisement : l'observation de cette nouvelle particule nous montre la voie à suivre dans l'avenir pour mieux comprendre ce que nous observons dans les données. »[5] Cet extrait à lui seul ne donne qu'un aperçu de la complexité épistémologique à l'œuvre ici : c'est à présent l'observation de la nouvelle particule qui va permettre de comprendre les données produites pour… la trouver ! L'histoire du boson de Higgs et de sa découverte nous apprend en outre que les théories ont une durée de vie – ou plus précisément, que si une théorie n'a pas été démontrée expérimentalement après un certain temps, elle est susceptible d'être abandonnée. On pourra s'étonner davantage encore en prenant l'autre face du problème : la théorie du boson a vécu près de cinquante ans, elle a perduré toutes ces années sans qu'on ait *une once* de traces d'existence réelle du boson…

Tandis que la découverte prend des allures de *dévoilement*, les résultats présentés peu après son annonce, lors d'un congrès à Melbourne[6], sont qualifiés de « préliminaires » : « ils reposent sur les données recueillies en 2011 et 2012, les données de 2012 étant

press.web.cern.ch/press/background/B10-Higgs_evolution_or_revolution_fr.html]. Et ailleurs : « sans la masse, l'Univers serait bien différent. Par exemple, si l'électron n'avait pas de masse, il n'y aurait pas d'atomes. Il n'y aurait donc pas de matière telle que nous la connaissons, pas de chimie, pas de biologie, et naturellement pas d'êtres humains » (communiqué de presse CERN 4 juillet 2012).
5. Communiqué de presse CERN 4 juillet 2012.
6. Lors d'un séminaire commun entre le CERN et l'ICHEP (International Conference on High Energy Physics), 4-11 juillet 2012. Les résultats ont été présentés « en personne » au CERN et retransmis en « liaison vidéo temps-réel » à Melbourne.

MAKING OF

L'enquête dont je viens de rendre compte est issue d'un travail de réflexion collectif dont il importe, pour finir, de retracer les contours.

C'est à Marc Boissonnade, directeur de F93, Centre de culture scientifique, technique et industrielle de la Seine-saint-Denis, que revient l'idée de « faire quelque chose » sur le LHC, alors même que la machine était le point de mire de toutes les attentions dans le monde de la physique. C'est lui qui m'a offert ce nouveau terrain, en m'invitant à rejoindre le photographe Grégoire Eloy. En mars 2011, Grégoire avait déjà commencé à travailler sur le projet. Il ne lui avait pas fallu longtemps pour se rendre compte de l'énormité du travail qui nous était proposé. Sur la toile, il avait trouvé des milliers de clichés et plusieurs projets photographiques, qui illustraient abondamment, depuis des années, l'accélérateur de particules, le tunnel, les détecteurs géants. « Quelque chose » effectivement se jouait *là*, mais nous n'étions pas les premiers. La commande était pourtant d'apparence fort simple : enquêter sur le LHC – non pas sur les résultats attendus de ce qu'il allait produire, mais sur la machine elle-même. Cela, pourtant, ne pouvait suffire à orienter nos premiers pas. Grégoire avait fait une première visite qui l'avait déçue : du LHC, on ne voyait rien. Enterrée à cent mètres sous terre, la structure ne laissait que des traces ténues sur le territoire du pays de Gex, et aucun motif saillant ne ressortait qui aurait pu faire l'objet d'une saisie photographique. Rien qui ne ressemblât à ce qu'il avait connu, en enquêtant sur le pipeline qui traverse l'Asie centrale qui, enterré lui aussi, laisse en surface des indicateurs multiples de son passage. Au contraire du pipeline, pour le LHC, aucune contestation, aucun panneau indicateur – les marques du LHC étaient si subtiles qu'il allait falloir trouver autre chose.

