

El CERN, la Inteligencia Artificial y el futuro de la física de partículas

José Ocariz, Université Paris Cité

Laboratoire de Physique Nucléaire et des Hautes Énergies LPNHE, CNRS/IN2P3

En nombre de la comunidad **EL-BONGÓ physics**



EL-BONGÓ
physics



Co-funded by
the European Union



Université
Paris Cité



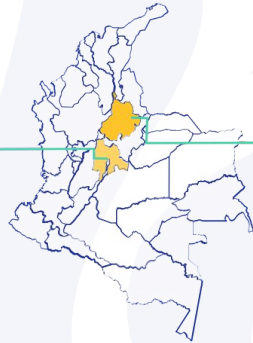


caminos internacionales para la investigación y formación avanzada

Colombia 2025

Bogotá

29 - 30 sep



Bucaramanga

1-3 oct



La universidad al ritmo que marca la ciencia



Co-funded by the European Union



Puentes en la ciencia: caminos internacionales para la investigación y formación avanzada

29 sept 2025, 9:00 → 3 oct 2025, 13:00 América/Bogotá

Descripción Objetivos:

- Fomentar la colaboración internacional entre instituciones europeas y latinoamericanas en educación e investigación en física.
- Intercambiar mejores prácticas en educación de posgrado, diseño curricular y formación interdisciplinaria en física avanzada.
- Destacar iniciativas ERASMUS+ exitosas y su impacto local.
- Construir redes para proyectos de investigación conjuntos y programas de doble titulación entre la Unión Europea y América Latina y el Caribe.

LUN, 29 DE SEPTIEMBRE	
9:00 - 10:00	Apertura y presentación del proyecto EL-BONGÓ physics 9:00 a 9:30 a.m. - Salas de Reuniones 9:30 a 9:50 a.m. - EL-BONGÓ physics
10:00 - 10:30	Panel: Diplomacia científica ¿por qué unir el puente entre ciencia y política pública? Susán Benavides, Vicepresidenta de Investigación y Desarrollo, Universidad De Antioquia Luis Fernando Cebal, Asesorado del Gobernador de Sublequeno de la Unión Europea en Colombia Nicolás Ruiz, Director regional - SAGD Angela María Lozano, Directora de Desarrollo Internacional, Universidad de Toulouse Moderador: María Claudia Córd, Directora de la Oficina de Relaciones Internacionales, UAN
10:30 - 11:00	Coffee break
11:00 - 11:30	Panel: Ciencia abierta, una oportunidad para el conocimiento María Alejandra Tópica, Asesoría de la Universidad de Investigación de la Pontificia Universidad Javeriana Alvaro Chacón-Buagla, Representante - Ciencia Abierta - Ombú, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México Luis Nolasco, Asesor Investigador Europeo de Física, Universidad Nacional de Sanabria Moderador: Lorena Ríos Sierra, Directora del fondo editorial de la Universidad Antonio Nariño.
11:30 - 14:00	Reunión - Desplazamiento Maloka
14:00 - 18:00	Conferencia pública en Maloka Bogotá: El CERN, la IA y el futuro de la física de partículas José Duarte - Universidad Paris Cité, Francia



MAR, 30 DE SEPTIEMBRE	
9:00 - 10:00	Conferencia regional: Construyendo una carrera científica a través de comunidades internacionales de física Pierre Poup - Universidad de Toulouse, Francia
10:00 - 10:30	Coffee break
10:30 - 11:30	Reunión Maloka Anuncios, retos y dificultades de EL-BONGÓ physics Visita guiada del estado actual del proyecto. Presentación por video de los equipos de trabajo. Balance.
11:30 - 14:00	Almuerzo
14:00 - 18:00	Desplazamiento a Bucaramanga

MIÉ, 1 DE OCTUBRE	
9:00 - 10:00	Bienvenida Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia)
10:00 - 10:30	Conferencia regional: Del Edge al Cloud: Cómputo Computacional, Redes y Oportunidades de Investigación Oscar Cardillo - INEA, LUIS, INRIA, Francia Gabriel Jaime Barrios Hernández - UIC, High Performance and Scientific Computing Center
10:30 - 11:00	Coffee break
11:00 - 11:30	Taller: Paradigma Educativo: del Ives al Ockendard Pedro Nicolás Alvarado Alvarado (SAGD)
11:30 - 12:30	Taller: Representa la Formación avanzada en física desde la práctica investigativa Carolina Ruiz - Universidad de Salamanca, España - UIC, BONGÓ physics Pamela De Cardona Ruiz - Universidad de Salamanca, España
12:30 - 14:00	Almuerzo
14:00 - 15:00	Grupo focal: Expectativas estudiantiles en la formación científica avanzada
15:00 - 16:00	Coffee break
16:00 - 18:00	Reunión Maloka: Desafío en el diseño curricular EL-BONGÓ physics 4:00 Minutos - Qué, cómo y por qué cambiar. Recomendaciones mínimas para el desarrollo de cursos en esta plataforma (BONGÓ) Luis Nolasco - UAN, Pontificia Universidad Javeriana José Antonio López - SAGD 4:45 Presentación de la plataforma física avanzada EL-BONGÓ physics (UIC) 4:50 Presentación de la plataforma física avanzada EL-BONGÓ physics (UAN) Luis Nolasco (UAN) 4:55 Resumen de la reunión de la comunidad (UIC) Comunidad de Física de altas energías (UIC) Comunidad de Astronomía y Astrofísica (UIC) Comunidad de Física (UIC) 4:55 Resumen general (UIC) Moderador: Luis Nolasco
JUE, 2 DE OCTUBRE	
9:00 - 10:00	Bienvenida Universidad Autónoma de Bucaramanga
10:00 - 10:30	Conferencia regional: IA y modelos computacionales: su impacto en la investigación Pablo Ruiz - INEA, LUIS, INRIA, Francia Pamela De Cardona Ruiz - UAN, High Performance and Scientific Computing Center
10:30 - 11:00	Coffee break
11:00 - 11:30	Panel: Prácticas de formación científica avanzada: experiencias de Maloka Nicolás Ruiz - Universidad de Salamanca, España Carolina Ruiz - Universidad de Salamanca, España Rafael Sánchez - Universidad de Salamanca, España Directores de programas de maestría
11:30 - 12:30	Panel: Formación para desafíos interdisciplinarios: IA, tecnología cuántica y física del clima Pablo Ruiz - INEA, Oscar Cardillo, Carolina Ruiz
12:30 - 14:00	Almuerzo
14:00 - 15:00	Reunión Maloka: Desafío y experiencia en la construcción de Maloka Oscar Cardillo (SAGD, INEA) Luis Nolasco (UAN) José Antonio López (UIC) Christian Santamaría (UAN)
15:00 - 16:00	Coffee break
16:00 - 17:00	Taller: Conectar la ciencia en tiempos de TikTok Nicolás Ruiz - Universidad Autónoma de Bucaramanga - UIC, BONGÓ physics
VIE, 3 DE OCTUBRE	
9:00 - 10:00	Bienvenida Universidad Antonio Nariño sede Bucaramanga
10:00 - 11:00	Reunión Maloka: Ciencia y políticas públicas Presentación de conclusiones y acuerdos. Presentación de las acciones futuras para la implementación de recomendaciones. Cierre de propuestas y respuestas. Reunión sobre el estado de la formación y reuniones de apoyo.
11:00 - 11:30	Clausura

Al menú esta tarde



- El mundo subatómico
 - lo que sabemos, lo que no sabemos
 - la relación entre lo infinitamente pequeño y lo infinitamente grande
- El CERN, el gran laboratorio europeo de física de partículas
 - breve recorrido histórico, con especial énfasis en
 - el Gran Colisionador de Hadrones LHC
 - el descubrimiento del bosón de Higgs en el 2012
 - la ciencia en el LHC, hoy y hacia la “fase a alta luminosidad”
 - América Latina en la física de altas energías, y en el CERN en particular
- La inteligencia artificial
 - algunas consideraciones generales
 - los usos de la IA en la física de altas energías: ¿en qué nos sirve?
- El futuro de la física de partículas
 - proyectos, ideas, sueños... ¡pero también los retos!

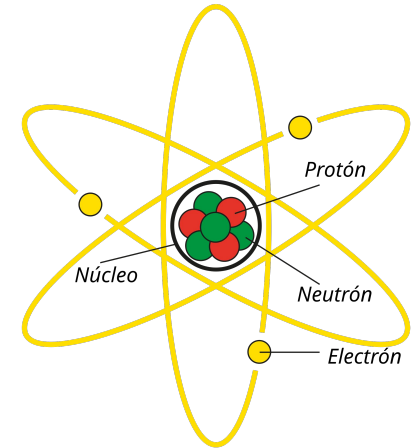




La física de partículas fundamentales

(también llamada física subatómica, o física de altas energías)

- estudia los bloques fundamentales de la materia y sus propiedades
 - desde los átomos, las moléculas ... nosotros ... las estrellas, las galaxias ...
- utiliza aceleradores de partículas (como el LHC en el CERN) para
 - chocar partículas a velocidades cercanas a la luz
 - producir otras partículas
 - descubrir/estudiar de qué está hecho el universo



fuelle : [Wikimedia Commons](#)

fuelle : [CERN Document Server](#)

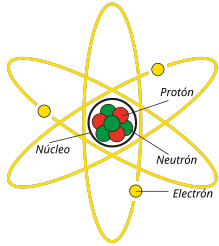
El “Modelo Estándar”

de las partículas fundamentales y sus interacciones

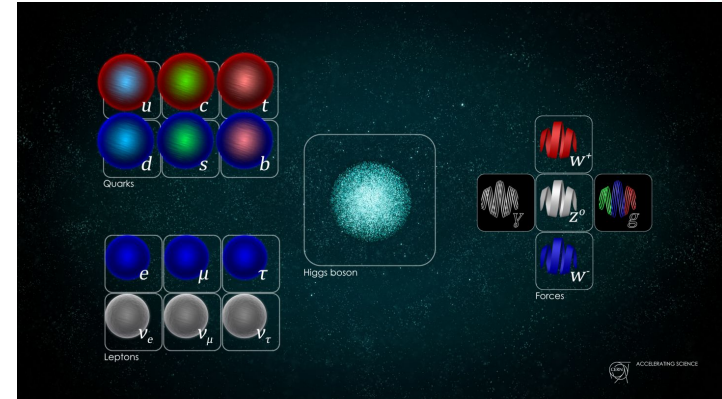


El Modelo Estándar es nuestra mejor comprensión actual de las altas energías

- campos (partículas) de materia :
 - quarks, forman protones y neutrones
 - leptones
 - electrones
 - neutrinos



- ... y por razones que aún no entendemos del todo,
 - hay tres “familias” de quarks y leptones
 - vienen en 2 modalidades : ¡materia y antimateria!
- campos (partículas) de fuerza :
 - el fotón (luz) es el mediador de la electricidad y el magnetismo (sin masa)
 - los gluones, mediadores de las fuerzas fuertes (sin masa)
 - los bosones W y Z, mediadores de las fuerzas débiles, ¡son masivos!

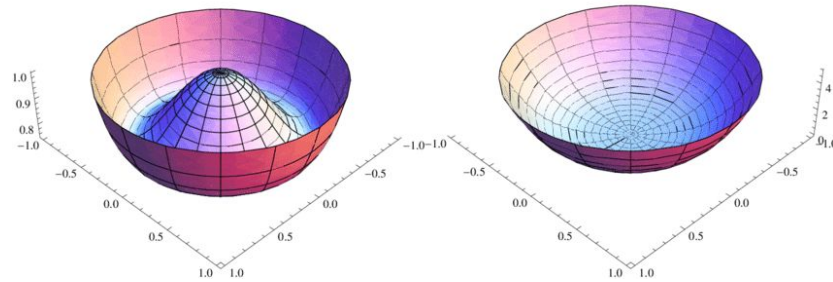


fuelle : home.cern/science

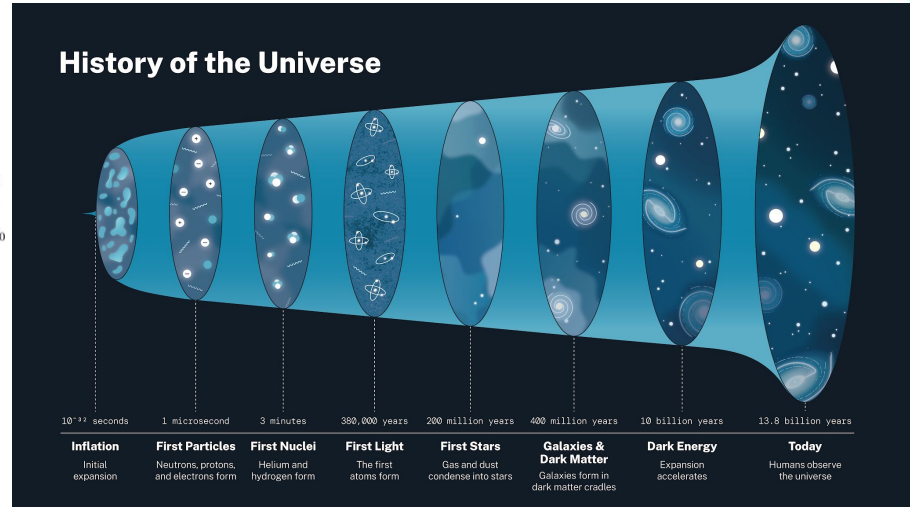
El campo de Higgs y su bosón

- si ninguna partícula tuviera masa....
 - sería imposible formar estructuras estables de materia
- ¿cómo darle masa a las partículas?

fuelle : science.nasa.gov



fuelle : [FEA Dos Santos, PhD thesis](#)



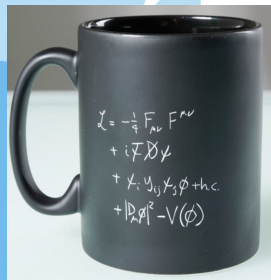
- al inicio de la expansión del Universo, el Higgs estaba apagado...
 - ... y aumentar la temperatura se encendió ... ¡y las partículas adquirieron su masa!
 - las partículas muy pesadas se acoplan fuertemente al Higgs
 - las más livianas lo hacen también, pero con menos intensidad
- de este mecanismo surge el bosón de Higgs, descubierto en el 2012 en el CERN

¿Limitaciones del Modelo Estándar?

