

Une cathédrale pour les particules

Autor(en): **Dessibourg, Olivier**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique**

Band (Jahr): - **(2003)**

Heft 57

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-971316>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

<http://www.e-periodica.ch>

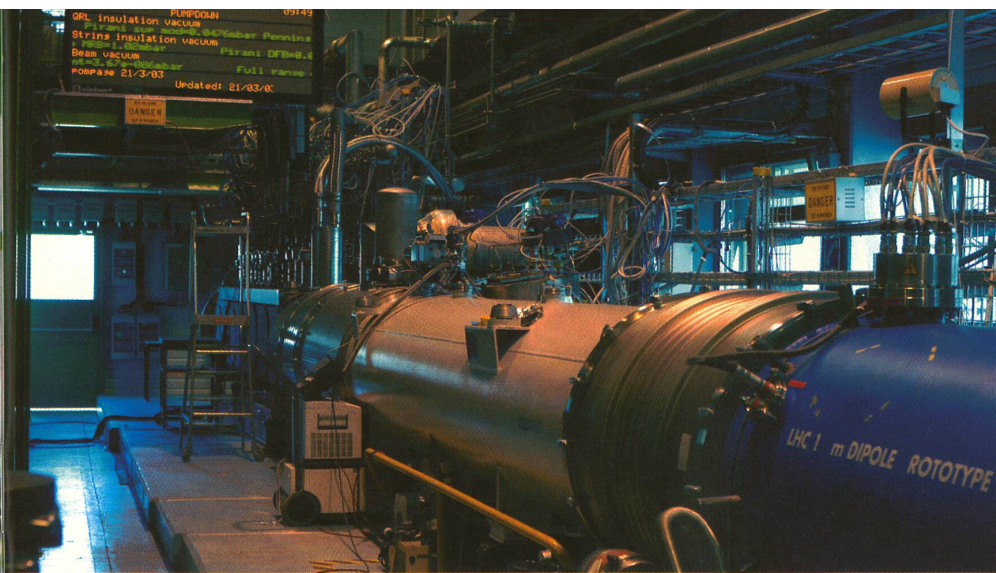


Une cathédrale pour les particules

Une installation immense, des détecteurs géants et des scientifiques par milliers pour déceler de minuscules particules. Tel est le portrait du LHC, le plus sophistiqué des accélérateurs jamais construits, qui sera fonctionnel en 2007 au Centre européen de recherche nucléaire (CERN), à Genève. Visite avec la physicienne Susanna Cucciarelli.

PAR OLIVIER DESSIBOURG
PHOTOS ALDO ELLENA

Sur l'écran de contrôle, les chiffres des mesures défilent comme les cotations à la bourse. Plus loin, des signaux « Danger! » clignotent, créant une ambiance stressante dans cette halle remplie d'instruments électroniques d'où jaillissent des gerbes de câbles. Pourtant, si Susanna Cucciarelli semble préoccupée, ce n'est pas qu'elle est inquiète, mais plutôt curieuse. « C'est la première fois que je les vois! », glisse cette physicienne soutenue par le Fonds national. Les objets de tant d'attention? De longs tuyaux d'acier bleus, qui contiendront le cœur du LHC (acronyme anglais pour « grand collisionneur de hadrons »). Grâce à cet accélérateur de particules, les scientifiques devraient, dès 2007, faire des pas de géant dans la compréhens-



Les tuyaux du LHC et leur système de refroidissement sont testés section par section (à gauche). Quatre détecteurs dont CMS (tout à gauche) enregistrent les traces des collisions de particules.

La physicienne Susanna Cucciarelli développe des programmes pour analyser et reconstruire les collisions de particules.

sion de phénomènes encore inexplicables du « fonctionnement » de l'Univers.

Ces sections de tuyaux seront prochainement assemblées en une boucle dans les 27 km de l'ancien tunnel du CERN, creusé à environ 100 m sous terre. Avant, il s'agit encore de tester, une à une, leur contenu : des aimants supraconducteurs constitués de câbles tressés en niobium-titane, qui enrobent le conduit de cinq centimètres de diamètre dans lequel voyageront les particules. « Pour maintenir l'efficacité de ces aimants, il faut les refroidir à -271°C », précise la chercheuse en décrivant l'installation de cryogénération révolutionnaire dont les conduits achevés véhiculeront dans le LHC de l'azote et de l'hélium liquide. D'où les signaux d'avertissement...