A notre binôme s'adjoint bientôt un artiste plasticien, Stéphane Sautour. Nous avons fait à trois une visite au CERN en mai 2011. Passer par le service de presse, pousser un peu du coude pour que notre requête passe aperçue dans la pile des centaines d'autres, faire valoir la spécificité de notre collaboration : le parcours s'annonçait laborieux. On renvoyait immanquablement Grégoire aux projets photographiques qui l'avaient précédé ; on me citait, tout aussi immanquablement, les historiens, sociologues, bien connus des services de communication. Entre juin 2011 et janvier 2012, Grégoire et moi sommes allés au CERN pour plusieurs séjours. Stéphane, quant à lui, était venu au CERN une fois – il avait vu, cela suffisait au travail qui l'attendait, qui se nourrissait si peu du « terrain ». Ses sources à lui étaient ailleurs. Il s'était attaché à « faire délirer le moteur de recherche du CERN » en formulant des requêtes incongrues (« abeilles » + « LHC », par exemple) et avait issu, de la masse de documents mis en circulation sur la toile, les images qu'il voulait *travailler*. Pour lui, la prolifération des données n'était pas un problème et ses dessins ne s'encombraient pas de justifications que Grégoire et moi peinions à formuler. Il engageait la même « démarche descriptive » qu'il avait expérimentée dans d'autres projets, où il avait patiemment *reconstitué*, avec de l'encre de Chine, un Roting 0,25, ou bien, au fusain, Mars, le soleil, Vénus, sur la base des clichés de laboratoire – conférant aux astres, dans ce mouvement de reconstitution, une densité inédite.

Entre ces séjours, les conversations que nous avons eues, les échanges d'impression, ont néanmoins travaillé en profondeur chacune de nos propositions respectives. Quoiqu'intimidée par mes illustres prédécesseurs qui, de Sharon Traweek à Peter Galison en passant par Dominique Pestre, avaient pavé de recherches approfondies la compréhension de la physique des particules, j'étais partie pour enquêter à mon tour auprès des physiciens eux-mêmes. C'est grâce à Grégoire et à Stéphane qu'a émergé l'idée que les choses pouvaient être prises autrement, et que je pouvais tenter d'autres voies d'accès. À mesure que Grégoire affinait son regard sur le paysage et l'invisible (ou le presque-pas-visible) dans le paysage, je commençai à penser que l'échelle à laquelle il se situait, les endroits mêmes où il posait son trépied, permettaient de saisir ensemble des aspects que je n'avais pas vu juxtaposés dans les travaux antérieurs, et obligeaient à opérer des connexions inédites. Ce sont certaines de ces connexions, à l'échelle du *plancher des vaches* – ou légèrement en-deçà –, que j'ai proposé de décrire dans ce livre.

Enquêter auprès de ceux qui s'occupent de la machine, ceux qui la font marcher, ceux qui en assurent l'intendance, ceux qui surveillent ses

soubresauts, ses mouvements infimes, offrait indubitablement d'autres pistes que celles ouvertes par l'histoire ou la sociologie des sciences et des techniques. Cette enquête, qui aurait pu être poursuivie, m'a conduit à penser le LHC comme une machine autour de laquelle la question des échelles est cruciale – une machine à faire *l'expérience* d'échelles incommensurables et de sauts d'échelle vertigineux. On pourrait être tenté de se dire – c'est d'ailleurs comme cela que nous avions commencé ce terrain – que le LHC *a été fait grand*. Il a fallu pour cela beaucoup de travail, les concepteurs sont allés de surprise en surprise pour résoudre le problème de la taille. Maintenant, pourrait-on croire, il est grand : « Le dimensionnement relatif, quand plus rien ne peut l'inverser, semble bien devenu une différence de taille entre "les gros" et les "petits" », écrit Bruno Latour (Latour, 2012, p. 418). Et c'est manifeste : il nous dépasse aujourd'hui tellement qu'on ne doit pas espérer le voir, nous prévient-on. Nous n'en avons pas l'autorisation (« vous ne descendrez pas », dit le service de presse), et quand bien même on nous la donnerait, nous ne le verrions pas davantage parce qu'il est trop grand pour être saisi d'un coup (une de mes interlocutrices parlera de « taille limite »). Qu'à cela ne tienne, s'était-on dit avec Grégoire. Suivons donc les petits chemins, les chemins de traverse. Identifions les traces. Qu'est-ce qui nous préparait, chacun, à cette résignation ? Tous les trois, nous avons reparcouru : plutôt que de s'extasier devant un grand accompli en attendant qu'il ponde sa particule de dieu, nous nous sommes dit que nous n'avions rien à perdre à voir ce que nous pouvions en saisir *à notre échelle*. Que peut-on voir ? À quoi a-t-on accès ? Et de cet accès, que voit-on exactement ? Comment tracer notre propre chemin ? Stéphane partait redécouvrir les images (les découvrir, les ouvrir à nouveau), Grégoire et moi partions redécouvrir le territoire (le découvrir, l'ouvrir à nouveau) en les *parcourant* respectivement avec les outils qui étaient les nôtres : le papier et le fusain, l'appareil photographique, l'observation et la prise de notes.