Más de medio siglo de éxitos :

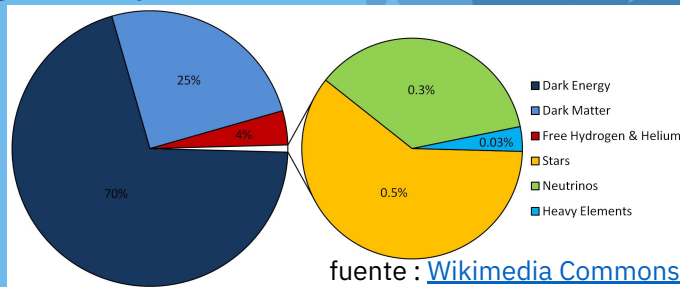
- teoría poderosamente descriptiva y predictiva
- ¡descubrimiento del Higgs!
- ningún resultado experimental en contradicción
- ...

fuelle : [Boutique CERN](#)



Pero varias preguntas sin respuesta :

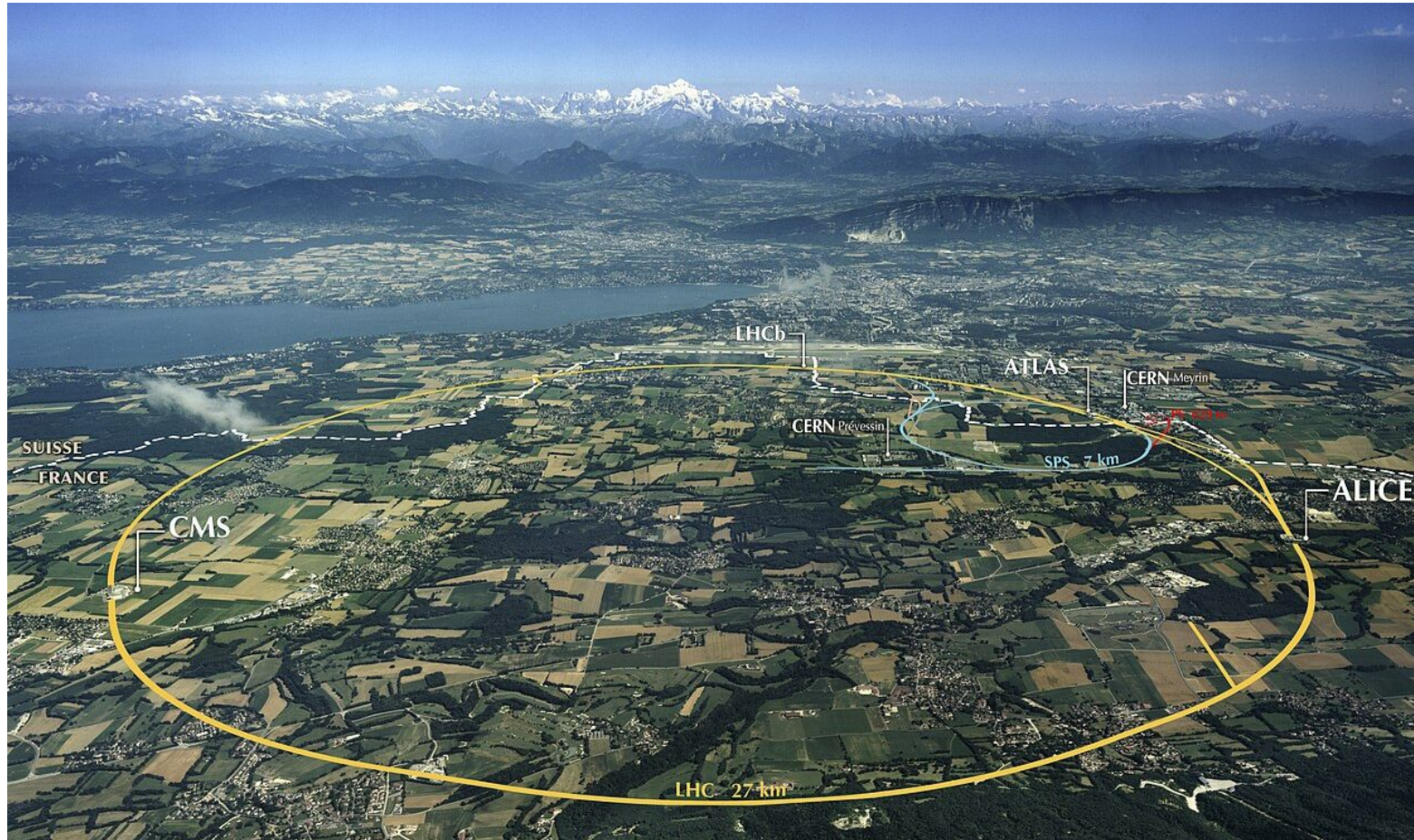
- ¿no incluye la gravedad!
- ¿por qué tres familias de fermiones?
- ¿diferencias materia/antimateria?
- no propone solución a 2 grandes problemas:
 - la materia oscura
 - la energía oscura
- ¿habrá Nueva Física?



fuelle : [Wikimedia Commons](#)



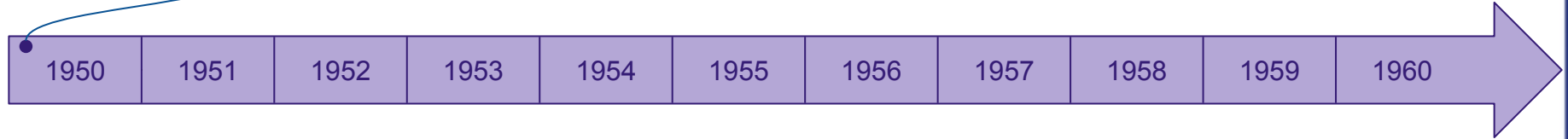
El CERN visto desde la montaña del Jura



Historia del CERN

**Después de la
2da Guerra Mundial**

La ciencia en Europa en un
pésimo estado ...



Historia del CERN

**Después de la
2da Guerra Mundial**

surge la idea de crear un
laboratorio Europeo de física

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

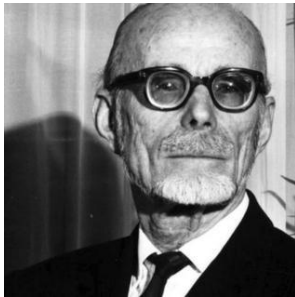
1958

1959

1960



L. de Broglie



P. Auger



N. Bohr



E. Amaldi



Historia del CERN

Después de la 2da Guerra Mundial

surge la idea de crear un
laboratorio Europeo de física



1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

Diciembre 1951

reunión intergubernamental de la
UNESCO en París :
se establece el Conseil Européen pour la
Recherche Nucléaire
¡nace el CERN!



Historia del CERN

Después de la 2da Guerra Mundial

surge la idea de crear un
laboratorio Europeo de física

Octubre 1952

La ciudad de Ginebra es
seleccionada como sede
(ubicación central,
neutralidad suiza, sede de
organismos...)

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

Diciembre 1951

reunión intergubernamental de la
UNESCO en París :
se establece el Conseil Européen pour la
Recherche Nucléaire
¡nace el CERN!



Historia del CERN



Después de la 2da Guerra Mundial

surge la idea de crear un laboratorio Europeo de física

Octubre 1952

La ciudad de Ginebra es seleccionada como sede (ubicación central, neutralidad suiza, sede de organismos...)

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

Diciembre 1951

reunión intergubernamental de la UNESCO en París :
se establece el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
¡nace el CERN!

29 de Junio 1953

La convención del CERN es aprobada por 12 países

*Miembros fundadores :
Bélgica, Dinamarca, Francia, la República Federal de Alemania, Grecia, Italia, los Países Bajos, Noruega, Suecia, Suiza, el Reino Unido, Yugoslavia*

Historia del CERN

Después de la

Octubre 1952

La sixième session du Conseil fut organisée à Paris du 29 juin au 1^{er} juillet 1953. C'est à cette occasion que la Convention établissant l'Organisation fut signée, sous réserve de ratification, par douze Etats membres.

For the German Federal Republic <i>R. Lünig</i> subject to ratification	Pour la République Fédérale d'Allemagne	For the Kingdom of Norway <i>Subject to ratification</i> 21 July 1953 <i>Trygve Bratteli</i>	Pour le Royaume de Norvège
For the Kingdom of Belgium <i>J. Helle</i> sous réserve de ratification	Pour le Royaume de Belgique	For the Kingdom of the Netherlands <i>W. A. van Veen</i> subject to ratification	Pour le Royaume des Pays-Bas
For the Kingdom of Denmark <i>B. Madsen</i> sous réserve de ratification	Pour le Royaume de Danemark	For the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland <i>R. G. G. G. G.</i> subject to ratification	Pour le Royaume-Uni de la Grande-Bretagne et de l'Irlande du Nord
For the French Republic <i>Charles Lemaire</i> <i>René Fauriol</i> sous réserve de ratification	Pour la République Française	For the Kingdom of Sweden <i>Torsten Bugholm</i> Subject to ratification	Pour le Royaume de Suède
For the Kingdom of Greece <i>N. Kambouris</i> sous réserve de ratification	Pour le Royaume de Grèce	For the Confederation of Switzerland <i>S. A. S.</i> sous réserve de ratification	Pour la Confédération Suisse
For Italy <i>Antonio Ghislanzoni</i> <i>Antonio Ghislanzoni</i> sous réserve de ratification	Pour l'Italie	For the Federal People's Republic of Yugoslavia <i>Bole Slobin</i> sous réserve de ratification	Pour la République Fédérative Populaire de Yougoslavie

The Sixth Session of the CERN Council took place in Paris on 29 June—1 July 1953. It was here that the Convention establishing the Organization was signed, subject to ratification, by twelve States.

"La Organización no se ocupará de trabajos relacionados con temas militares, y los resultados de su labor experimental y teórica se publicarán o pondrán a disposición del público en general."

Artículo II, §1

Historia del CERN



Después de la 2da Guerra Mundial

surge la idea de crear un laboratorio Europeo de física

Octubre 1952

La ciudad de Ginebra es seleccionada como sede (ubicación central, neutralidad suiza, sede de organismos...)

29 de Septiembre 1954

El nombre cambia a European Organization for Nuclear Research (acrónimo CERN queda)

1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960

Diciembre 1951

reunión intergubernamental de la UNESCO en París :
se establece el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
¡nace el CERN!

29 de Junio 1953

La convención del CERN es aprobada por 12 países



Historia del CERN



Después de la 2da Guerra Mundial

surge la idea de crear un laboratorio Europeo de física

Octubre 1952

La ciudad de Ginebra es seleccionada como sede (ubicación central, neutralidad suiza, sede de organismos...)

29 de Septiembre 1954

El nombre cambia a European Organization for Nuclear Research (acrónimo CERN queda)

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

Diciembre 1951

reunión intergubernamental de la UNESCO en París : se establece el Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire ¡nace el CERN!

29 de Junio 1953

La convención del CERN es aprobada por 12 países

1957

El primer acelerador del CERN: el "Synchrocyclotron"



Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1997-1998

Aprobados los 4 grandes experimentos del LHC: ATLAS, CMS, Alice y LHCb

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las "corrientes neutras" predichas por el Modelo Estándar

1990

Primera página web del mundo:
<http://info.cern.ch/>

2008-2009

Primeros haces del LHC, accidente y reparación, puesta en marcha final

Historia del CERN



1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras
observaciones de
antinúcleos

Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

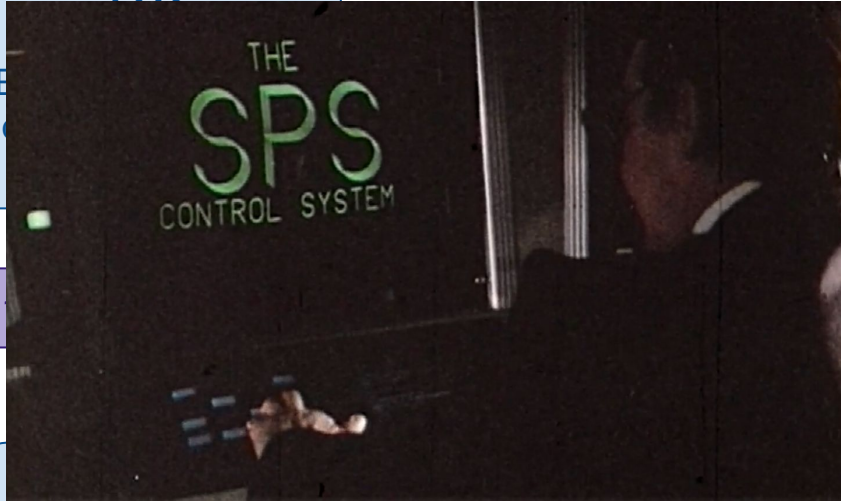
Primeras observaciones de antinúcleos



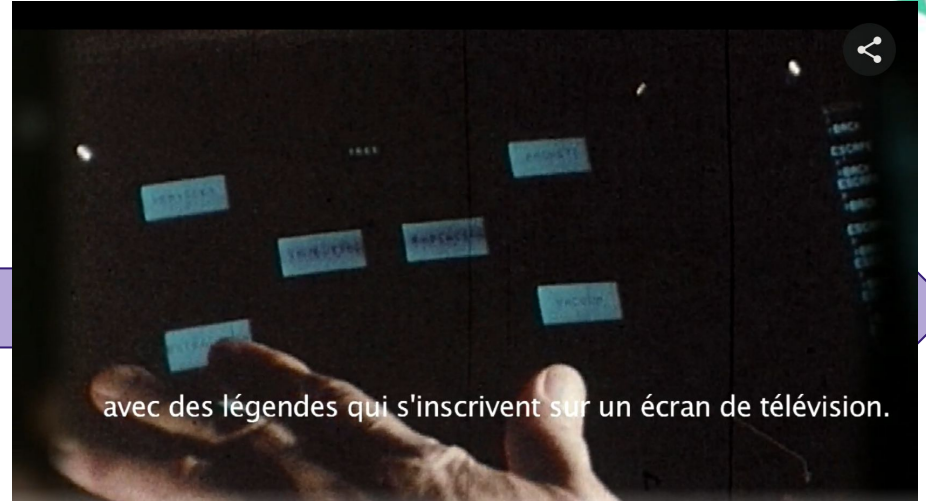
Historia del CERN



1972



Primeras
observaciones de
antinúcleos



Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las “corrientes neutras” predichas por el Modelo Estándar

Historia del CERN

1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles



1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las “corrientes neutras” predichas por el Modelo Estándar



Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las “corrientes neutras” predichas por el Modelo Estándar



Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

1960

1970

1980

1990

2000

2010

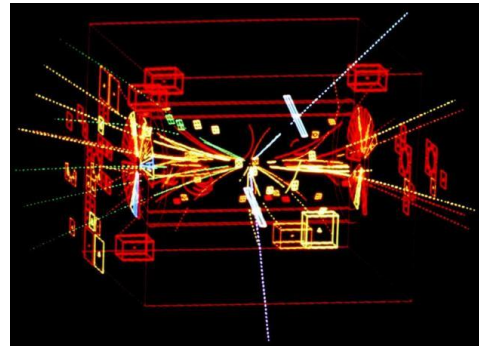
2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las "corrientes neutras" predichas por el Modelo Estándar



Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las “corrientes neutras” predichas por el Modelo Estándar

Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las “corrientes neutras” predichas por el Modelo Estándar



Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las “corrientes neutras” predichas por el Modelo Estándar

1990

Primera página web del mundo:
<http://info.cern.ch/>

Historia del CERN



1972

1983

8 de febrero 1988

Descubrimiento de

World Wide Web

The WorldWideWeb (W3) is a wide-area [hypermedia](#) information retrieval initiative aiming to give universal access to a large universe of documents.

Everything there is online about W3 is linked directly or indirectly to this document, including an [executive summary](#) of the project, [Mailing lists](#), [Policy](#), November's [W3 news](#), [Frequently Asked Questions](#).

What's out there?

Pointers to the world's online information, [subjects](#), [W3 servers](#), etc.

Help

on the browser you are using

Software Products

A list of W3 project components and their current state. (e.g. [Line Mode](#), X11 [Viola](#), [NeXTStep](#), [Servers](#), [Tools](#), [Mail robot](#), [Library](#))

Technical

Details of protocols, formats, program internals etc

Bibliography

Paper documentation on W3 and references.

People

A list of some people involved in the project.

History

A summary of the history of the project.

How can I help?

If you would like to support the web..

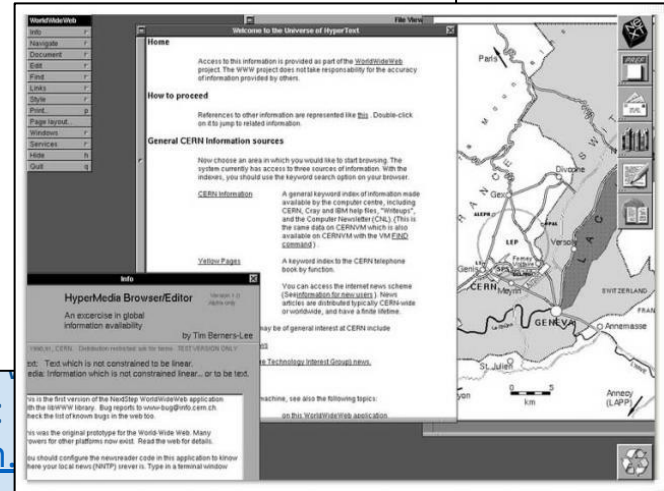
Getting code

Getting the code by [anonymous FTP](#), etc.

observaciones de
antinúcleos

“corrientes neutras”
predichas por el
Modelo Estándar

del mundo:
<http://info.cern.ch>



Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1997-1998

Aprobados los 4 grandes experimentos del LHC: ATLAS, CMS, Alice y LHCb

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las "corrientes neutras" predichas por el Modelo Estándar

1990

Primera página web del mundo:
<http://info.cern.ch/>

Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1997-1998

Aprobados los 4 grandes experimentos del LHC: ATLAS, CMS, Alice y LHCb

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las "corrientes neutras" predichas por el Modelo Estándar

1990

Primera página web del mundo:
<http://info.cern.ch/>



ALICE



Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1997-1998

Aprobados los 4 grandes experimentos del LHC: ATLAS, CMS, Alice y LHCb

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las "corrientes neutras" predichas por el Modelo Estándar

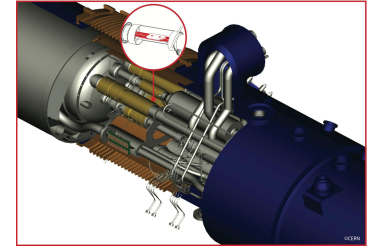
1990

Primera página web del mundo:
<http://info.cern.ch/>

2008-2009

Primeros haces del LHC; accidente y reparación, puesta en marcha funcional

Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las "corrientes neutras" predichas por el Modelo Estándar

1990

Primera página web del mundo:
<http://info.cern.ch/>

2008-2009

Primeros haces del LHC; accidente y reparación, puesta en marcha funcional

Historia del CERN



1972

El CERN es uno de los pioneros de las pantallas táctiles

1983

Descubrimiento de los bosones W y Z predichos por el Modelo Estándar

8 de febrero 1988

Culmina la construcción del túnel del LEP: ¡27 km de circunferencia!