Millions de télescopes

Le rôle de ces 1248 aimants tous identiques à 0,01 % près – une prouesse ! – consiste à infléchir constamment la trajectoire des particules accélérées dans le tube avec une énergie colossale (70 fois plus grande que dans le LEP, le prédécesseur du LHC). Ces particules, des protons, voyageront par paquets qui se croiseront 40 millions de fois par seconde. « Chaque croisement donnera lieu à une vingtaine de collisions proton-proton », poursuit la physicienne. De chacune de ces 800 millions de télescopes jailliront des milliers de « débris » qui sont autant de particules que traquent les chercheurs, dont le fameux boson de Higgs (lire encadré). Il s'agira alors d'enregistrer leurs traces et leurs propriétés. Des informations qui rempliraient, chaque année, une pile de CD-

ROM haute de plusieurs kilomètres ! « Nous devons donc faire des choix », explique S. Cucciarelli, dont le travail est précisément de développer des programmes censés analyser et reconstruire tous ces événements.

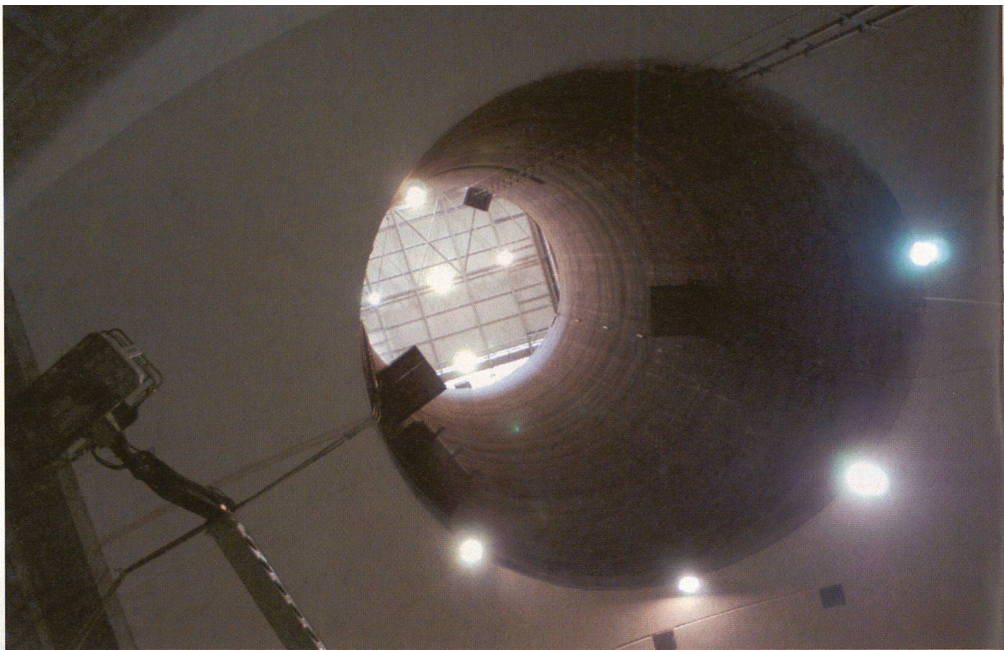
Pour détecter ces particules de la taille d'un milliardième de tête d'épingle, les chercheurs ont dû voir grand. Très grand. Quatre immenses détecteurs jalonnent en effet l'anneau. L'un d'eux, CMS, mesure 21,5 m de long pour 15 m de diamètre et 12 500 tonnes. Autant que la tour Eiffel ! Quelque 1940 scientifiques représentant 150 institutions de 36 pays ont planché sur sa construction. Celle-ci se déroule pour l'instant en surface dans un hangar où, vu la taille de l'objet, l'on entend résonner les élévateurs. Colorée comme un jeu de construction, la machine ressemble à une poupée russe : différentes couches cylindriques imbriquées autour de la zone d'impact des collisions et truffées de capteurs auront pour rôle de stopper et détecter les traces des particules. Ce « monstre de métal » représente en fait un bijou de technologie : « Une précision millimétrique dans l'alignement des pièces est nécessaire », détaille S. Cucciarelli. « Au début du projet, en 1996, il a aussi fallu, fait remarquable, prendre en compte les développements futurs de la technologie et de l'électronique », poursuit-elle en montrant quelques touffes des milliers de km de câbles innervant CMS. Une fois achevé, le « monstre » sera enfermé en une seule fois dans une caverne construite au fond d'un trou profond d'une centaine de mètres.



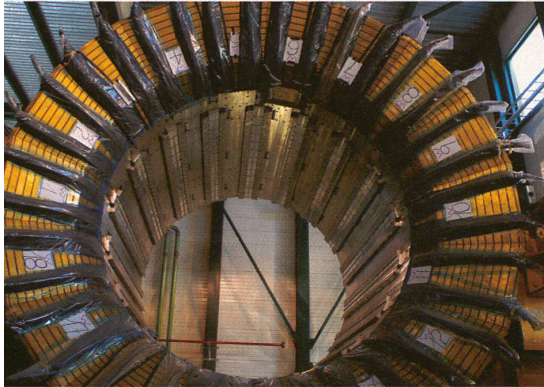
A l'opposé de l'anneau, la « concurrence » – comme les groupes aiment à se qualifier entre eux puisqu'ils poursuivent les mêmes buts scientifiques avec toutefois des instruments relativement différents – n'aura pas cette chance. Le détecteur ATLAS, moins compact que CMS, sera démonté et reconstruit dans une vaste pièce située à 93 m sous terre, haute de 35 m, dégageant encore une odeur froide de béton frais et résonnant comme une cathédrale. Avec l'excavation de 450 000 tonnes de molasse, sa réalisation a donné du fil à retordre à ses architectes, qui ont dû d'abord fixer sa voûte avant de creuser jusqu'au plancher.