C'est dans cette dynamique de travail que s'est construit le texte de ce livre. La commande à laquelle nous répondions imposait que, me concernant, le terrain se réalise sur un temps très court. Au total, je n'ai passé dans le pays de Gex que cinq ou six semaines. Mais la clef que j'avais choisie pour réaliser cette enquête, la collaboration avec Stéphane et Grégoire, ont rapidement fait taire mes scrupules à aborder une si grosse machine en y consacrant si peu de temps ! Les observations se sont avérées d'une densité – j'ose dire, d'une efficacité – telles qu'il m'a semblé légitime d'en faire état sans attendre la possibilité de les prolonger. Je crois que les extraordinaires qualifications du LHC ne sont pas

pour rien dans cette affaire : les sujets de s'étonner, de s'étonner vraiment, profondément, étaient tellement abondants qu'en me mettant à l'écriture de ce livre, j'ai eu souvent le sentiment que la narration *crue* de ce qui m'avait été donné de voir et d'entendre se suffisait pleinement à elle-même. Au contact de Stéphane et de Grégoire, je réalisais également qu'elle constituait la *matière* à partir de laquelle je pouvais composer, moi aussi, un point de vue. Ce sont les raisons pour lesquelles j'ai choisi de laisser des situations d'interaction dans leur longueur. Ces situations n'ont fait l'objet d'aucune captation systématique, ni vidéo, ni d'enregistrement. Elles procèdent des prises de notes et de leurs retranscriptions plus ou moins fidèles, plus ou moins élaborées. Si je préfère parler de narration plutôt que de description pour qualifier l'écriture que j'ai choisie, c'est pour faire valoir *l'expérience* de terrain dans laquelle le *je* qui est le mien et le *je* de mes interlocuteurs se sont parfois trouvés mêlés, entretenant l'un avec l'autre des relations explicitement ambigües. Sur cette question, je n'ai pas désiré trancher.

Mes remerciements sincères, d'abord, aux héros involontaires de cette histoire, qui m'ont accueillie chaleureusement et m'ont ouvert les portes de leurs mondes respectifs. Merci aussi pour les précisions qu'ils auront bien voulu apporter à ce manuscrit. Également à Ursula Bassler, Arnaud Marsollier, Sophie Tesauri, du CERN, pour avoir rendu cette enquête possible, jusqu'à la parution de ce livre – rien n'aurait pu se faire, en particulier, sans l'aide et la persévérance sans faille d'Arnaud Marsollier. Merci à Bernard Fernandez pour sa relecture attentive. Ce manuscrit a été présenté en vue d'obtenir une Habilitation à diriger des recherches, soutenue à l'Université Paris Ouest Nanterre la Défense en janvier 2014. Je remercie les membres du jury, Laurence Caillet qui a encadré ce travail, Elisabeth Claverie, Philippe Descola, Michael Houseman, Christian Jacob, François Laplantine et Gilles Tarabout, qui ont chacun contribué grandement à élargir le spectre des réflexions menées à son propos. Je remercie enfin Marc Boissonnade et son équipe, ainsi que Grégoire Eloy et Stéphane Sautour, avec qui j'ai partagé cette aventure. Enfin à mon éditeur Alexandre Laumonier, qui s'est risqué à l'édition de ce livre et a mené le travail à bon port.

RÉFÉRENCES

Abbott, E. A., 2012 (1884), *Flatland*, Zones sensibles, Bruxelles.

Allan, A.L., 1987, « The People of Geodesy. Opening Address », in S. Turner (éd.), *CAS CERN Accelerator School. Applied geodesy for Particle Accelerators*, CERN, 14-18 avril 1986, Genève, p. 2-12.

Aubin, D., Bigg, C., & Otto Sibum, H. (éd.), 2010, *The Heavens on Earth. Observatories and Astronomy in Nineteenth-Century Science and Culture*, Duke University Press, Durham / Londres.

Baker, L. S, 1987, « GPS its development and deployment », in S. Turner (éd.), *CAS CERN Accelerator School. Applied geodesy for Particle Accelerators*, CERN, 14-18 avril 1986, Genève, p. 24-30.

Banks, T. & Fischler, W., 1999, « A Model for High Energy Scattering in Quantum Gravity », hep-th/9906038.

Beech, M., 2010, *The Large Hadron Collider. Unraveling the Mysteries of the Universe*, Springer, New York.

Blaizot, J.-P., Iliopoulos, J. *et al.*, 2003, « Study of Potentially Dangerous Events During Heavy-Ion Collisions at the LHC : Report of the LHC Safety Study Group », CERN 2003-001, Theoretical Physics Division.

Boltanski, L., Claverie, E., Offenstadt, N. & Van Damme, S., 2007, *Affaires, scandales et grandes causes. De Socrate à Pinochet*, Stock, Paris.