1997-1998

Aprobados los 4 grandes experimentos del LHC: ATLAS, CMS, Alice y LHCb

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

1965

Primeras observaciones de antinúcleos

1973

Observación de las "corrientes neutras" predichas por el Modelo Estándar

1990

Primera página web del mundo:
<http://info.cern.ch/>

4 de Julio 2012

Descubrimiento del Bosón de Higgs



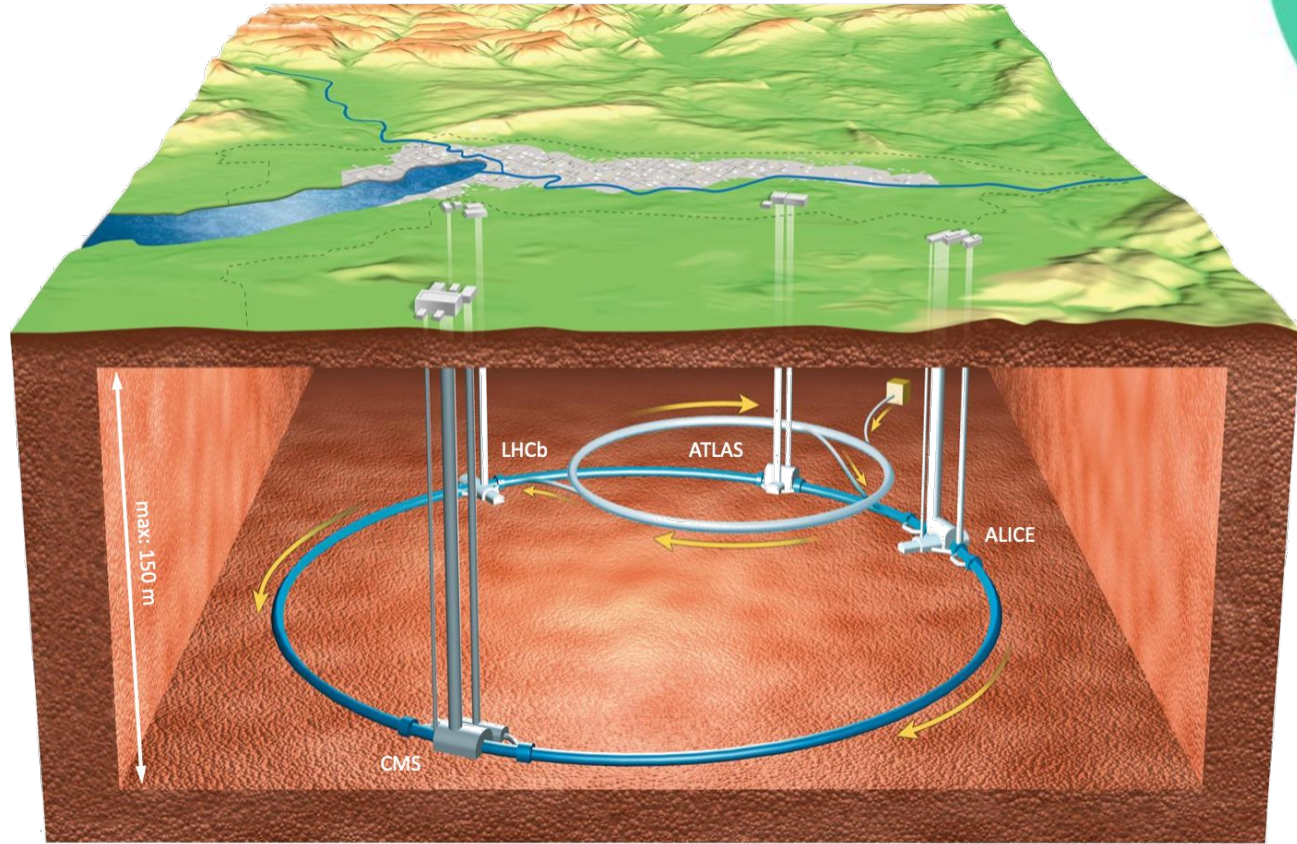
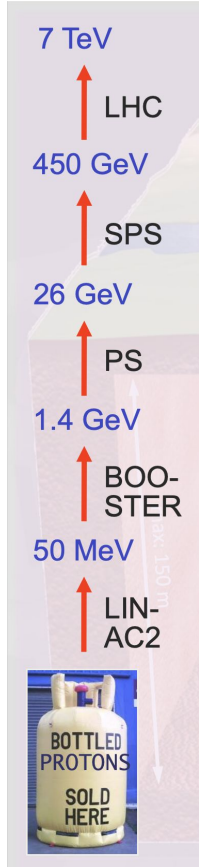
El Gran Colisionador de Hadrones LHC



- Al inicio del LHC, aún no se sabía si hay un bosón de Higgs en la naturaleza
 - el Modelo Estándar predecía todas sus propiedades, excepto su masa
- El programa de física del LHC se definió en los años '90-2000
 - primera prioridad : dar una respuesta definitiva a la pregunta del Higgs
 - si el Higgs del Modelo Estándar existe : descubrirlo
 - y si no existe, eliminar esa hipótesis sin dejar “huecos”
- El LHC también tiene como prioridad la búsqueda de Nueva Física
 - beneficiarse al máximo de las colisiones a mayor energía jamás hechas
 - someter el Modelo Estándar a las pruebas de esfuerzo más intensas
 - y, tal vez, descubrir nuevos fenómenos inesperados :
 - !Nueva Física más allá del Modelo Estándar!



El LHC : una cadena de aceleradores

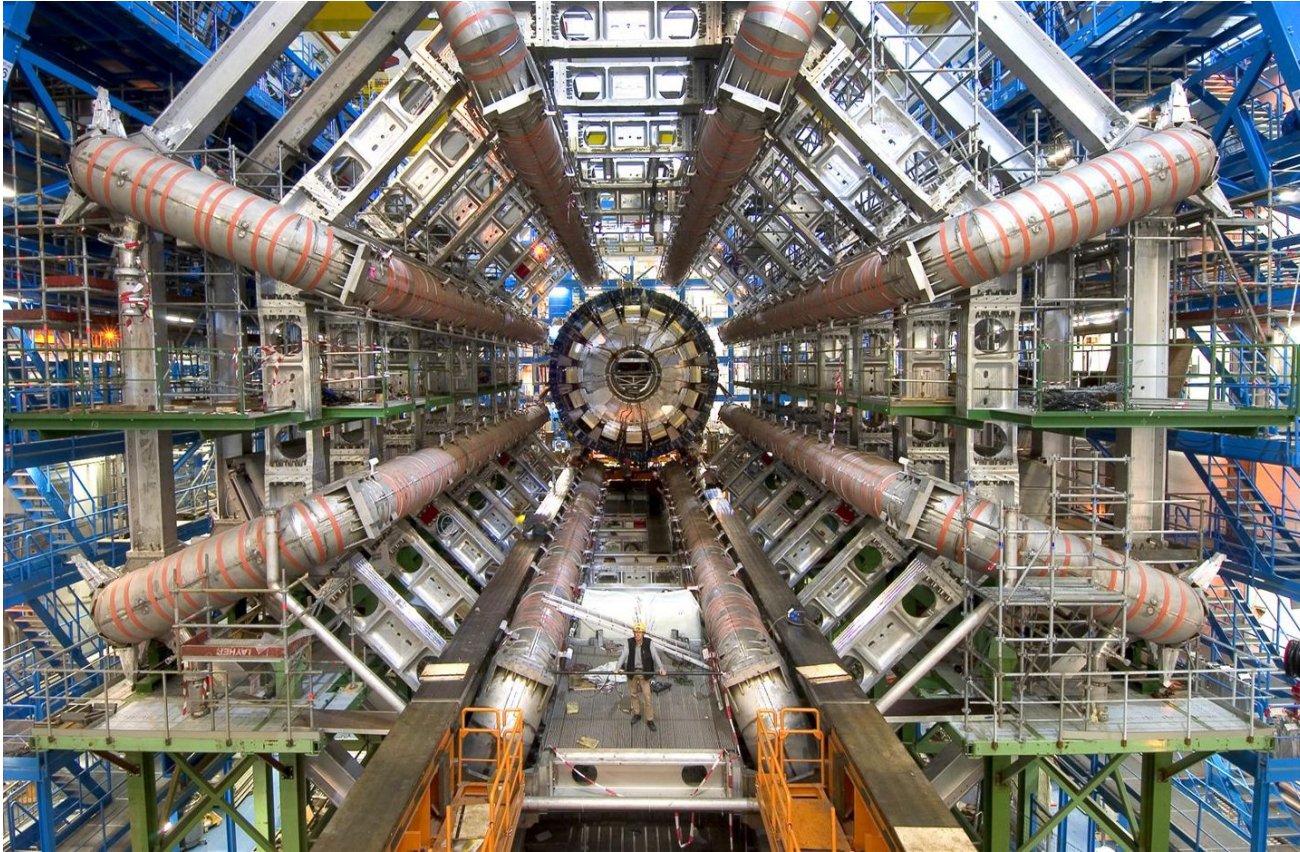


Algunos datos sobre el LHC

Circumference (km)	26.7	100-150m underground
Number of superconducting twin-bore dipoles	1232	Cable Nb-Ti, cold mass 37million kg
Length of Dipole (m)	14.3	
Dipole Field Strength (Tesla)	8.4	Results from the high beam energy needed
Operating Temperature (K) (cryogenics system)	1.9	Superconducting magnets needed for the high magnetic field Super-fluid helium
Current in dipole sc coils (A)	13000	Results from the high magnetic field 1ppm resolution
Beam Intensity (A)	0.5	$2.2 \cdot 10^{-5}$ loss causes quench
Beam Stored Energy (MJoules)	362	Results from high beam energy and high beam current 1MJ melts 1.5kg Cu
Magnet Stored Energy (MJoules)/octant	1100	Results from the high magnetic field
Sector Powering Circuit	8	1612 different electrical circuits



ATLAS : uno de los 4 grandes detectores



El punto de acceso a ATLAS



Argentina
Armenia
Australia
Austria
Azerbaijan
Belarus
Brazil
Canada
Chile
China
Colombia
Czech Republic
Denmark
France
Netherlands
Norway
Palestine
Philippines
Poland
Portugal
Romania
Russia
Serbia
Slovakia
Slovenia
South Africa
Spain
Sweden

ATLAS

ATLAS Collaboration

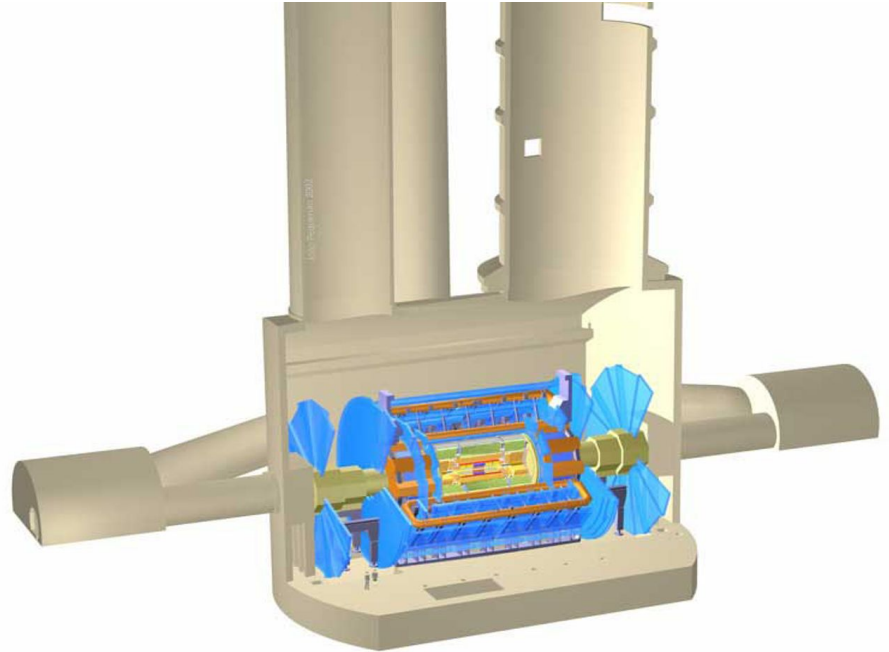
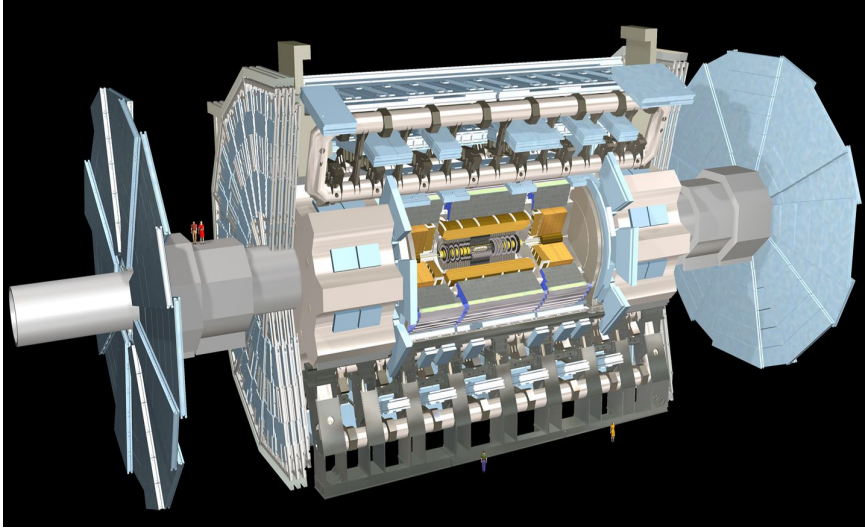


ATLAS
EXPERIMENT

ATLAS : una colaboración internacional



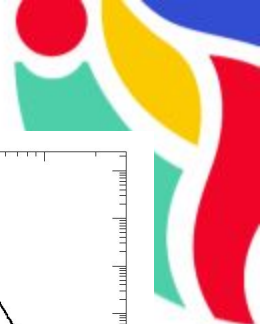
Las entrañas de “la bestia” en su caverna



