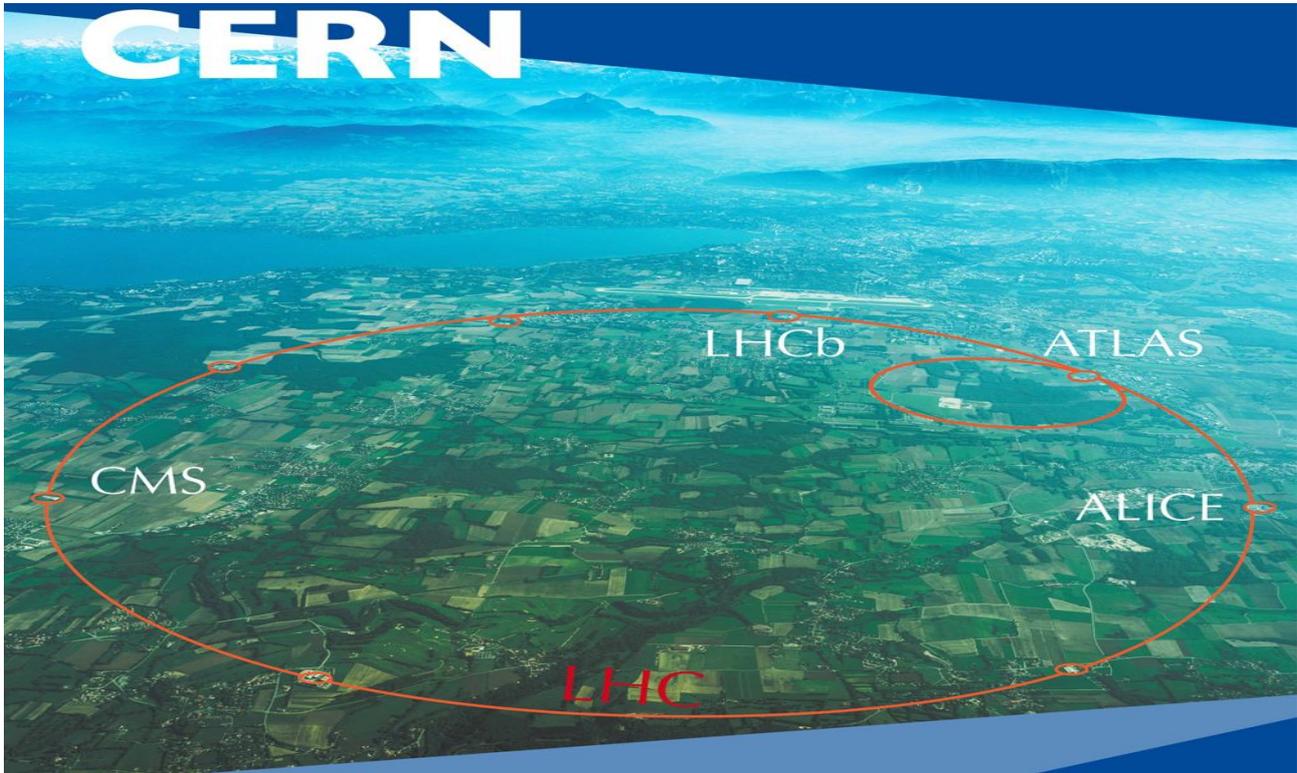


# Una visita al CERN

Enrique de los Reyes Gámez



El CERN (Centro Europeo de Investigaciones Nucleares), situado en Ginebra (Suiza) es una de las mayores obras de ingeniería realizadas por el hombre, las pirámides de nuestra edad. Allí aceleran partículas minúsculas a elevadísimas velocidades antes de hacerlas colisionar, y estudiando estos choques con enormes y complejísimos detectores, estudian cómo se desarrolló el Big Bang, cómo es tejido del Universo que habitamos... Muchísimos países contribuyen económicamente con este organismo, que es el centro de investigación física más prestigioso en el mundo hoy en día. Hace unas semanas abrieron sus puertas al público, haciendo incluso visitas guiadas por las estructuras que tienen en el subsuelo, a 100 metros bajo tierra. Gracias a la invitación de unos amigos, he tenido la gran oportunidad de poder observar con mis propios ojos 'la meca' de los físicos. En este texto os relato mi experiencia.