« Aujourd'hui est un jour particulier, puisque l'entreprise d'ingénierie nous en remet les clés », explique Marzio Nessi, coordinateur technique du projet. Ne reste plus qu'à descendre et ajuster les éléments du « puzzle » de 7000 t, dont certains sont à peine moins larges que les puits d'accès. Un vrai casse-tête, qui a débuté le mois dernier. Car dès que tout sera monté, plus de possibilité de sortir ces pièces pour les réparer ! Tout est donc testé et retesté...

L'accélérateur LHC est assemblé comme un gigantesque puzzle : le cœur du détecteur CMS, une section de tuyau du LHC dans lequel circulent des particules, des aimants du détecteur ATLAS (de haut en bas)



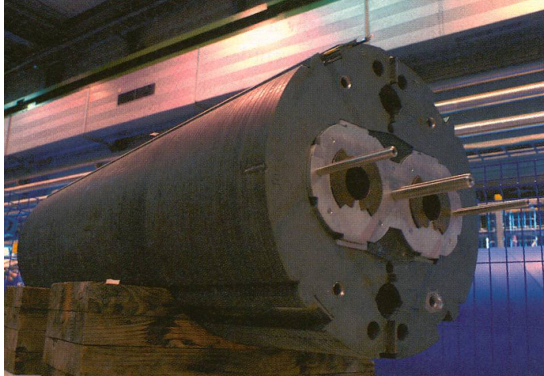
Un des orifices par lesquels sont descendus les éléments du détecteur ATLAS.



Plus haut, dans la halle de montage, un homme en salopettes passe l'aspirateur sur l'un des huit immenses aimants toroïdaux d'ATLAS, dont le champ magnétique servira à influencer la trajectoire des particules issues des collisions. « C'est un chercheur ! », explique M. Nessi. « Si un de ces aimants mis sous vide ne fonctionne pas à cause d'un seul

grain de poussière, c'est tout ATLAS qui flanche ! »

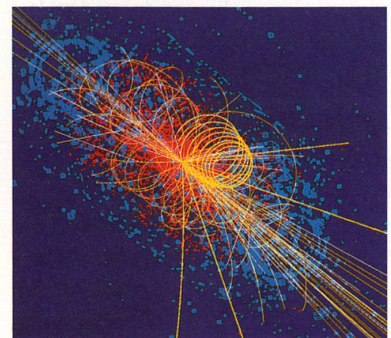
Mais le défi, en plus d'être technologique, est aussi humain. Le montage d'ATLAS représente environ 2000 tâches individuelles différentes, « donc une énorme complexité sociale », relève le chercheur, qui mentionne combien il trouve remarquable de faire



CACHE-CACHE AVEC UN BOSON

Bien caché puisque personne ne l'a encore jamais vu, le boson de Higgs est le Graal des physiciens des particules. La théorie qui, depuis 30 ans, postule son existence est le « Modèle standard », sorte de fiche technique quasi complète décrivant le « fonctionnement » de l'Univers, les éléments de matière qui le constituent et leurs interactions. Quasi, car les scientifiques savent que ce modèle est incomplet. Une des énigmes pendantes est celle de la masse : pourquoi les particules élémentaires (électrons, quarks, etc.) en ont-elles une ? La théorie propose que tout l'espace est rempli par un « champ de Higgs », du nom du physicien écossais qui, avec deux collègues belges, en a eu l'idée. Et les particules acquerraient leur masse en interagissant avec lui. Comme une éponge plongée dans un récipient d'eau (symbolisant ce champ de Higgs) devient lourde. Le modèle prédit aussi qu'à ce champ est associée une particule virtuelle appelée boson de Higgs, qui peut furtivement devenir réelle, comme lors des collisions dans le LHC. Cette par-

ticule pourrait donc expliquer pourquoi les autres ont une masse. Ainsi, le LHC permettra peut-être d'expliquer où est passée le 95% de la masse estimée de l'Univers après le big-bang. Ou encore de démontrer la supersymétrie, une des « théories ultimes » proposées pour unifier toutes les lois de la physique. Autant de découvertes qui chambouleront la compréhension que les scientifiques ont de l'Univers.