Algunos vídeos de colisiones



Volúmenes faraónicos de datos



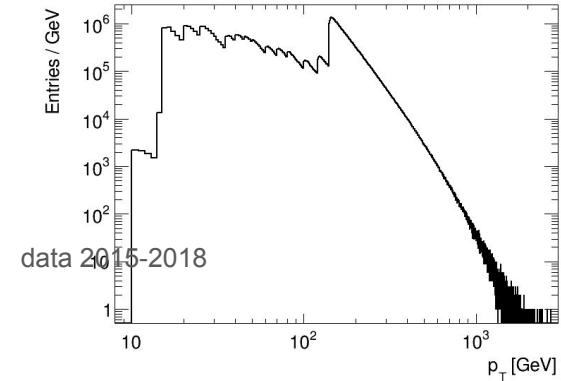
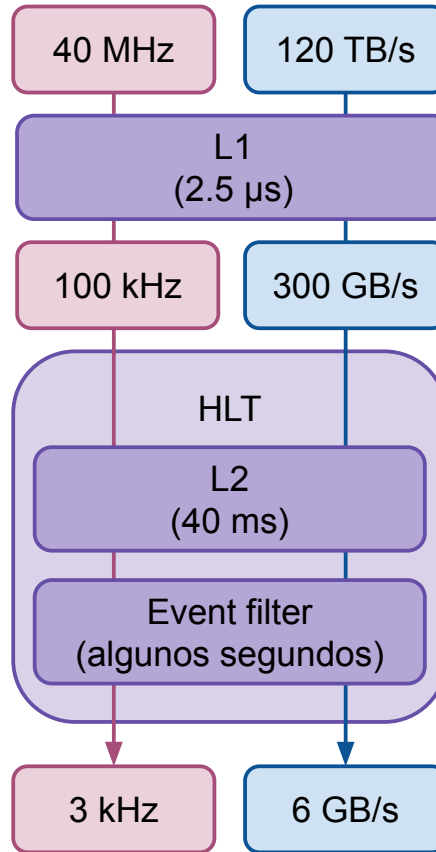
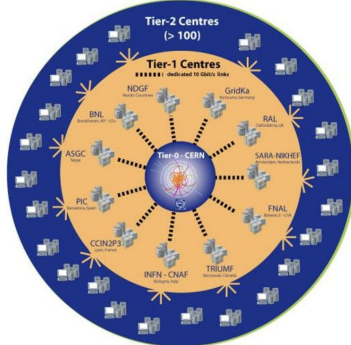
Trigger

- los paquetes de protones se cruzan 40 millones de veces por segundo
- solamente una fracción de las colisiones pueden ser grabadas
- decisión a tomar en tiempo real

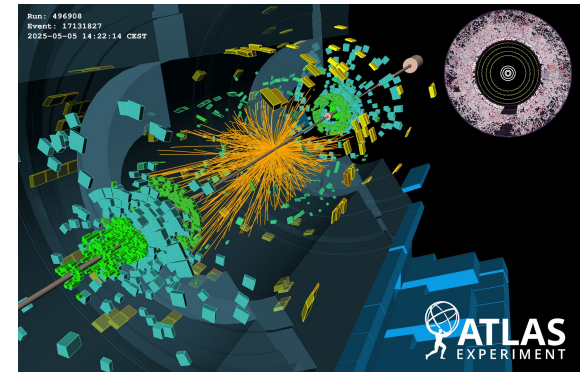
Almacenamiento definitivo de los datos

- distribuidos a través el mundo
- precursor de las “tecnologías de cloud”

LHC Computing Grid (LCG)



Espectro de energía de fotones en ATLAS

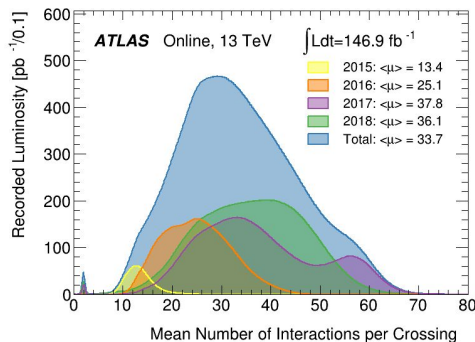
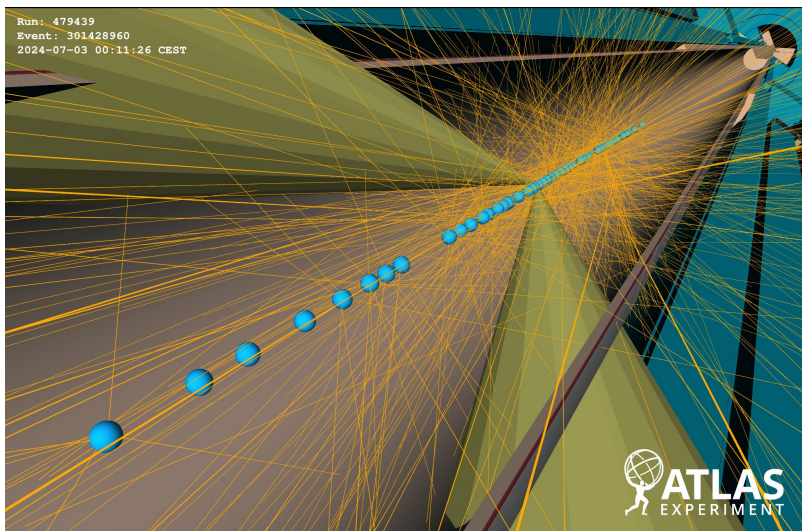
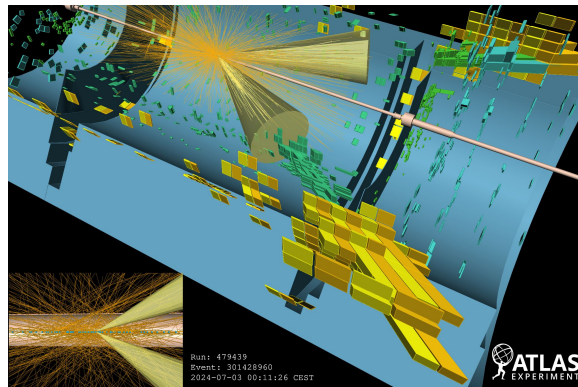


Un adversario temible : el “empilamiento”

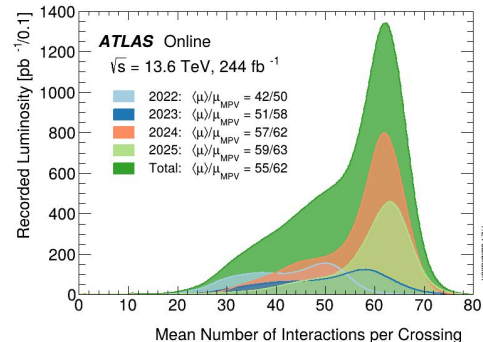
En realidad, hay varias colisiones p-p en un cruce de haces

- desafío múltiple

- para los sensores
- para la adquisición
- para el almacenamiento
- para la calidad de los datos...



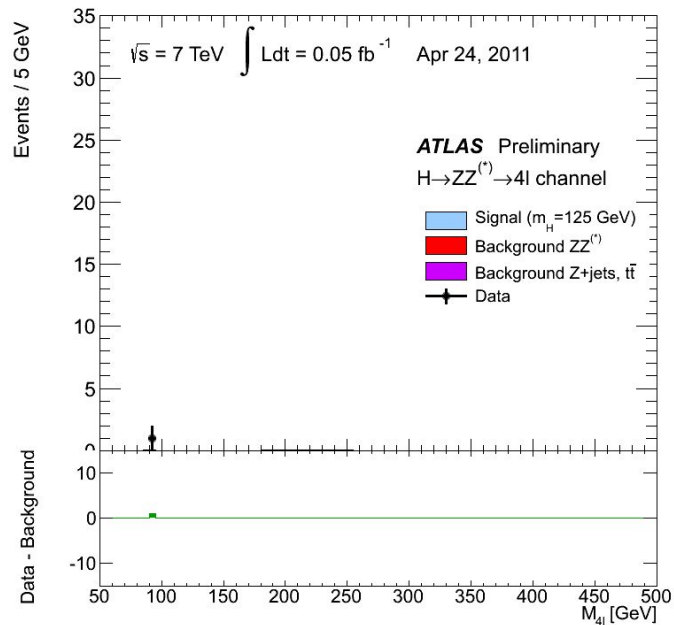
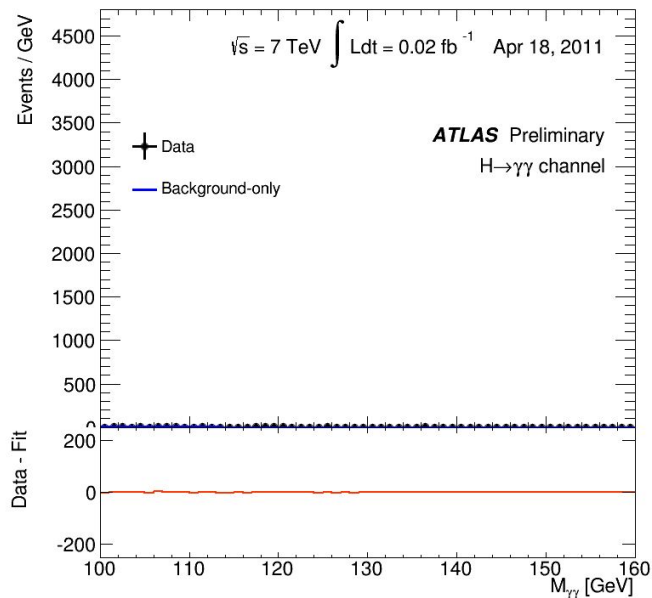
Run 2



Run 3

Acechando al Higgs...

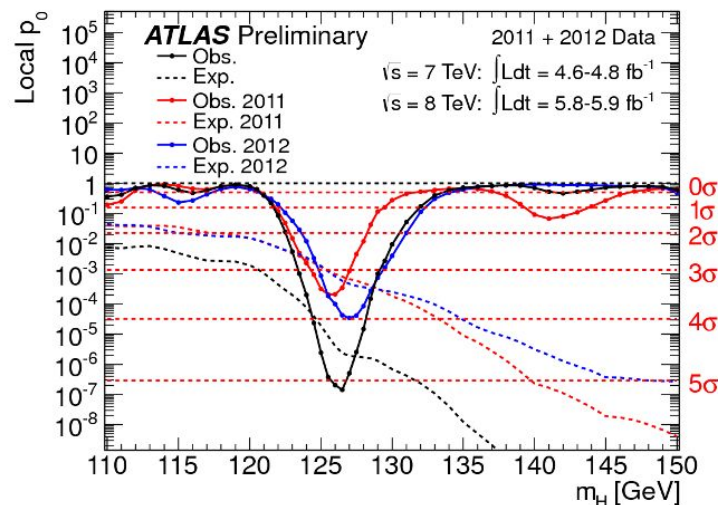
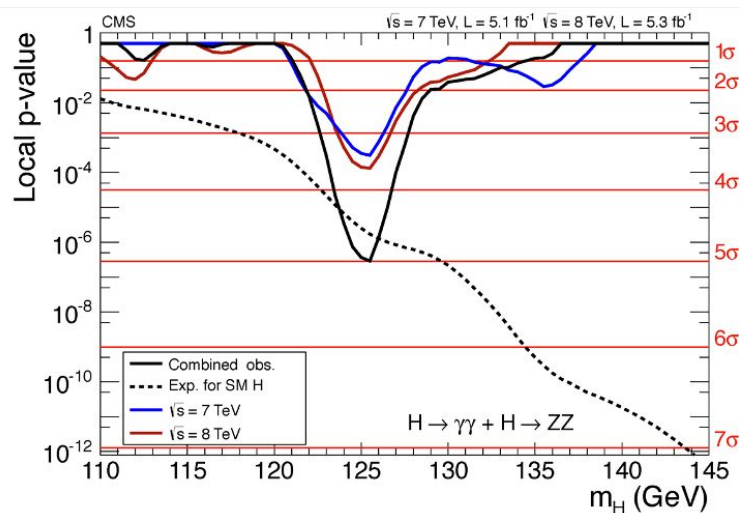
- Después del accidente del 2008 y las reparaciones en el 2009
- Primeras tomas de datos comienzan en el 2010, toman vigor a partir del 2001
- una sospecha de “señal” empieza a emerger hacia finales del 2011...



<https://twiki.cern.ch/twiki/pub/AtlasPublic/HiggsPublicResults/Hgg-FixedScale-Short2.gif>
<https://twiki.cern.ch/twiki/pub/AtlasPublic/HiggsPublicResults/4l-FixedScale-NoMuProf2.gif>

Acechando al Higgs...

- Muy pronto, tanto ATLAS como CMS barren todas las posibles masas del Higgs
 - que no aparece en ningún lado...
 - ... excepto en una ventanita muy estrecha, a una masa de 125 GeV
 - cada experimento usa dos métodos diferentes (4 en total)



- Cada experimento traspasa el umbral de los “cinco sigma” a finales de junio 2012
 - cinco sigma : media parte por millón de probabilidad de equivocación
 - ¡Eureka!

El descubrimiento y el 4 de Julio 2012



A rapt crowd watches as physicists Fabiola Gianotti (standing, left), Rolf Dieter-Heuer (right) and Joe Incandela (far right) unveil evidence for the Higgs boson.



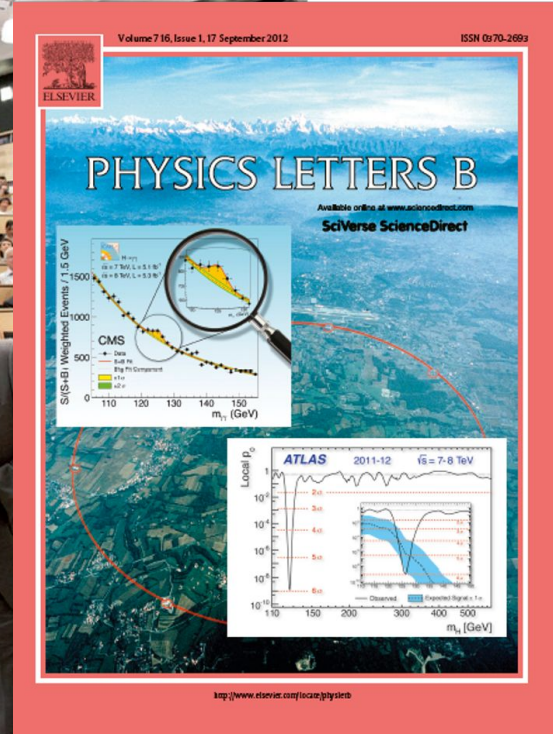
El descubrimiento y el 4 de Julio 2012



A rapt crowd watches as physicists Fabiola Gianotti (standing, left), Rolf Dieter-Heuer (right) and Joe Incandela (far right) u



El descubrimiento y el 4 de Julio 2012



A rapt crowd watches as physicists Fabiola Gianotti (standing, left), Rolf Dieter-Heuer (right) and Joe Incandela (far right) unveil evidence for the Higgs boson.

Desde el 2012 : cosechas de física del Higgs !

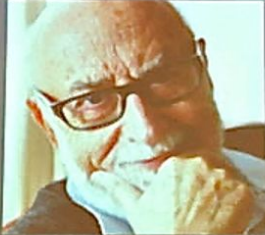


Nobelpriset 2013

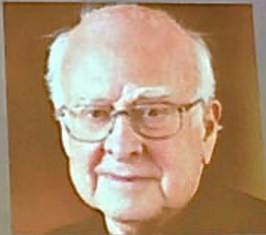
The Nobel Prize 2013



The Nobel Prize in Physics 2013



François Englert
Université Libre de Bruxelles, Belgium



Peter W. Higgs
University of Edinburgh, UK

KUNGL. VETENSKAPS-
AKADEMIEN
THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES

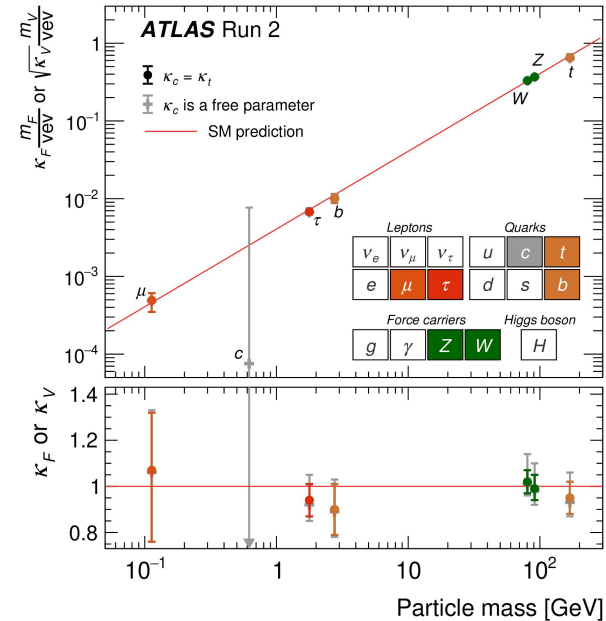
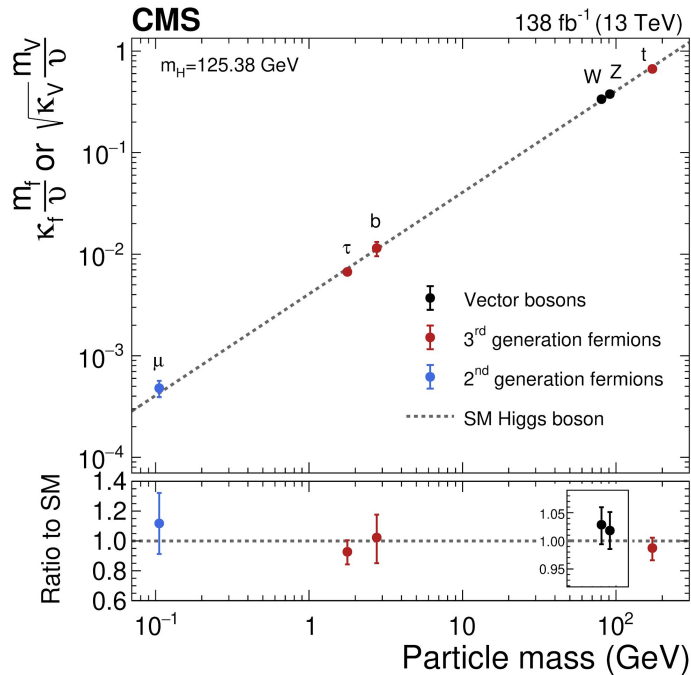
"För den teoretiska upptäckten av en mekanism som bidrar till förståelsen av massans ursprung hos subatomära partiklar, och som nyligen, genom upptäckten av den förutsagda fundamentala partikeln, bekräftats av ATLAS- och CMS-experimenten vid CERN:s accelerator LHC."