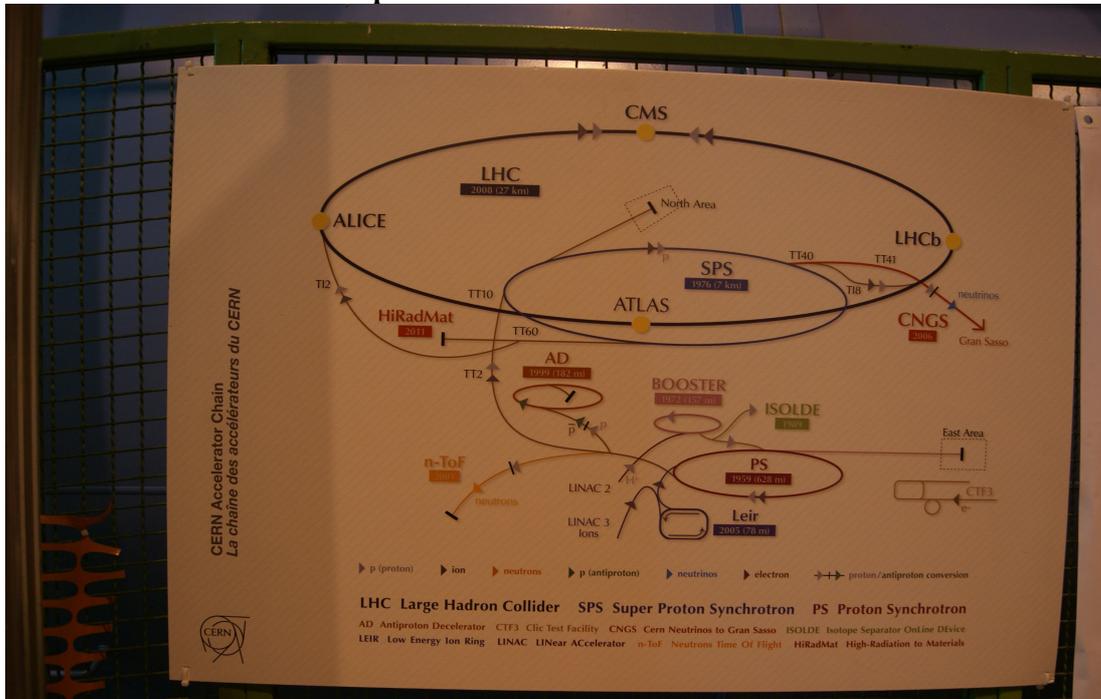
Todo empezó con el pase al subsuelo. Todo el trabajo estaba

parado durante los dos días de la visita, y todos los que organizaban y guiaban eran los propios físicos e ingenieros de allí. Bajamos 100 metros en grandes ascensores, divididos en grupos de 10 personas con dos guías por grupo. Allí empezó el asombro. Un gran túnel, con enormes tubos atravesándolo, del que no podías divisar el final en ninguna de las dos direcciones, ya que el círculo que describe el LHC (Gran Colisionador de Hadrones) tiene una longitud de 27 km. Tal es su longitud que los ingenieros que trabajan en el subsuelo se mueven por él con bicicletas. El punto del LHC que visitamos trataba los sistemas de deceleración de las partículas que viajan por el tubo. Bueno, vayamos por partes...