Boltanski, L., 2012, *Enigmes et complots. Une enquête à propos d'enquêtes*, Gallimard, Paris.

Chardin, G. & Shapiro, M., 2009, *Le LHC peut-il produire des trous noirs ?*, Le Pommier, Paris.

Chateauraynaud, F. & Torny, D., 1999, *Les sombres précurseurs. Une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque*, Éditions de l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris.

Chateauraynaud, F., 2011, *Argumenter dans un champ de forces. Essai de balistique sociologique,* Pétra, Paris.

Claverie, E., 2003, *Les guerres de la vierge. Une anthropologie des apparitions*, Gallimard, Paris.
Daston, L. & Galison, P., 2012, *Objectivité*, Les presses du réel, Dijon.
Despret, V., & Porcher, J., 2007, *Être bête*, Actes Sud, Arles.
Despret, V., 2009, *Penser comme un rat*, Quae, Versailles.
Dimopoulos, S. & Landsberg, G., 2001, « Black Holes at the LHC », arXiv:hep-ph/0106295.
Ellis, J., Giudice, G. *et al.*, 2008, « Review of the Safety of LHC Collisions », CERN-PH-TH/2008-136.
Feltesse, J., 2004, « La gestion internationale des grands programmes de recherche scientifique. L'exemple de la physique des particules », http://www.afri-ct.org/IMG/pdf/afri2004_feltesse.pdf [consulté le 5 février 2013].
Galison, P., 1987, *Ainsi s'achèvent les expériences. La place des expériences dans la physique du XXe siècle*, La Découverte, Paris.
Galison, P. & Hevly, B. (éd.), 1992, *Big Science. The Growth of Large-Scale Research*, Stanford University Press, Stanford.
Galison, P., 2005, *L'empire du temps. Les horloges d'Einstein et les cartes de Poincaré*, Gallimard, Paris.
Gervaise, J. & Olsfors, J., 1987, « The LEP Trilateration Network », in S. Turner (éd.), *CAS CERN Accelerator School. Applied geodesy for Particle Accelerators*, CERN, 14-18 avril 1986, Genève, p. 85-104.
Giddings, S.B., & S. Thomas, 2002, "High Energy Colliders as Black Hole Factories: The End of Short Distance Physics", CERN, NSF-ITP-01-62 SU-ITP-01-30 hep-ph/0106219.
Goldhill, S., Barber, R., Rabb, T.K. & Glancey, J., 2006, *Wonders of the World*, The Folio Society, Londres.
Gramaglia, C. et Sampaio da Silva, D., 2011, « Des mollusques pour "faire parler" les rivières ? », in Houdart, S., Thiery, O. (éd.). *Humains, non-humains. Comment repeupler les sciences sociales*, La Découverte, Paris.
Grimaud, E. & Paré, Z., 2011, *Quand Les Robots Mangeront Des Pommes*, Pétra, Paris.
Guidice, G.F., 2010, *A Zeptospace Odyssey. À Journey into the Physics of the LHC*, Oxford University Press, Oxford.
Guzmán, P., 2010, *La nostalgie de la lumière*, Pyramide, Paris.
Hecht, G., 2012, *Being Nuclear. Africans and the Global Uranium Trade*, The MIT Press, Cambridge.
Helmreich, S., 2009, "Intimate Sensing", in S. Turkle (éd.), *Simulation and Its Discontents*, The MIT Press, Cambridge, p. 129-150.
Hutchins, E., 1995, *Cognition in the Wild*, The MIT Press, Cambridge.