"For the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider."

“Por el descubrimiento teórico de un mecanismo que contribuye a nuestra comprensión del origen de la masa de las partículas subatómicas, y que fue recientemente confirmado por el descubrimiento de la partícula fundamental predicha, por los experimentos ATLAS y CMS en el Gran Colisionador de Hadrones del CERN.”

Y trece años después

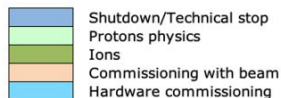
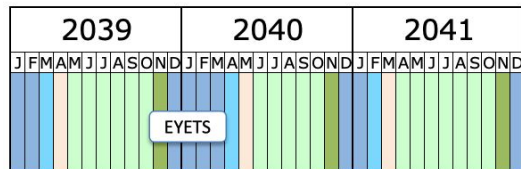
- La masa del Higgs es medida con una precisión vertiginosa :
 $m_H = 125.20 \pm 0.11 \text{ GeV}$ (CMS 2020 + ATLAS 2023)
- Las propiedades del Higgs son estudiadas con cada vez más detalle
 - p.e. la relación entre acoplamientos del Higgs a las partículas y sus masas





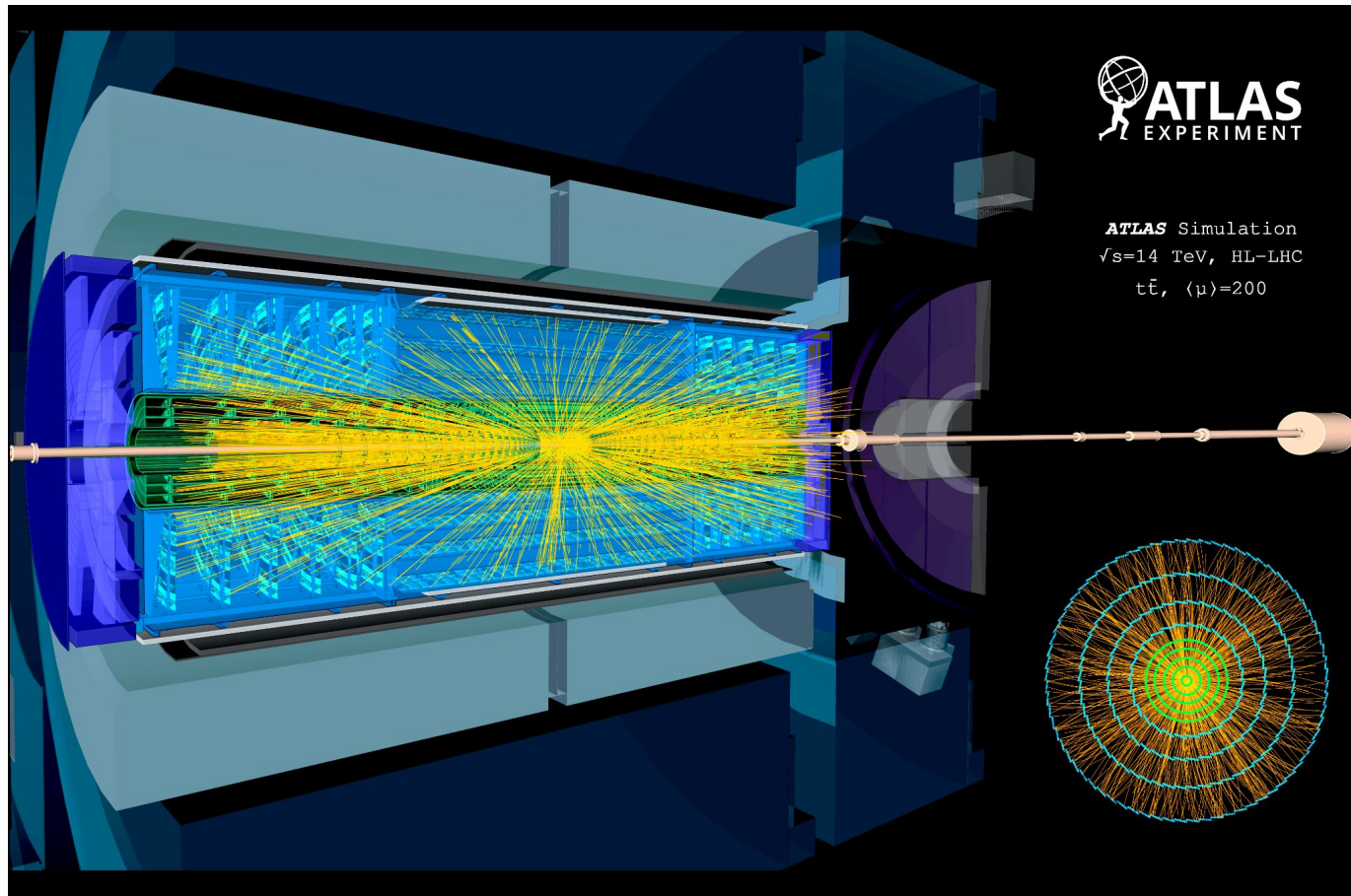
La fase a alta luminosidad del LHC

- La fase actual del LHC terminará en junio del 2026
- Vendrán ~4 años de interrupción, para efectuar varias mejoras
 - tanto en el acelerador como en los detectores
- La “fase-II” a alta luminosidad prevista para mediados del 2030



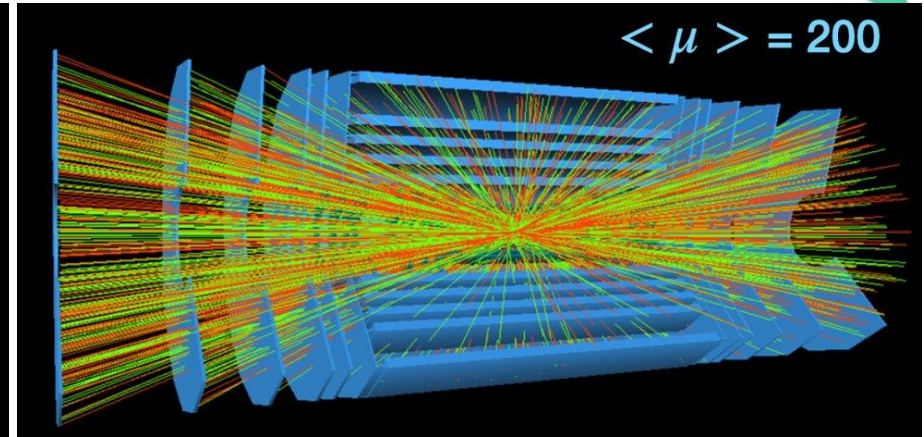
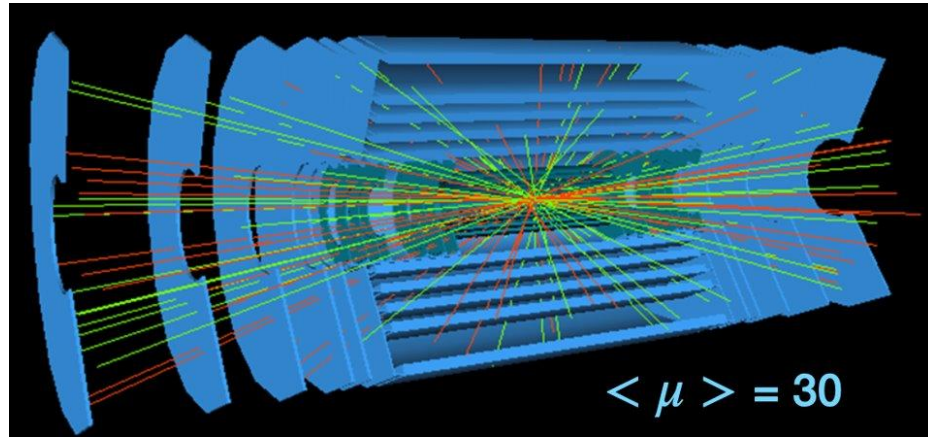
Last update: November 24

Un evento simulado del HL-LHC



La fase a alta luminosidad del LHC

- En comparación a la “fase-I”, se tendrá
 - aumento del empilamiento hasta ~200 colisiones / cruce de haces
 - aumento de la cantidad de datos por x10



- El HL-LHC funcionará durante 11 años, hasta el 2041
 - permitirá extraer todo el potencial del LHC :
 - potencial de descubrir Nueva Física más allá
 - obtener las medidas más precisas de los procesos del Modelo Estándar
- ¿Y después?



¿Y después del HL-LHC?

Hay varias opciones en discusión actualmente, en Europa, Asia y US



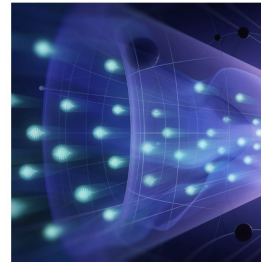
Pathways to Innovation
and Discovery
in Particle Physics
Draft

Particle physics studies the smallest constituents of our vast and complex universe. At such small scales, the fundamental principles of quantum physics prevail. Remarkably, the entire observable universe, now billions of light years across, was once so small as to be quantum in nature. This quantum history of the universe is imprinted on its large-scale structure.

The recommended program describes particle physics in three science themes. Within each of these themes we identify two focus areas, or science drivers, that represent the most promising avenues of investigation for the next 10 to 20 years.

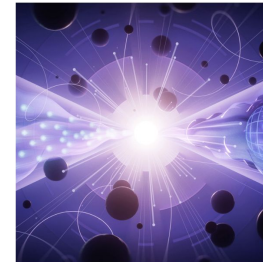


2020 UPDATE OF THE EUROPEAN STRATEGY
FOR PARTICLE PHYSICS
by the European Strategy Group



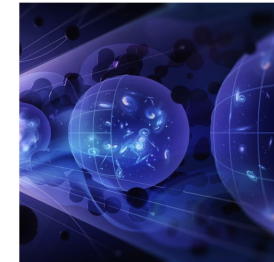
**Decipher
the
Quantum
Realm**

Elucidate the Mysteries
of Neutrinos
Reveal the Secrets of
the Higgs Boson



**Explore
New
Paradigms
in Physics**

Search for Direct Evidence
of New Particles
Pursue Quantum Imprints
of New Phenomena



**Illuminate
the
Hidden
Universe**

Determine the Nature
of Dark Matter
Understand What Drives
Cosmic Evolution

¿Y después del HL-LHC?

- Actualización reciente de la Estrategia Europea (2025)

2026 UPDATE
OPEN SYMPOSIUM
**European Strategy
for Particle Physics**

23-27 JUNE 2025

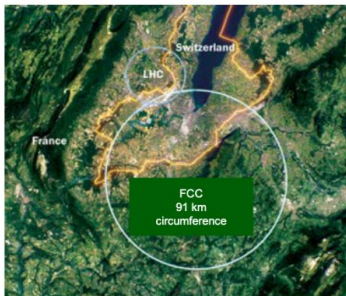


- La opción favorita en Europa, con apoyo firme del CERN :
 - el llamado FCC (Future Circular Colliders), con dos fases
 - FCC-ee para un colisionador electrón-antielectrón
 - FCC-hh para un nuevo

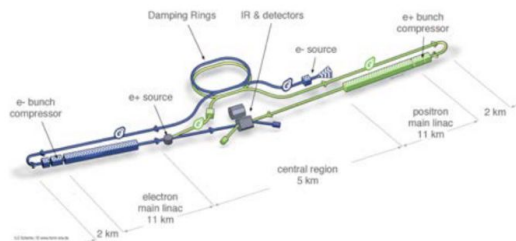
Proposed large-scale projects at CERN, ~ 2045

e^+e^- colliders ("Higgs factories")

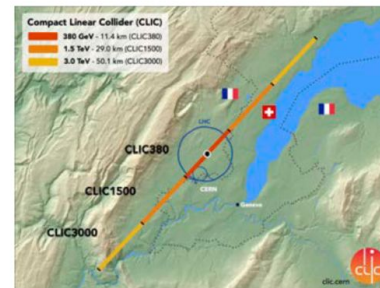
FCC-ee (e^+e^- , circular, 91 – 365 GeV)



LCF (e^+e^- , linear, 91 – 240, 550 GeV)



CLIC (e^+e^- , linear, 380 GeV, 1.5 TeV)



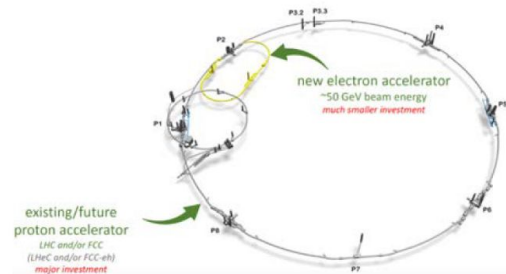
Intermediate projects

(Leave room (time, budget, resources) for further development of THE machine that can probe directly the energy frontier at the 10 TeV parton scale)

LEP3 (e^+e^- , circular, 91 – 230 GeV)



LHeC (ep, circular, electron ERL, 50 GeV e^- , > 1 TeV ep collisions)



Status de la Colaboración Global FCC



38 Participating Countries

Austria – Belgium – Brazil – Canada – Chile – Colombia – Czech Republic – Denmark – Estonia – Finland – France – Georgia – Germany – Greece – Hungary – India – Iran – Italy – Japan – Latvia – Malta – Mexico – Netherlands – Norway – Pakistan – Poland – Portugal – Republic of Korea – Romania – Serbia – Spain – Sweden – Switzerland – Thailand – Türkiye – Ukraine – United Kingdom – United States of America

162
Institutes

38
Countries
+
CERN



**FUTURE
CIRCULAR
COLLIDER**
Feasibility Study

FCC-ee cost estimate (FSR 2025)

Capital cost (2024 CHF) for construction of the FCC-ee is summarised below. This cost includes construction of the entire new infrastructure and all equipment for operation at the Z, WW and 2H working points.

Domain	Cost (MCHF)
Civil engineering	6,160
Technical infrastructures	2,840
Injectors and transfer lines	590
Booster and collider	4,140
CERN contribution to four experiments	290
FCC-ee total	14,020
# four experiments (non-CERN part)	1,300
FCC-ee total incl. four experiments	15,320

Note: Upgrade of SRF (800 MHz) & cryogenics for tbar operation corresponds to additional cost of 1,280 MCHF

Cost summary table in 2024 MCHF for the construction of FCC-hh.