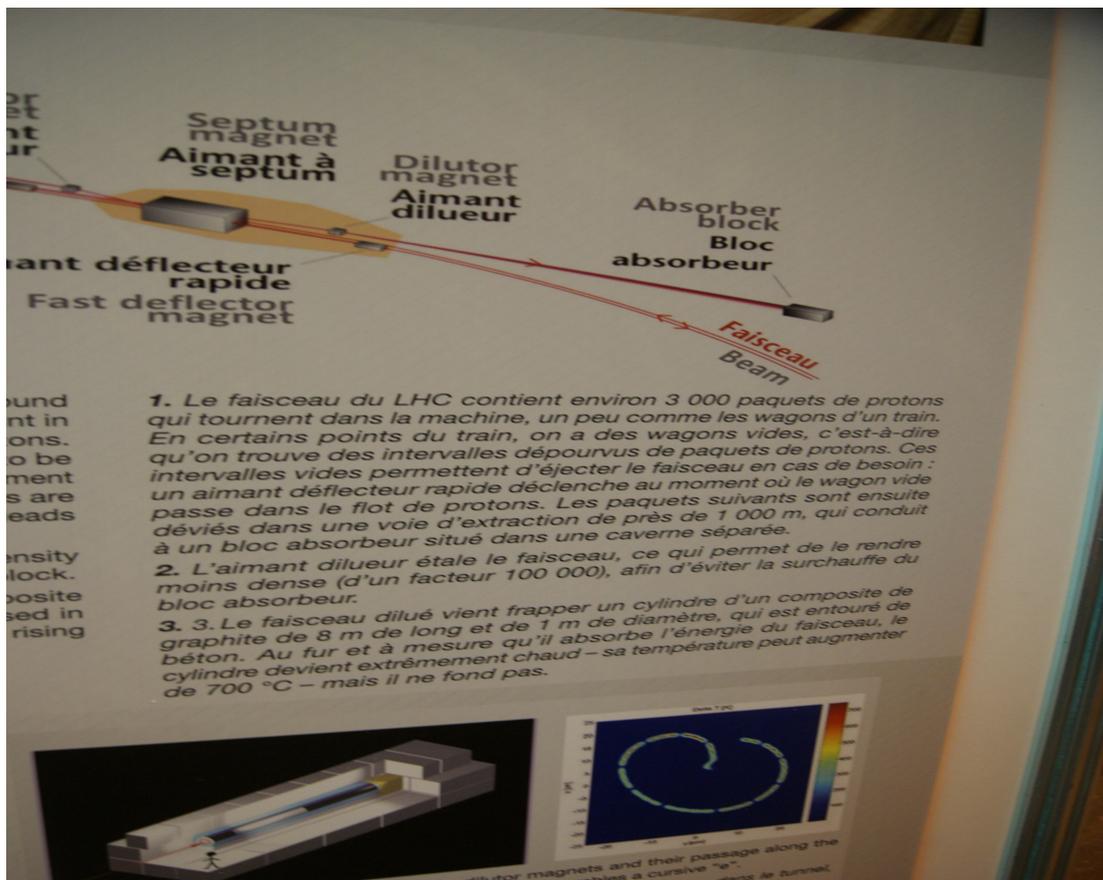


El LHC trabaja con protones esencialmente, que obtienen de gas hidrógeno. Aunque trabaja durante 9 meses al año, únicamente gastan unos 4 gramos de hidrógeno durante ese tiempo. Esto nos da una idea del ínfimo tamaño de los átomos. Con complejos sistemas de aceleración, consiguen que el haz de protones alcance una velocidad del 99'9999991% de la velocidad de la luz antes de colisionar. Incluso con la minúscula masa de los protones, a esas velocidades adquieren la misma energía que un tren de alta velocidad de 400 toneladas a 150 km/h. He aquí la importancia de un sistema de deceleración de los protones que absorba toda esta energía sin riesgos. Para ello, desvían los protones de la tubería

principal mediante imanes, y con el mismo método 'disuelven' el haz, para que no esté tan concentrado. Todos estos protones chocan contra cilindros de grafito envueltos en hormigón que los absorben. Los cilindros de grafito tienen unas dimensiones de 1m de diámetro y 7 metros de longitud, y tras el impacto de los protones alcanzan temperaturas de hasta 700°C.

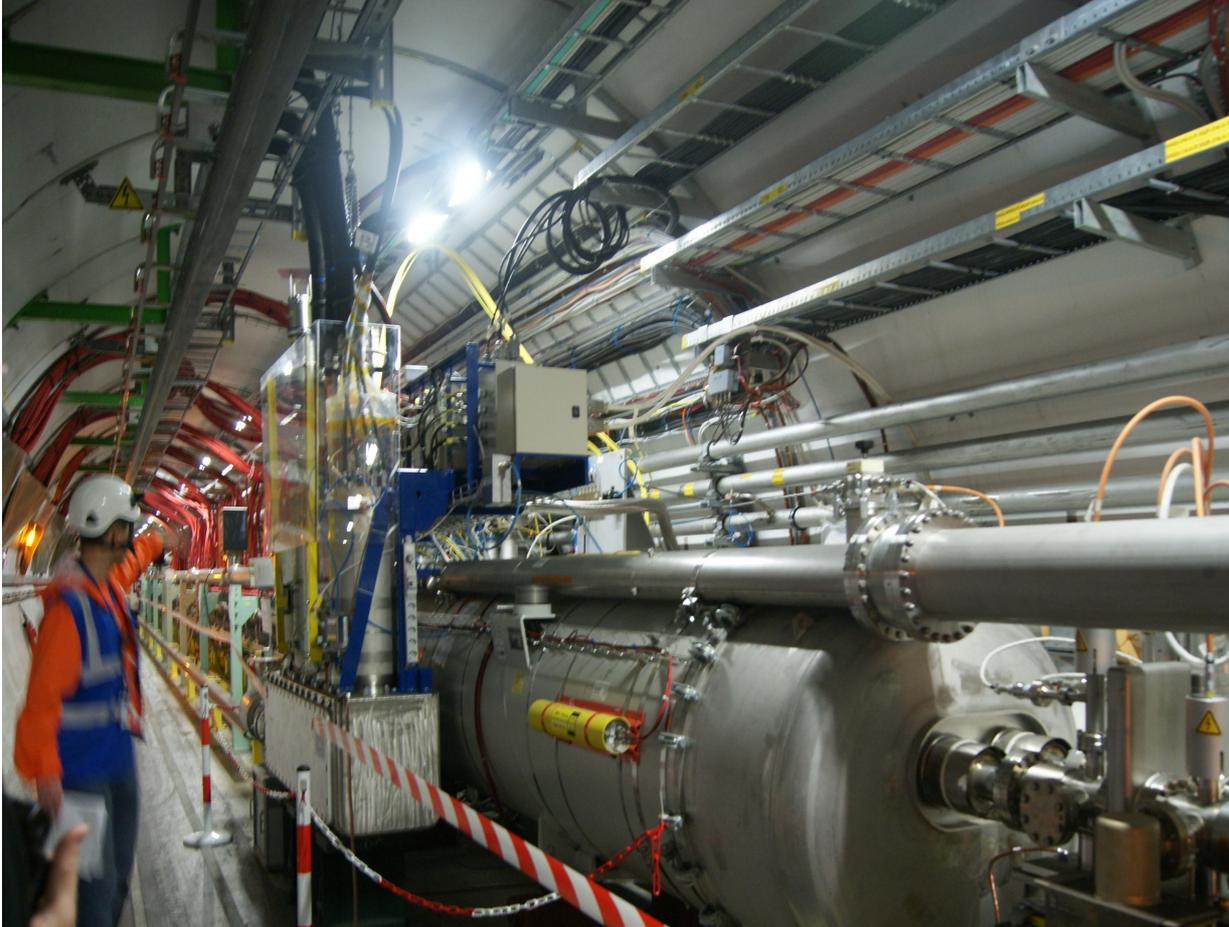
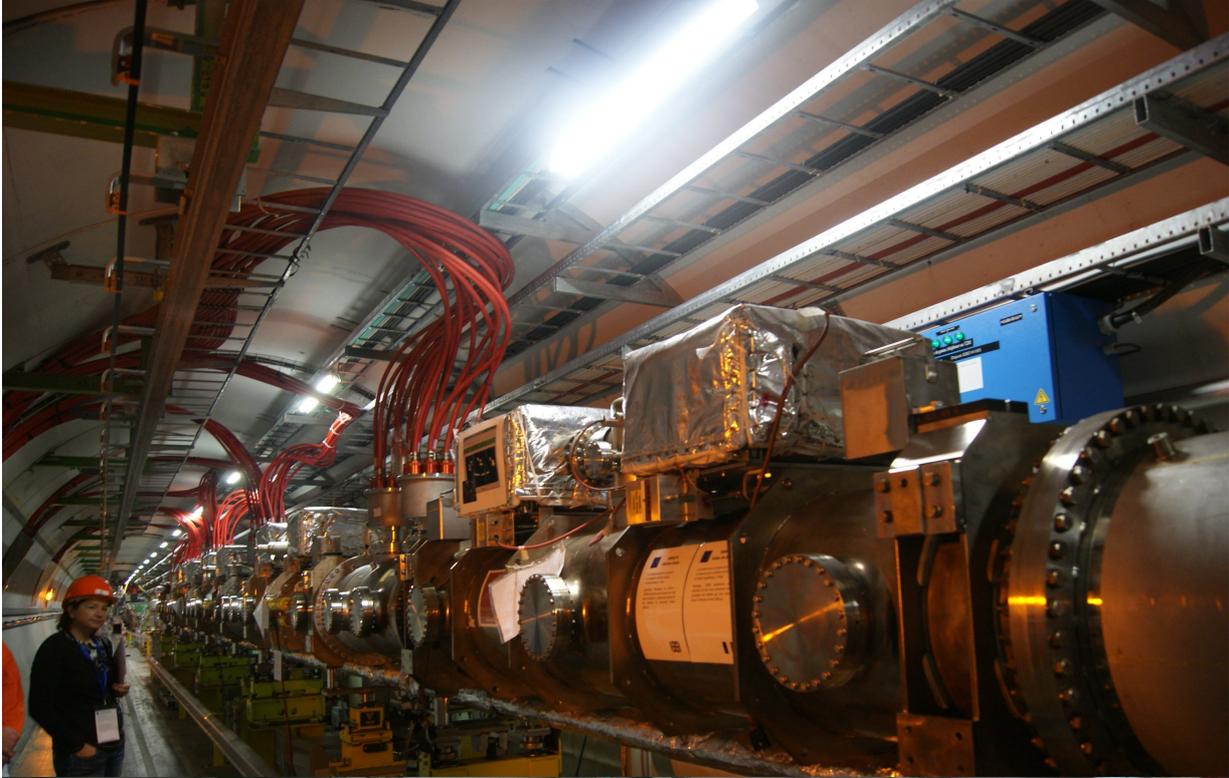