Ingold, T., 2000, *The Perception of the Environment. Essays in Livelihood, Dwelling and Skill*, Routledge, Londres / New York.
—, 2011, *Being Alive. Essays on Movement, Knowledge and Description*, Routledge, Londres / New York.
—, 2013, *Marcher avec les dragons,* Zones sensibles, Bruxelles.
Johnson, E.E., 2009, « The Black Hole Case: The Injunction Against the End of the World », *Tennessee Law Review,* n° 76, p. 819-908.
Knorr-Cetina, K., 1999, *Epistemic Cultures. How the Sciences Make Knowledge*, Harvard University Press, Cambridge.
Koch, B., Bleicher, M. & Stöcker, H., 2008, « Exclusion of black hole disaster scenarios at the LHC », *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*, n°35, p. 115004.
Latour, B., 1989, *La science en action*, La Découverte, Paris.
Latour, B. & Woolgar, S., 1993a, *La vie de laboratoire. La production des faits scientifiques*, La Découverte, Paris.
Latour, B., 1993b, « Le topofil de Boa Vista. La référence scientifique: montage photo-philosophique », *Raisons pratiques*, n°4, p. 187-216.
Latour, B. & Hermant, E., 1998, *Paris ville invisible*, Les Empêcheurs de penser en rond / La Découverte, Paris.
Latour, B. & Stengers, I., 2009, « Le sphinx de l'œuvre », préface au livre d'E. Souriau, *Les différents modes d'existence*, PUF, Paris.
Latour, B., 2012, *Enquête sur les modes d'existence. Une anthropologie des Modernes*, La Découverte, Paris.
Latour, B., 2013, « Facing Gaïa. Six Lectures on the Political Theology of Nature », http://www.bruno-latour.fr.
Le Courrier, 1953a, « Un dialogue de sourds. À propos de l'Institut de physique nucléaire », jeudi 18 juin 1953.
Le Courrier, 1953b, « Les électeurs genevois repoussent l'initiative communiste contre l'Institut nucléaire », lundi 29 juin 1953.
Lederman, L. M. & Teresi, D., 2006, *The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question ?*, Mariner Books, New York.
Le Grand Roi, R., 1952, « Genève deviendra-t-elle ville atomique ? », *La Tribune de Genève*, 10 janvier 1952.
Netz, R., 2004, *Barbed Wire. An Ecology of Modernity*, Wesleyan University Press, Middletown.
Panofsky, W.K.H., 1992, « SLAC and Big Science: Stanford University », in P. Galison & B. Hevly (éd.), *Big Science. The Growth of Large-Scale Research*, Stanford University Press, Stanford, p. 129-146.
Pestre, D., 1984, « L'organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) », *Vingtième Siècle. Revue d'Histoire*, n° 4, p. 65-76.

Pickering, A., 1984, *Constructing Quarks. À Sociological History of Particle Physics*, The University of Chicago Press, Chicago.
Piette, A., 1996, *Ethnographie de l'action. L'observation des détails*, Métailié, Paris.
—, 1999, *La religion de près. L'activité religieuse en train de se faire*, Métailié, Paris.
—, 2010, *Propositions anthropologiques pour refonder la discipline*, Pétra, Paris.
Pinch, T., 1986, *Confronting Nature. The Sociology of Solar-Neutrino Detection*, Reidel Publishing Company, Dordrecht.
Poincaré, H., 1952 (1905), *La science et l'hypothèse*, Flammarion, Paris.
Roy, A., 2012a, « Science and the Large Hadron Collider : A Probe into Instrumentation, Periodization and Classification », *Dialectical Anthropology,* n °36, p. 291-316.
Roy, A., 2012b, « Semiotics of the Sub-Nuclear », *La Ricerca Semiotica*, n °1, p. 53-71.
Sancho, L., 2008, « Fear Review », *Harper's Magazine*, 8 septembre, p. 28-29.
Schopper, H., 2009, *LEP. The Lord of the Collider Rings at CERN 1980-2000. The Making, Operation and Legacy of the World's Largest Scientific Instrument*, Spinger, Berlin.
Simoulin, V., 2012, *Sociologie d'un grand équipement scientifique. Le premier synchrotron de troisième génération*, ENS Editions, Lyon.
Souriau, E., 2009 (1943), *Les différents modes d'existence*, PUF, Paris.
Stengers, I., 1996, *La guerre des sciences. Cosmopolitique I*, La Découverte/Les empêcheurs de penser en rond, Paris.
Stengers, I., 2009, *Au temps des catastrophes. Résister à la barbarie qui vient*, Les Empêcheurs de Penser en Rond / La Découverte.
Traweek, S., 1988, *Beamtimes and Lifetimes. The World of High Energy Physicists*, Harvard University Press, Londres, Paris.
Tresch, J., 2007, « Technological World-Pictures. Cosmic Things and Cosmograms », *Isis,* n °98, p. 84-99.
Tresch, J., 2012, *The Romantic Machine. Utopian Science and Technology After Napoleon*, The University of Chicago Press, Chicago.
Turner, S., 1987, *CERN Accelerator School. Applied geodesy for Particle Accelerators*, CERN, 14-18 avril 1986, Genève.
Wise, N. (ed.), 1995, *The Values of Precision*, Princeton University Press, Princeton.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction
5

Chapitre I
Le pré des vaches
21

Chapitre II
Maillage
61

Chapitre III
Le LHC, le vaisseau spatial et les opérateurs
107

Chapitre IV
Précisions
137

Chapitre V
Grandeurs et certitudes
169

Making of
183

Références
187