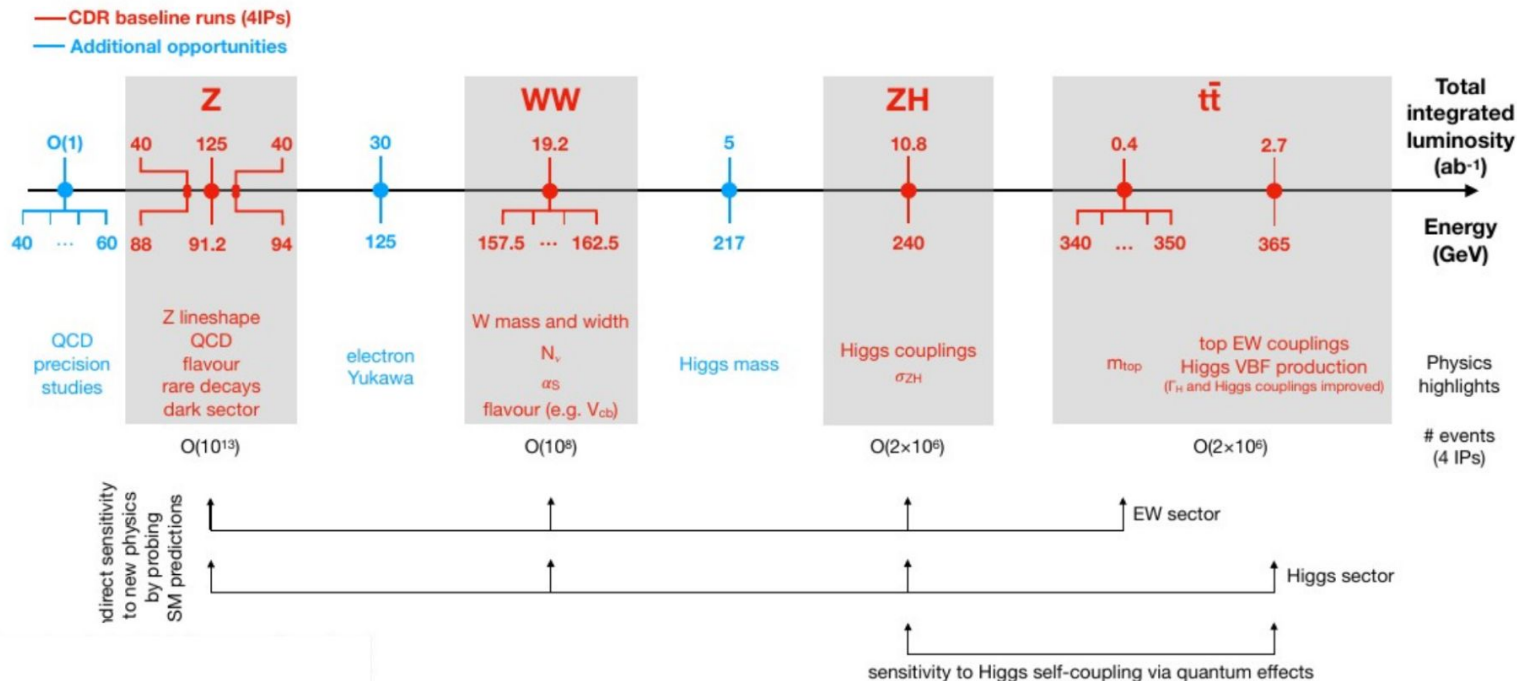
Domain	FCC-hh Cost (MCHF)
FCC-ee dismantling	200
Collider*	13400
Injectors and transfer lines	1000
Civil Engineering	520
Technical infrastructures	3960
Experiments	N/A
Total	19080

*target price of 2.0 MCHF per 14.3 m long magnet with 1.0 MCHF of conductor, 0.5 MCHF for assembly, and 0.5 MCHF for components

Programa de física del FCC-ee

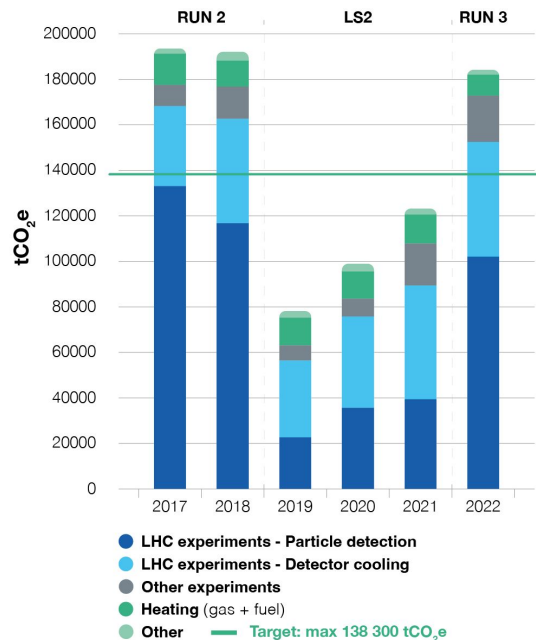
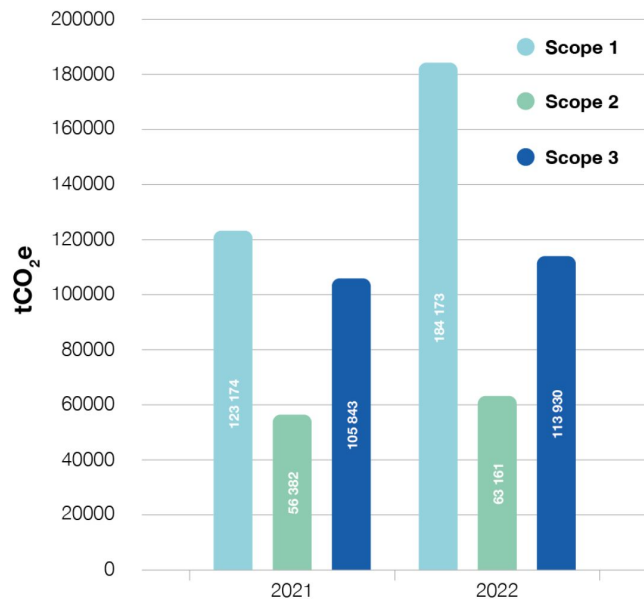
- Actualización reciente de la Estrategia Europea (2025)

FCC-ee Physics Runs Ordered by Energy



Un reto actual y creciente

- El calentamiento global, inducido por las actividades humanas
 - las decisiones a tomar requieren de métricas precisas
 - un ejemplo : el equivalente carbono o huella CO₂





IA, ML, DL : glosario



- **Inteligencia Artificial**
 - "Cualquier técnica que permita a las computadoras imitar la inteligencia humana, utilizando lógica, reglas condicionales (si-entonces), árboles de decisión y Aprendizaje Automático (incluyendo el Aprendizaje Profundo)."
- **Machine Learning**
 - Aprendizaje Automático en español
 - "Un subconjunto de la IA que incluye técnicas estadísticas complejas que permiten a las máquinas mejorar en tareas mediante la experiencia. Incluye el Aprendizaje Profundo."
- **Deep Learning**
 - Aprendizaje Profundo
 - "El subconjunto del Aprendizaje Automático compuesto por algoritmos que permiten al software entrenarse para realizar tareas, como el reconocimiento de voz e imágenes, al exponer redes neuronales multicapa a grandes cantidades de datos."



La primeras redes de neuronas en el CERN

Año 1992

THÈSE de DOCTORAT de L'UNIVERSITÉ PARIS XI

Spécialité:

SCIENCES PHYSIQUES
Physique des Particules Élémentaires

présentée par

Jérôme SCHWINDLING

pour obtenir le titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PARIS XI

LA RECHERCHE DU BOSON DE HIGGS DANS L'EXPÉRIENCE
ALEPH AU LEP

Soutenue le lundi 12 octobre 1992

devant le jury composé de:

MM.	M.	DAVIER	président
	J.	LEFRANÇOIS	
	J.M.	LUCK	
	P.	PEREZ	
	M.	SPIRO	
	F.	ZWIRNER	

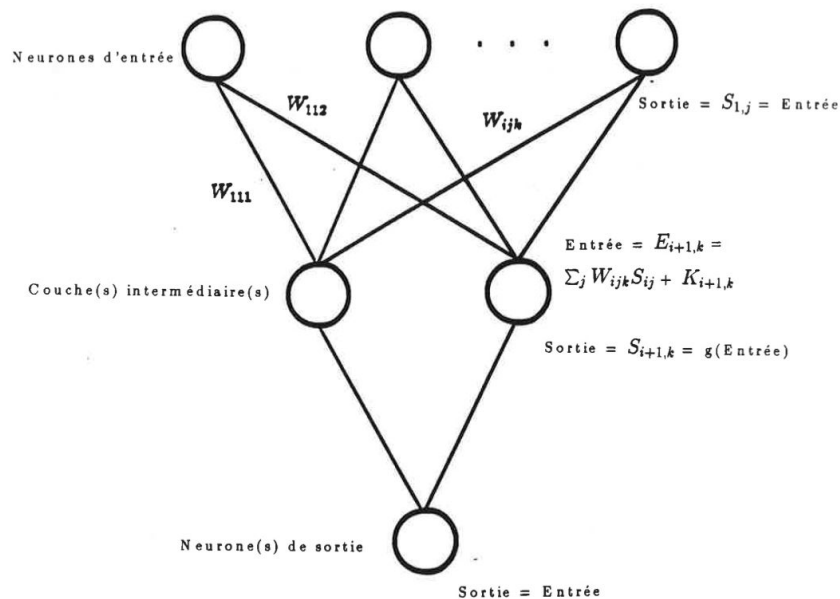


Figure VI.21: Structure d'un perceptron à plusieurs couches.

Inteligencia Artificial para diseño de detectores

Descripción

Automated Antenna Design with Evolutionary Algorithms

Gregory S. Hornby

hornby@email.arc.nasa.gov

University of California Santa Cruz, Mailtop 269-3, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA

Al Globus

San Jose State University

Derek S. Linden

JEM Engineering, 8683 Cherry Lane, Laurel, Maryland 20707

Jason D. Lohn

NASA Ames Research Center, Mail Stop 269-1, Moffett Field, CA 94035

Whereas the current practice of designing antennas by hand is severely limited because it is both time and labor intensive and requires a significant amount of domain knowledge, evolutionary algorithms can be used to search the design space and automatically find novel antenna designs that are more effective than would otherwise be developed. Here we present automated antenna design and optimization methods based on evolutionary algorithms. We have evolved efficient antennas for a variety of aerospace applications and here we describe one proof-of-concept study and one project that produced flight antennas that flew on NASA's Space Technology 5 (ST5) mission.



Uso de Machine Learning en HEP



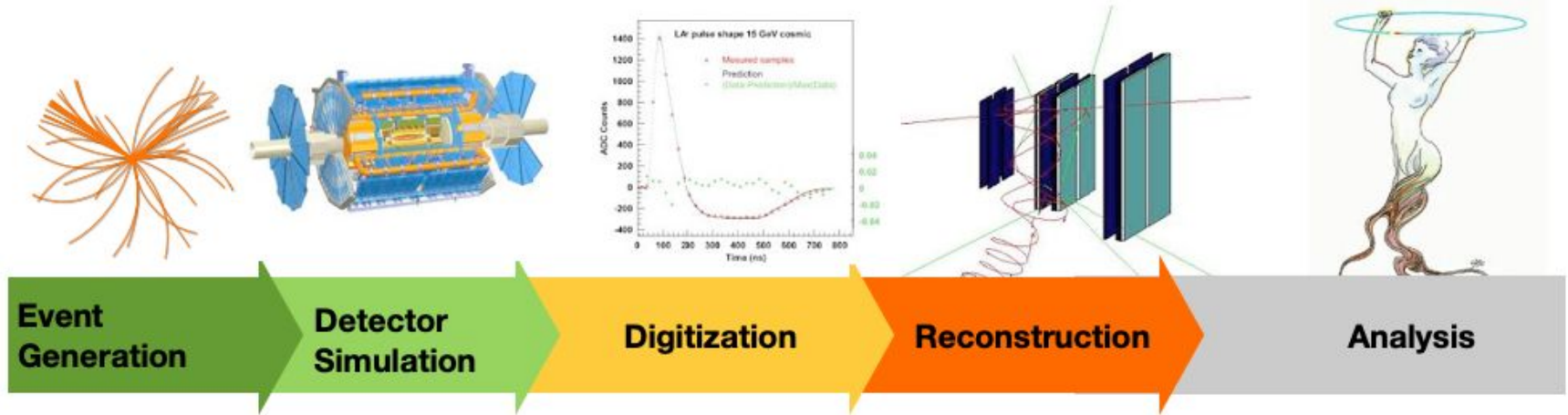
Análisis multivariados usados por la comunidad desde hace décadas :

- Uso de redes de neuronas desde los años 90
- 2000, llegan los Boosted Decision Trees
- El Deep Learning hace una entrada notable hacia 2014
- Gran cantidad de desarrollos recientes :
 - LHC Inter Experiment ML working group del CERN
 - sinergías crecientes con la comunidad de investigación en ML
 - 2014 : ATLAS lanza un reto Kaggle (Higgs en una señal ultra-rara)
 - 30% de mejoría comparado a lo mejor existente entonces (TMVA)
 - 2018 : ATLAS lanza un reto TrackML pour mejorar la reconstrucción
 - 2020 : LHC Olympics 2020 “Detección de anomalías en el LHC”
 - 2022 : Fast Calorimeter Simulation Challenge



Machine Learning para el análisis de datos

- El caso de ejemplo más obvio :
 - manejar grandes volúmenes de datos
 - con estructuras de relación complejas
 - difíciles de modelizar de manera sencilla

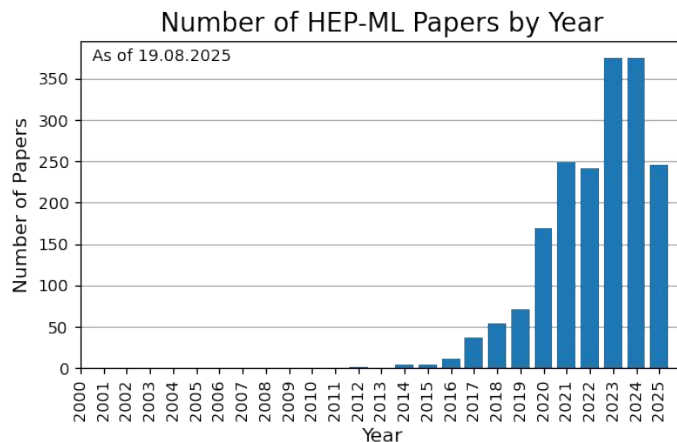


ML y la física de partículas



Los principales esfuerzos en ML para la HEP en acceso libre, autoregulado por la comunidad HEP en un bibliografía dinámica :

HEP ML Living Review (<https://iml-wg.github.io/HEPML-LivingReview/>)



Reviews

- Modern reviews
- Specialized reviews
- Classical papers
- Datasets

Equivariant networks.

- Equivariant networks.

Decorrelation methods.

- Decorrelation methods.