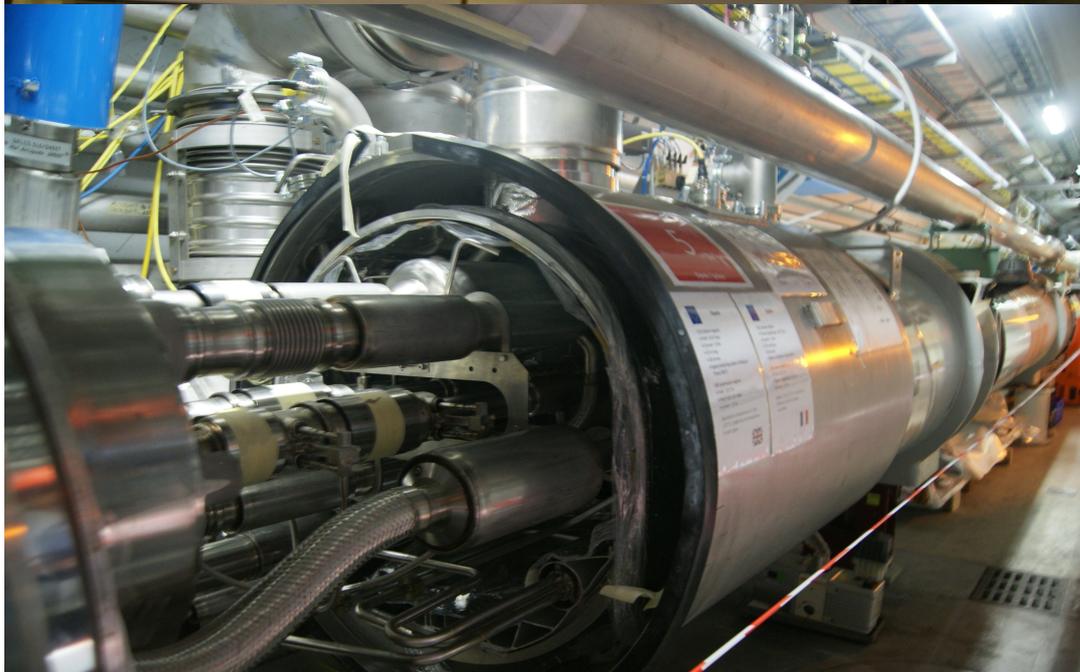
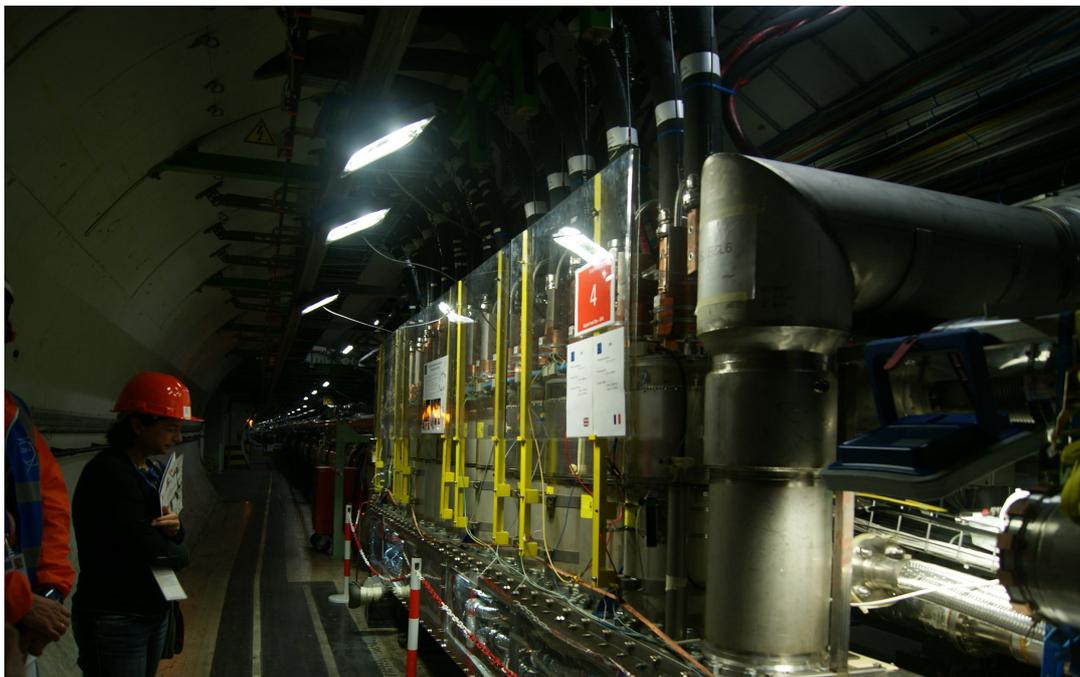
Pero nuestra aventura no se quedó en los sistemas de deceleración. Pudimos ver el corte transversal del tubo, que es realmente una maravilla. Consta con una coraza de tungsteno, un material increíblemente denso que protege el tubo y controla los campos eléctricos y magnéticos que se generan en el tubo. También había tuberías por las que circula helio líquido, refrigerado a su vez por nitrógeno líquido, a -271°C. En el CERN tardan hasta tres semanas en enfriar todas las instalaciones para su correcto funcionamiento. Dentro del tubo hay varias zonas de vacío. Unas externas a  $1/10^9$  atmósferas, y las internas a  $1/10^{11}$  atmósferas. También observamos los sistemas magnéticos con los que controlan el haz de protones. ¡¡Utilizan imanes de hasta 8 polos!! No sé vosotros, pero yo aún soy incapaz de imaginarlo. Dentro del tubo hay imanes que impulsan los protones como una ola impulsa a un surfista, cambiando las cargas de los imanes. Por