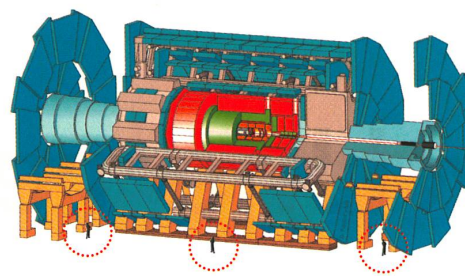


Simulation d'une collision de deux protons.

réfléchir simultanément 1800 chercheurs de 35 pays sur un tel projet. Et cela en priorité pour satisfaire la curiosité et la connaissance humaine.

Au pied de l'ATLAS, un physicien assis sur un carton, cheveux crépus et grisonnants, déballe patiemment des dizaines de petites

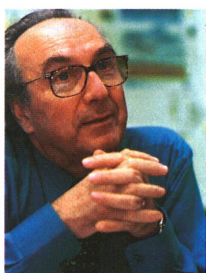
pièces électroniques provenant d'un des nombreux instituts étrangers collaborant au LHC. « Pour certains scientifiques qui y travaillent depuis des années, ce projet sera quasiment l'œuvre d'une vie », conclut M. Nessi, en ôtant son casque de chantier blanc. ■



A côté du détecteur ATLAS, les gens ont l'air minuscules.

« La Mecque de la physique des particules »

INTERVIEW OLIVIER DESSIBOURG
PHOTO CERN



Malgré quelques difficultés financières, les espoirs de découvertes que laisse entrevoir le LHC sont à la hauteur des 3 milliards prévus aujourd'hui pour ce projet. Le point avec Luciano Maiani, directeur général du CERN

HORIZONS : Du point de vue scientifique, comment justifier le LHC ?

L. MAIANI : C'est une étape importante dans la vérification de la théorie appelée « Modèle standard ». Par analogie, dès que l'homme s'est aperçu que la Terre était ronde et qu'il en a estimé le rayon, il a pu avoir une idée précise de la distance maximale le séparant de nouvelles terres, alors que lorsqu'il considérait la Terre plate, il ne savait pas jusqu'où il pourrait aller. Ici aussi, nous pouvons imaginer ce que nous allons trouver : le LHC a été construit sur la base d'indices précis qui laissaient penser qu'à ces niveaux d'énergie jamais encore atteints, on allait très probablement trouver ce que l'on cherchait, ou même plus ! La seule possibilité de le savoir, c'est de vérifier.

Cette curiosité coûte tout de même très cher...

Les coûts ne sont pas si élevés, si l'on considère la taille de la communauté scientifique impliquée (6000 chercheurs du

monde entier). De plus, le LHC est relativement bon marché, vu qu'il utilise nombre d'infrastructures existantes (tunnel, injecteurs de particules, gens expérimentés, etc.). Construit de zéro, il aurait coûté deux à trois fois plus. Mais avant tout, il faut se réjouir qu'il y ait encore des hommes poussés par cet unique idéal : la curiosité. De plus, la recherche fondamentale a toujours eu des retombées utiles sur la société au travers d'applications variées, comme le Web, créé au CERN.

L'an dernier, il manquait 880 millions dans le budget initial (2,6 milliards), ce qui a fait craindre des suppressions de postes. Qu'en est-il aujourd'hui ?

La dernière évaluation des coûts est restée stable pendant un an et nous l'avons prise comme base pour le long terme. Concernant les emplois, les faits ont été déformés l'an passé, car cette réduction de personnel figurait déjà dans le planning de 1996. Par contre, c'est vrai que nous avons dû faire des choix concernant la recherche et réduire ou abandonner les activités non liées au LHC. La question a été posée à nos 20 pays membres : étaient-ils prêts à augmenter

leur contribution financière au CERN pour garder un vaste choix d'expériences en plus du LHC ? Leur réponse étant négative, il a fallu concentrer les forces sur le LHC. C'était une décision éminemment politique.

Les Etats-Unis faisant partie du projet, n'y a-t-il plus de concurrence avec eux ?

Vu les niveaux d'énergie atteints au LHC, le CERN sera vraiment La Mecque de la physique des particules pour une décennie. Il y a en effet un autre projet d'accélérateur, linéaire celui-là, peut-être aux USA. Mais il verra le jour au plus tôt en 2015.

Pourtant, l'accélérateur du Fermilab (Chicago), remis en service, pourrait détecter avant le CERN le fameux boson de Higgs que traquera le LHC. Si c'était le cas, le LHC serait-il remis en question ?

Pour des questions de nombre de collisions de particules nécessaire à détecter le « Higgs » sans ambiguïté, le Fermilab a peu de chance de réussir. Et même s'il y parvient, il restera beaucoup à faire au LHC, car son champ d'étude sera plus vaste : aux très hautes énergies auxquelles il fonctionnera, il deviendra un outil vraiment crucial. ■