Classification

- Parameterized classifiers
- Representations
- Targets
- Learning strategies
- Fast inference / deployment

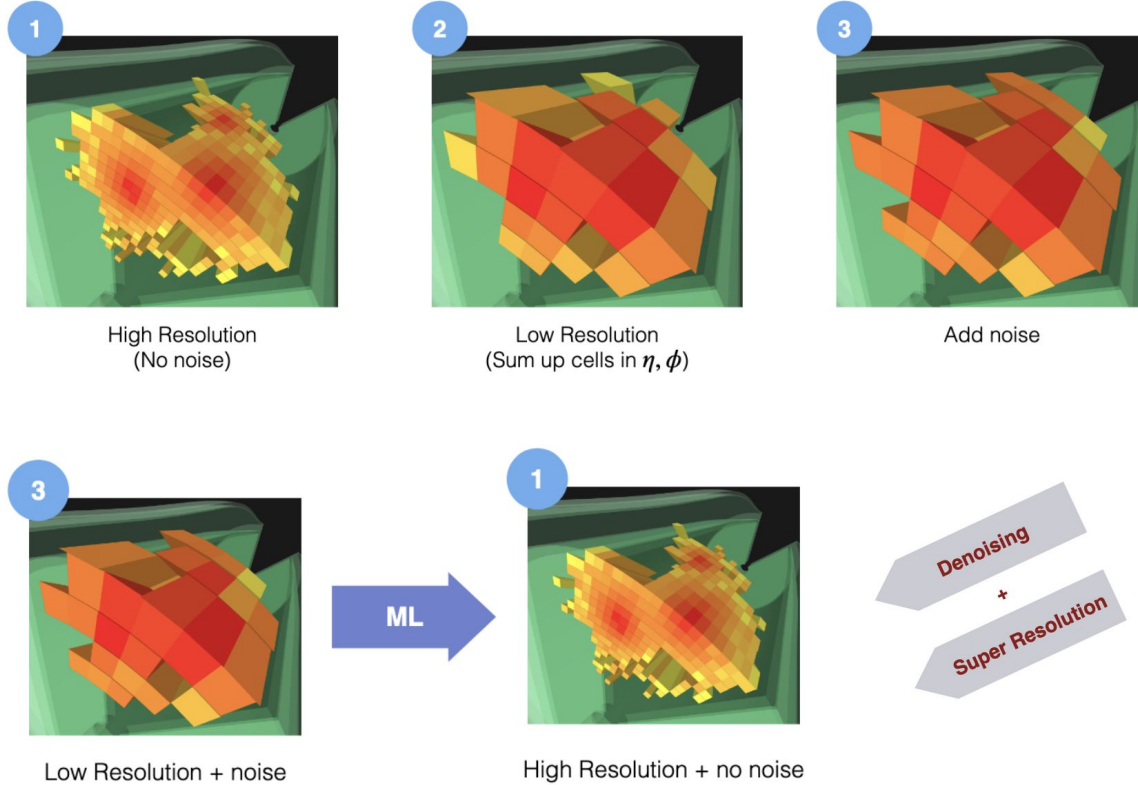
Regression

- Pileup
- Calibration
- Recasting
- Matrix elements
- Parameter estimation
- Parton Distribution Functions (and related)
- Lattice Gauge Theory
- Function Approximation
- Symbolic Regression
- Monitoring

Generative models / density estimation

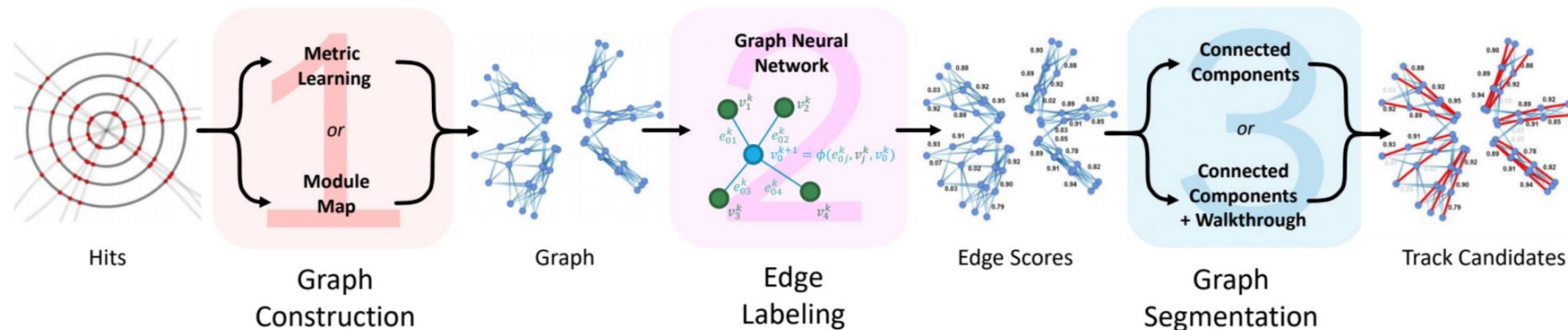
- GANs
- Autoencoders
- Normalizing flows
- Diffusion Models
- Transformer Models
- Physics-inspired
- Mixture Models
- Phase space generation
- Gaussian processes
- Other/hybrid

Otro ejemplo : la “super-resolución”



Otro ejemplo : reconstrucción con graphs

- Otro caso de ejemplo :
 - manejar grandes volúmenes de datos, decisiones a alta frecuencia
 - el GNN conecta informaciones hundidas en el ruido



Conclusiones

- El Modelo Estándar
 - es nuestra mejor comprensión de la física fundamental
- El CERN, el gran laboratorio europeo de física de partículas
 - lugar privilegiado de los avances en física de procesos fundamentales
 - América Latina cada vez más fuertemente posicionada en altas energías
- La inteligencia artificial
 - algunas consideraciones generales
 - los usos de la IA en la física de altas energías: una herramienta crucial
 - exigencias para la inferencia científica
 - diferentes a la de otros grupos
 - (p.e. comprender las leyes de la Naturaleza vs. resolver problemas)
- El futuro de la física de partículas
 - proyectos, ideas, sueños... ¡pero también retos!



¡Gracias!

José Ocariz, Université Paris Cité

Laboratoire de Physique Nucléaire et des Hautes Énergies LPNHE, CNRS/IN2P3

En nombre de la comunidad **EL-BONGÓ physics**



EL-BONGÓ
physics



Co-funded by
the European Union



Université
Paris Cité



Título

Contenido



Conclusiones

- El Modelo Estándar
 - es nuestra mejor comprensión de la física fundamental
- El CERN, el gran laboratorio europeo de física de partículas
 - lugar privilegiado de los avances en física de procesos fundamentales
 - América Latina cada vez más fuertemente posicionada en altas energías
- La inteligencia artificial
 - algunas consideraciones generales
 - los usos de la IA en la física de altas energías: una herramienta crucial
 - exigencias para la inferencia científica
 - diferentes a la de otros grupos
 - (p.e. comprender las leyes de la Naturaleza vs. resolver problemas)
- El futuro de la física de partículas
 - proyectos, ideas, sueños... ¡pero también retos!



Título

Contenido



Título

Contenido

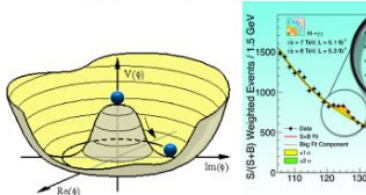


Título



Twiki > CMSPublic Web > PhysicsResults > Physics

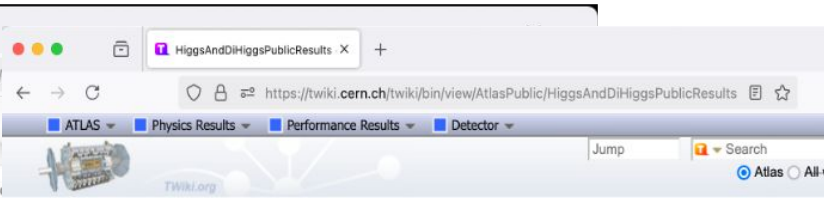
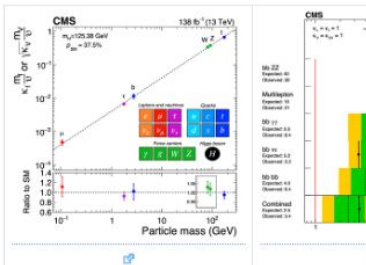
CMS Higgs Physics Results



CMS Higgs group Conveners

To contact the CMS Higgs group conveners - Emanuele
hig@cern.ch NOSPAMPLEASE@NOSPAMPLEASE.ch.

Highlights



ATLAS EXPERIMENT — PUBLIC RESULTS

Higgs and Di-Higgs Public Results

Contact: [ATLAS Higgs and Di-Higgs Physics Working Group Conveners](#)

This page contains public results from the ATLAS Higgs and Di-Higgs Physics Working Group.

Physics Briefings of [Higgs](#) and [Di-Higgs](#) results

Summary Plots

[Higgs measurements summary plots](#)
[HBSM 2HDM and mSUSM summary plots](#)
[Georgi-Machacek model summary plots](#)

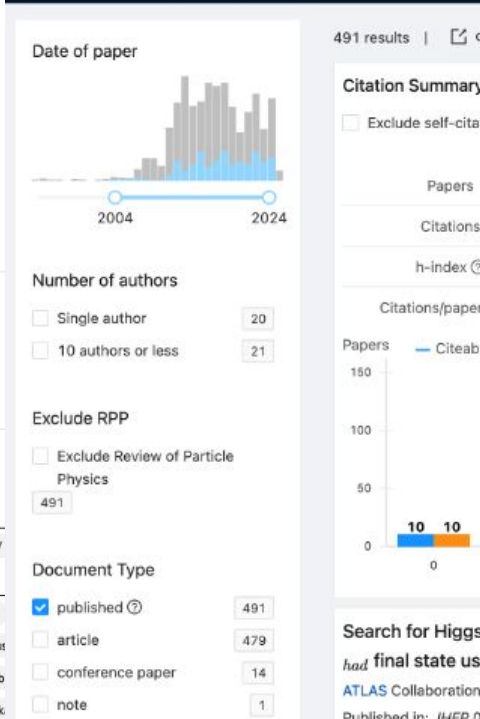
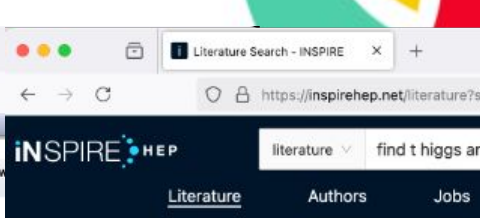
The complete listing of current and previous physics summary plots is available at [Summary Plots](#).

Filter Documents

Select the desired keywords to filter the results.

Selections within a section row are combined with a logical OR, while selections among different section rows are combined with a logical AND.

Global Selections	Show All	Deselect All	Show Latest 10					
CM Energy	14 TeV	13.6 TeV	13 TeV	8 TeV	7 TeV	5.02 TeV	2.36 TeV	2.76 GeV
	8.16 TeV/NN	5.44 TeV/NN	5.02 TeV/NN	2.76 TeV/NN				
Higgs HIGG,HIGP,HMBS,HDBS	Higgs to WW	Higgs to ZZ	Higgs to 4 lepton	Higgs to 2 photons	Higgs to Z+photon			
	Higgs to tautau	Higgs to 2 muons	Higgs to meson+photon		Higgs to invisible		Gluon fusion	
	VBF production	VH production	ttH production	bbH production	tH production			
	Di-Higgs production	Off-shell Higgs	H(125) measurements		Coupling measurements			



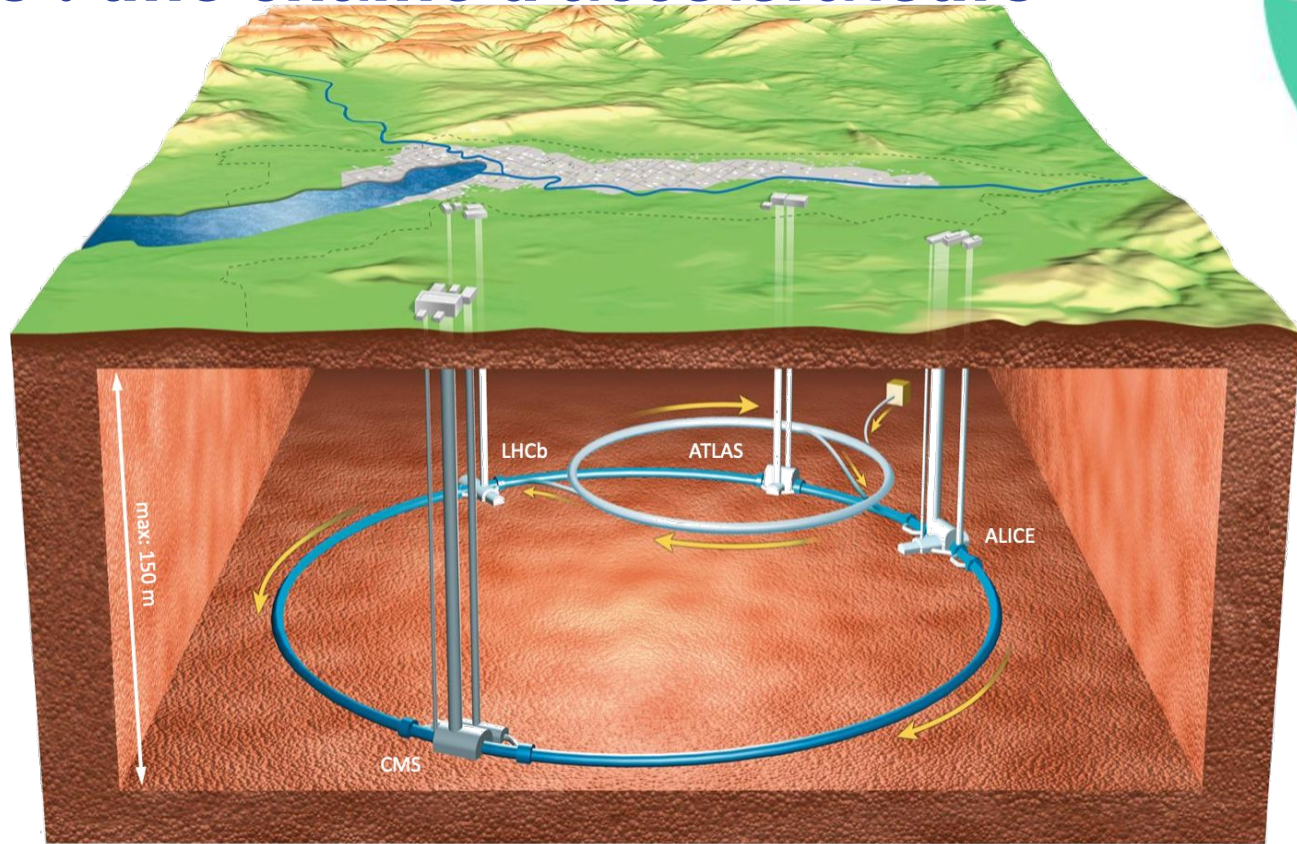
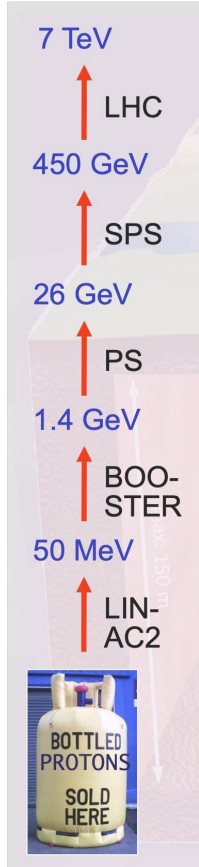
Título

Le programme de physique au LHC était conçu pour donner une réponse finale :

- si le Higgs su MS existe : le découvrir
- ou s'il n'existe pas, exclure sur toute la plage de masse permise par le MS
- Le LHC a aussi été conçu pour recherche de la nouvelle physique au-delà du MS
 - exploiter au maximum le potentiel des collisions à plus haute énergie jamais produites
 - pousser le domaine de validité du MS aussi loin que possible
 - et, peut-être, découvrir des phénomènes nouveaux, inattendus !