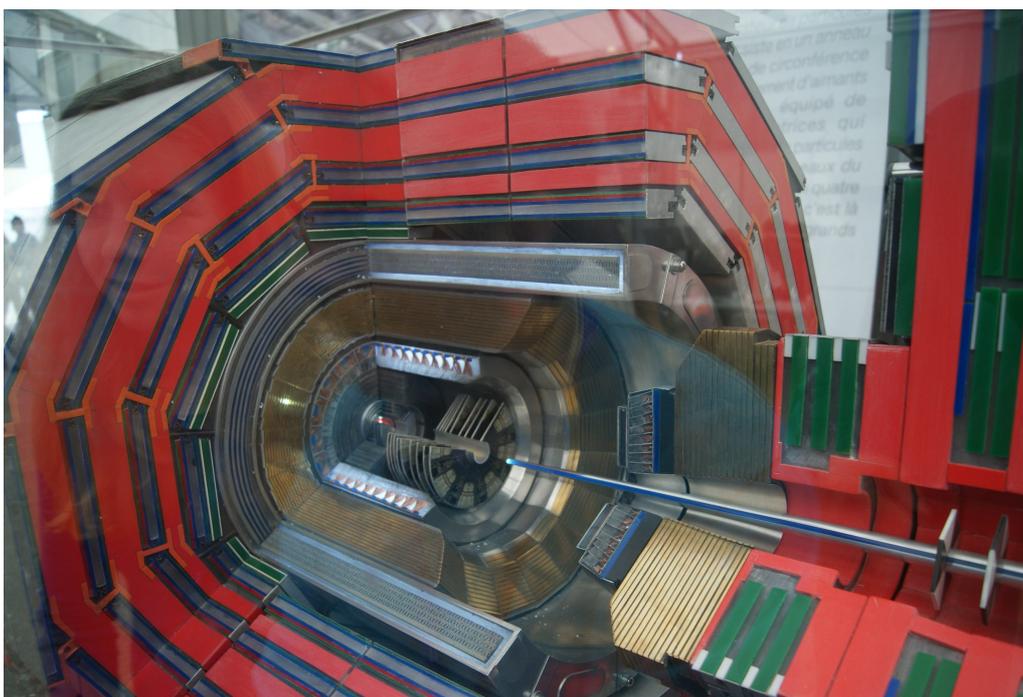
el exterior del tubo, unos imanes controlan la trayectoria circular del haz a través del LHC. Estos enormes imanes están alimentados por superconductores. Para que os hagáis una idea de la importancia del prefijo 'súper', pensad que la energía que transporta un cable de cobre de 2000 milímetros cuadrados pasa a ser conducida por un superconductor de 30 milímetros cuadrados. Claro que aquí no terminan las cifras asombrosas. El CERN trabaja con una potencia de 40 MW, la misma que consume la ciudad de Ginebra por sí sola. Cuenta con una central nuclear y una central hidroeléctrica dedicadas en exclusiva a alimentar las instalaciones. Por lo tanto, tanto gasto debe conllevar unos estudios precisos. Los grandes imanes están controlados por unos software que, en caso de que la fuente de energía varíe en un grado de 1/10.000.000.000, se aborta el experimento ya que no obtendrían la fiabilidad deseada. Una cosa que siempre me pregunté y me resultó muy curiosa es cómo consiguen que los haces de protones, todos con las mismas cargas, no se repelan y se difuminen. Para ello, mediante imanes (cómo no), van compactando el haz mediante planos, primero el vertical, luego el

horizontal y así sucesivamente. De esta manera queda un haz que pasa por un espacio de menos de un milímetro cuadrado cuando deben hacerlo chocar, consiguiendo mayor exactitud en el choque con el otro haz.



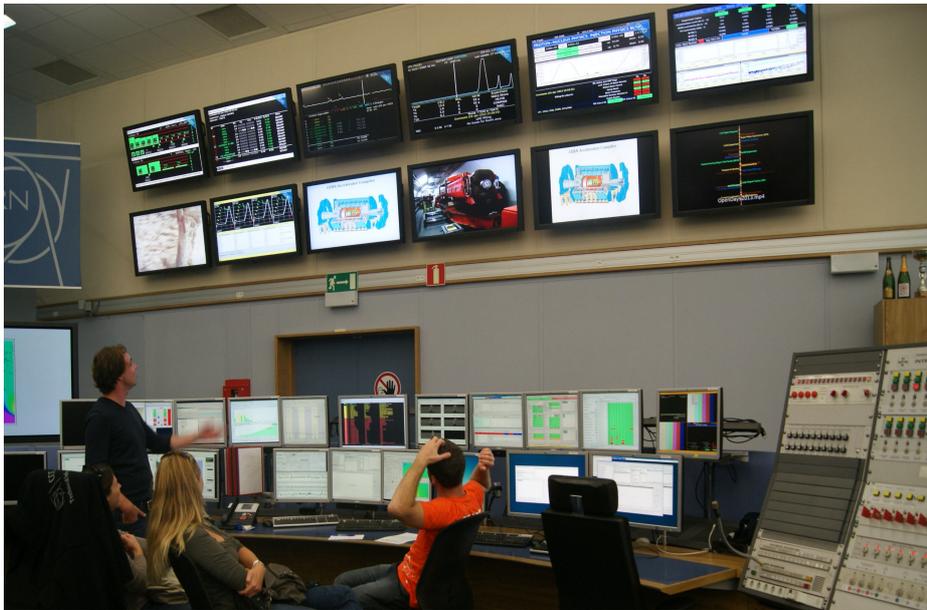


Tras visitar el subsuelo, pasamos por el CMS (Compact Muon Solenoid). Es uno de los cuatro detectores del LHC, en el que se descubrió el bosón de Higgs en el verano del 2012, y aunque no logramos verlo porque estaba a 100 metros bajo nuestros pies, pudimos ver representaciones a escala y hablar con físicos e ingenieros allí presentes. Estuvimos largo rato hablando con un profesor de física de la universidad de Indiana que nos explicó cómo interpretar los datos obtenidos de detectores como el CMS. Estos detectores son realmente enormes, con unos 30 metros de diámetro, y en el milímetro cuadrado del centro es donde colisionan los protones. En estos choques, los protones se desintegran en sus respectivos quarks, que se vuelven a unir formando otras partículas. Aunque las partículas resultantes salen despedidas en todas direcciones, los detectores sólo recogen las que salen perpendiculares al choque, digamos porque salen más 'limpias'. Hay distintos detectores dentro del CMS, algunos miden si la partícula resultante está compuesta por otros quarks, otros miden si tiene carga o no... De esta manera, en los resultados podremos interpretar qué partícula ha resultado de la colisión según las huellas que deje en los detectores. Es asombroso lo complejo que resulta determinar de qué está formada la materia que nos rodea a pequeñas escalas.



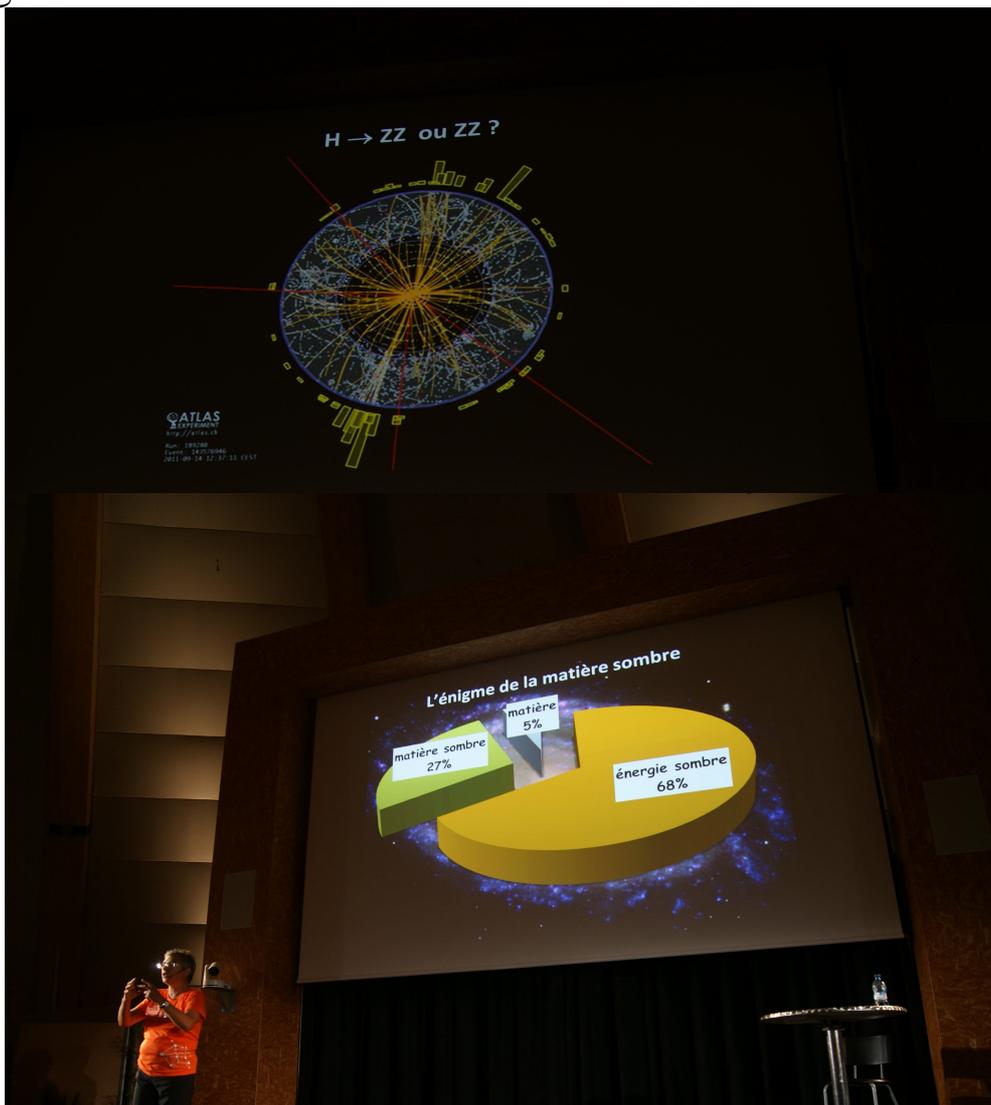
La siguiente parada fue el centro de control del CERN, donde vimos el núcleo de esta institución. Todas las pantallas desde las que controlan los experimentos, las gráficas y demás datos que recogen... Un detalle muy curioso es que en una estantería tienen una gran colección de botellas de champán... vacías; cada una con una etiqueta en la que se especifica qué se celebró con esa botella y cuándo. Todas esas botellas corresponden a éxitos conseguidos por el CERN, entre los que figura el descubrimiento del bosón de Higgs por el cual han recibido el nobel de física hace poco Higgs y Englert.





Concluimos nuestro ajetreado día yendo a la superficie del ATLAS (A Toroidal LHC AparatuS), otro de los detectores del LHC, para hablar con los investigadores del CERN, observar proyecciones sobre el ATLAS y demás. El funcionamiento del detector es parecido al CMS, aunque mientras el CMS está más centrado en la detección de bosones, el ATLAS fue concebido para que pudiese registrar cualquier tipo de partícula. En aquella misma zona, dentro del Globe, un edificio emblemático, asistimos a una charla sobre el bosón de Higgs. Nos explicaron cómo el campo de Higgs está presente en todo el espacio que nos rodea,

siendo el bosón de Higgs su materialización en forma de partícula. El bosón de Higgs es el encargado de proporcionar masa a todas las partículas que interactúan con él, que adquirirán más o menos en función de si interactúan con mayor o menor intensidad. Ha sido una de las partículas más buscadas de los últimos 50 años, y su hallazgo fue una gran revolución para la física, ya que explica cómo las partículas subatómicas adquieren su masa y de qué manera. Además, esta partícula es aceptada por el Modelo Estándar. Sin embargo, lo que más me cautivó de la charla fue el detalle de que únicamente conocemos la naturaleza de un 5% del universo. Este 5% corresponde a la materia visible, que compone todo lo que conocemos. Sin embargo, el 95% restante lo forman la materia y la energía oscuras, de las que muy poco conocemos y que nos dejan un gran espacio aún por investigar.



## Le Modèle Standard

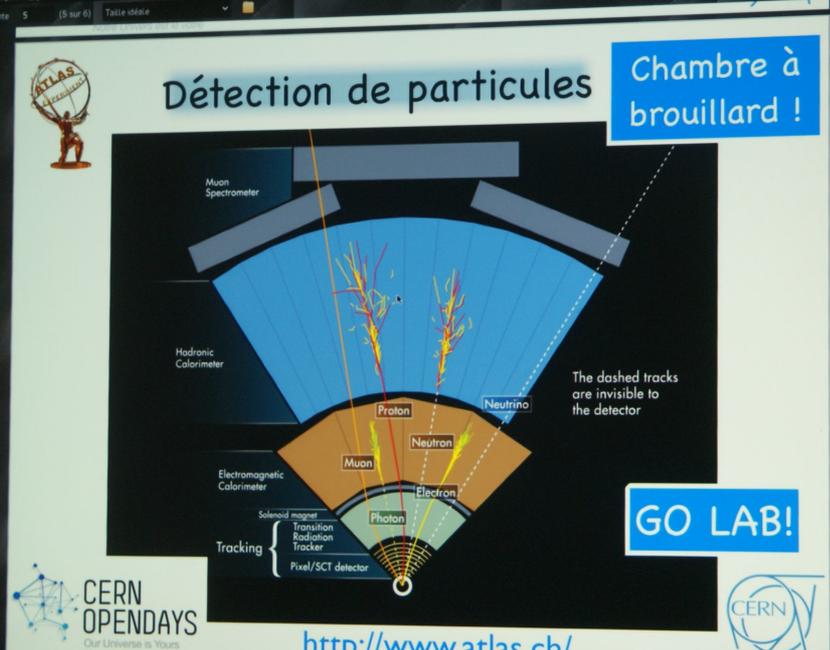
1. La matière est faite de particules fondamentales

	LEPTONS			QUARKS		
MATIÈRE ORDINAIRE	ELECTRON	NEUTRINO ELECTRONIQUE		UP	DOWN	
	MUON	NEUTRINO MUONIQUE		CHARMÉ	ÉTRANGE	
	TAU	NEUTRINO TAU		TOP	BOTTOM	

2. Des particules d'échange appelées **bosons** sont associées aux forces fondamentales.

<b>GLUONS</b>  Interaction forte	<b>PHOTONS</b>  Electromagnétisme	<b>BOSONS W et Z</b>  Interaction faible	<b>GRAVITONS</b>  ? Gravitation	<b>HIGGS</b>  Champ de Brout-Englert-Higgs
---	--	---	---	---

[www.particlezoo.net](http://www.particlezoo.net)



**Détection de particules**

**Chambre à brouillard !**

The dashed tracks are invisible to the detector

**GO LAB!**

CERN OPENDAYS

<http://www.atlas.ch/>

The diagram shows a cross-section of a particle detector. A central beam of particles enters from the bottom. Various detector layers are labeled: Tracking (Pixel/SCT detector), Solenoid magnet, Transition Radiation Tracker, Electromagnetic Calorimeter, Hadronic Calorimeter, and Muon Spectrometer. Particles are shown as tracks: solid lines for visible tracks (Proton, Neutron, Muon, Electron, Photon) and dashed lines for invisible tracks (Neutrino). A blue box highlights 'Chambre à brouillard !' and another blue box says 'GO LAB!'. The CERN logo and 'CERN OPENDAYS' are at the bottom left, and the URL 'http://www.atlas.ch/' is at the bottom center.

La experiencia de poder visitar las instalaciones del CERN, de poder hablar con los investigadores que allí trabajan, ha sido enormemente gratificante. Poder observar una obra de este calibre

es algo que te marca profundamente, y la admiración que siento por el trabajo que allí desempeñan miles de físicos e ingenieros de distintos países es inconmensurable. Por último, quería agradecer a todas las personas que han hecho esta experiencia posible su esfuerzo y generosidad.