Le LHC : une chaîne d'accélérateurs

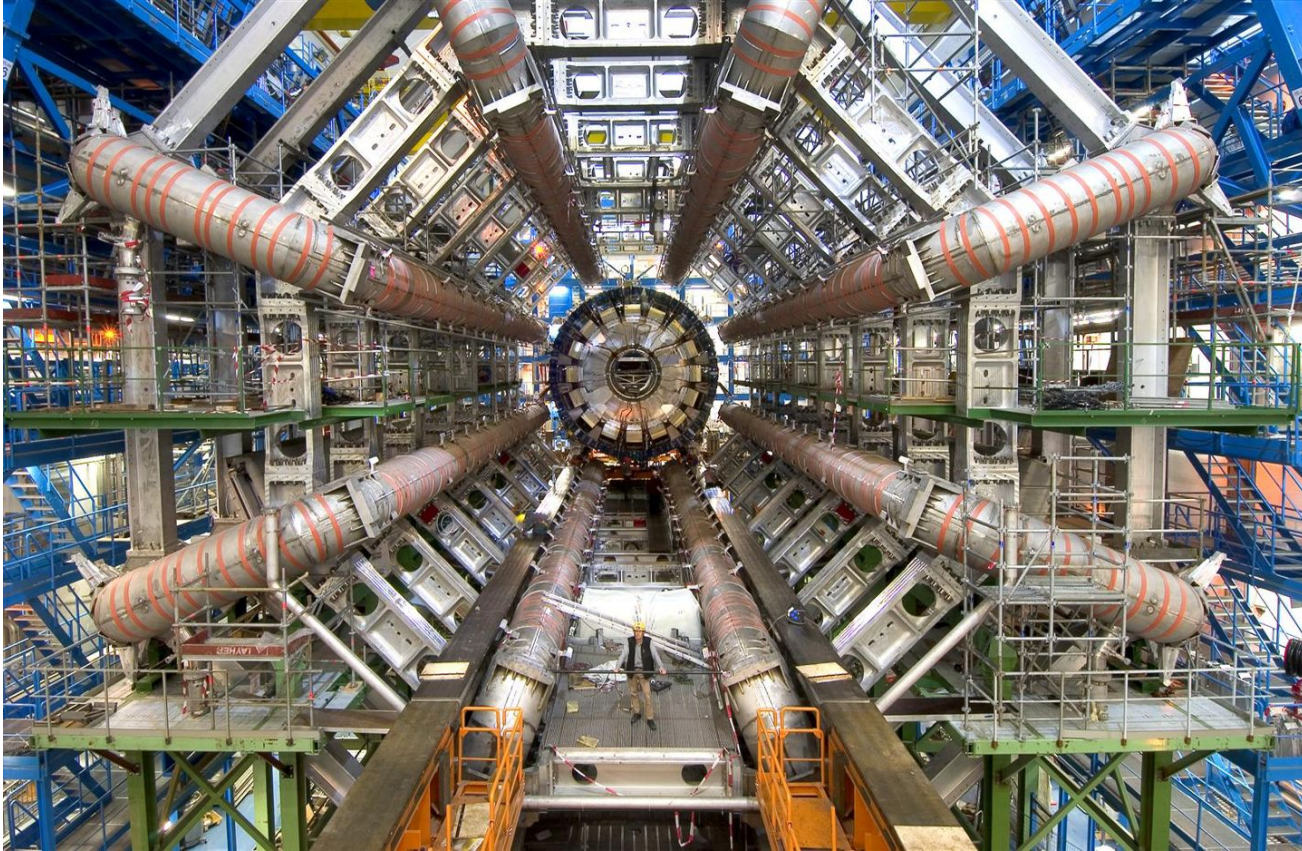


Título

Circumference (km)	26.7	100-150m underground
Number of superconducting twin-bore dipoles	1232	Cable Nb-Ti, cold mass 37million kg
Length of Dipole (m)	14.3	
Dipole Field Strength (Tesla)	8.4	Results from the high beam energy needed
Operating Temperature (K) (cryogenics system)	1.9	Superconducting magnets needed for the high magnetic field Super-fluid helium
Current in dipole sc coils (A)	13000	Results from the high magnetic field 1ppm resolution
Beam Intensity (A)	0.5	$2.2 \cdot 10^{-5}$ loss causes quench
Beam Stored Energy (MJoules)	362	Results from high beam energy and high beam current 1MJ melts 1.5kg Cu
Magnet Stored Energy (MJoules)/octant	1100	Results from the high magnetic field
Sector Powering Circuit	8	1612 different electrical circuits



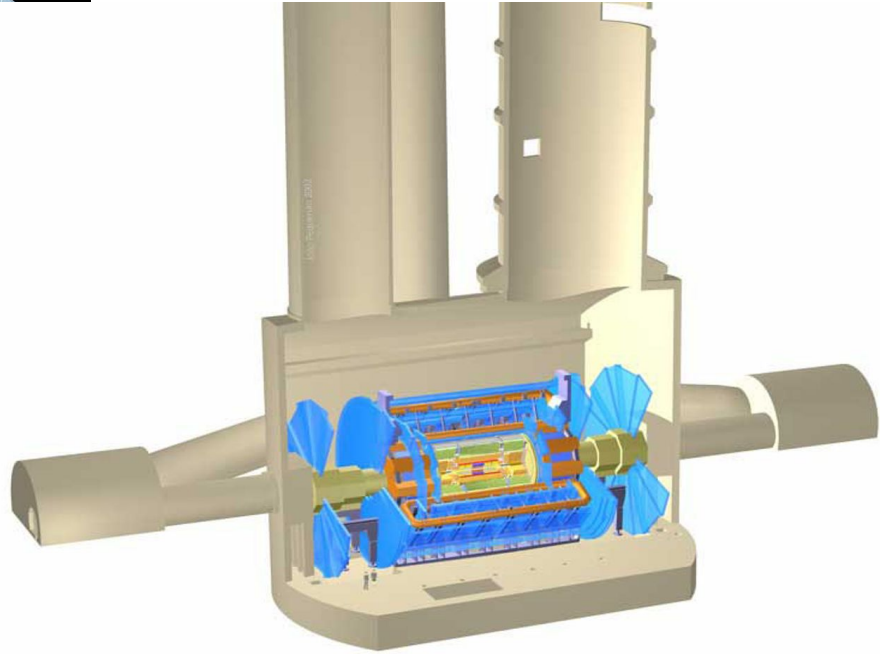
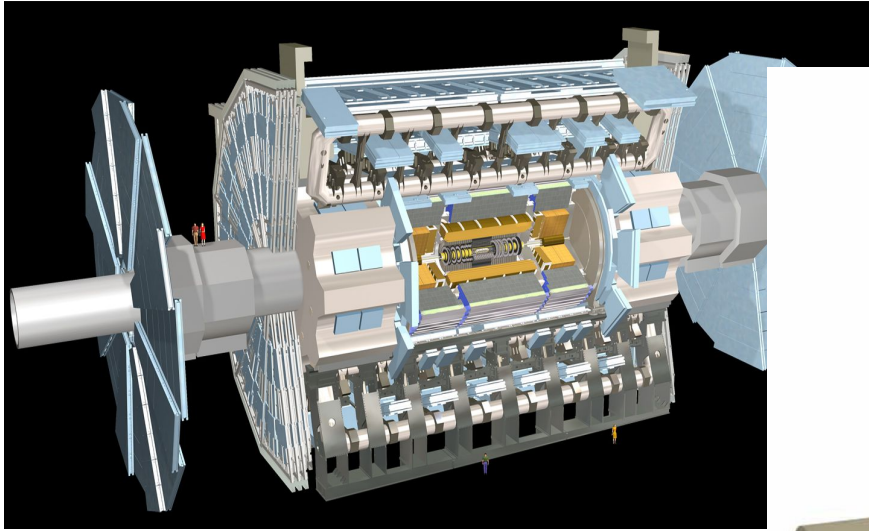
ATLAS : Air Toroidal Lhc Apparatus System



ATLAS : Air Toroidal Lhc Apparatus System



Vue éclatée du détecteur, et dans sa caverne



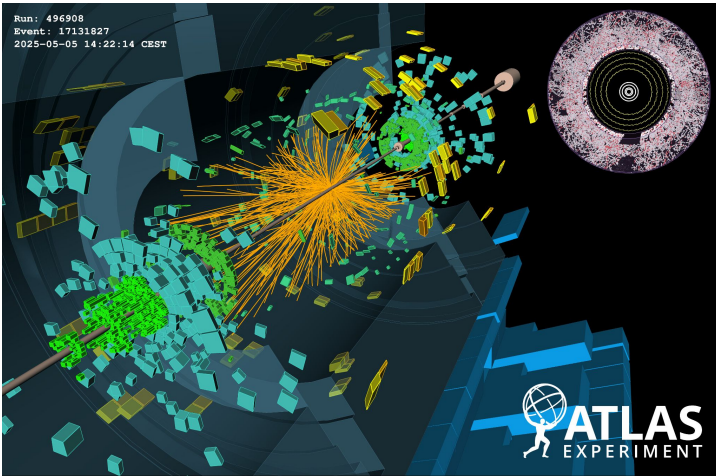
Quelques vidéos de prise de données



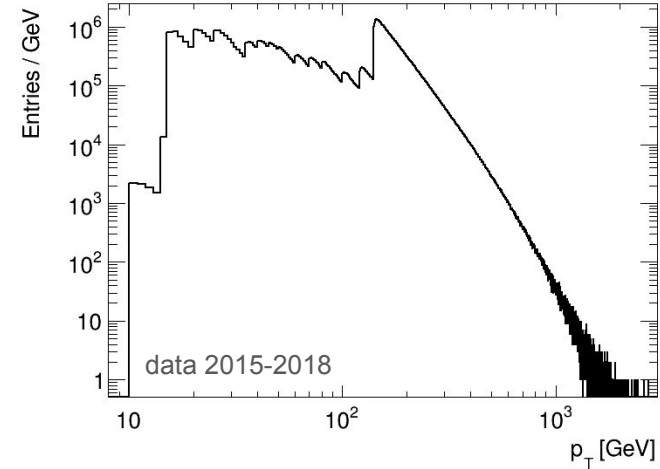
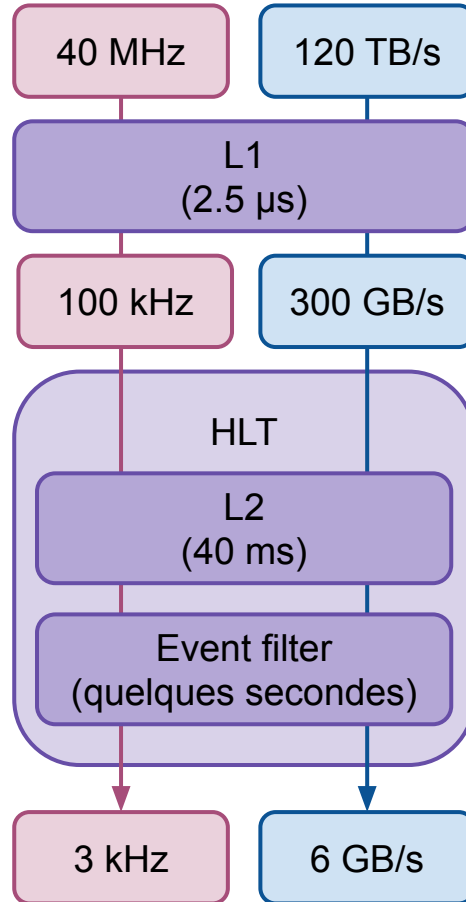
Trigger



- Trigger (déclenchement)
 - Enregistrement des événements passant certaines sélections
 - Décision en temps réel (online)



Ex : HLT_g140_loose_L1EM22VHI
(non présalé)

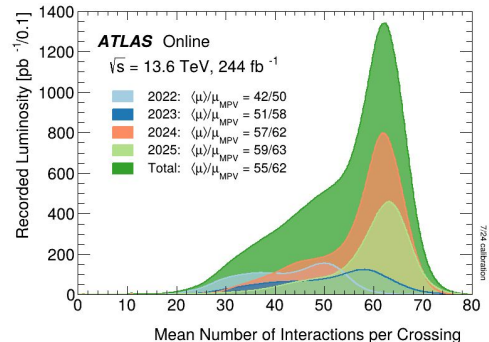
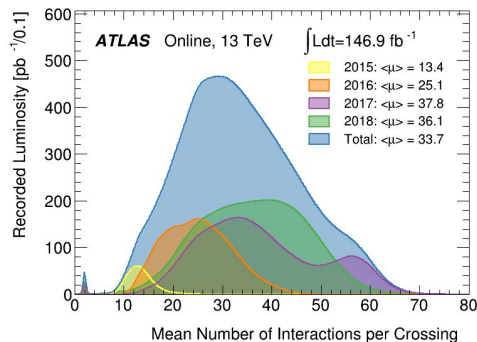
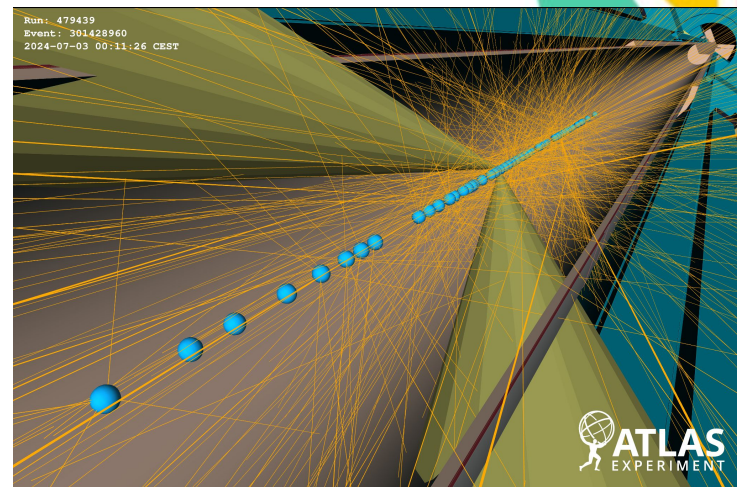
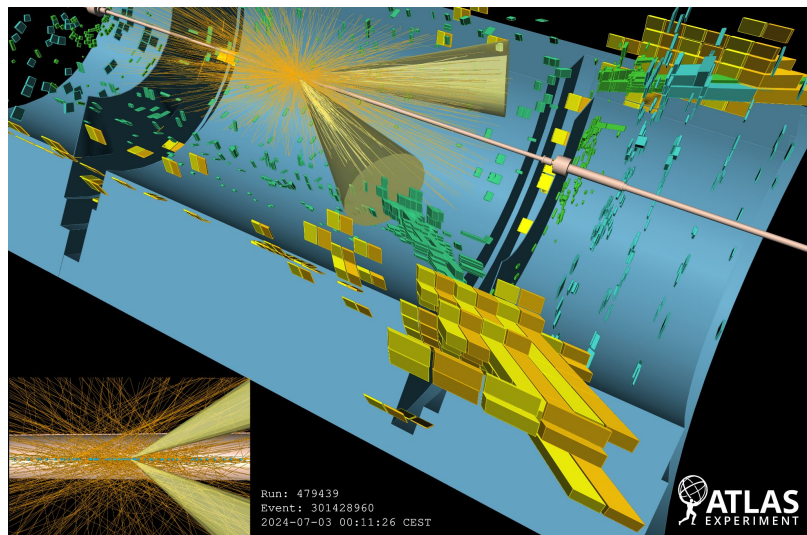


Distribution d'énergie transverse des photons passant un trigger HLT_gX_loose

- Prescale p : 1 événement sur p déclenchant le trigger est enregistré

Empilement Pile-up

- Plusieurs collisions pp lors d'un croisement de paquets : pile-up
- Nombre moyen d'interactions par croisement de paquets : $\langle \mu \rangle$



Título

Contenido



Título

Contenido

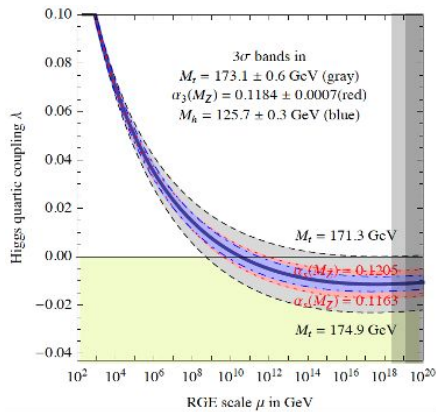


Título

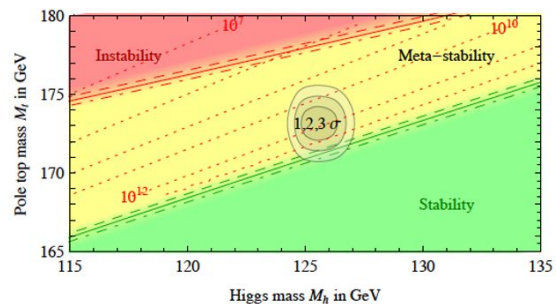
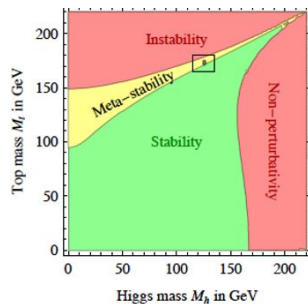
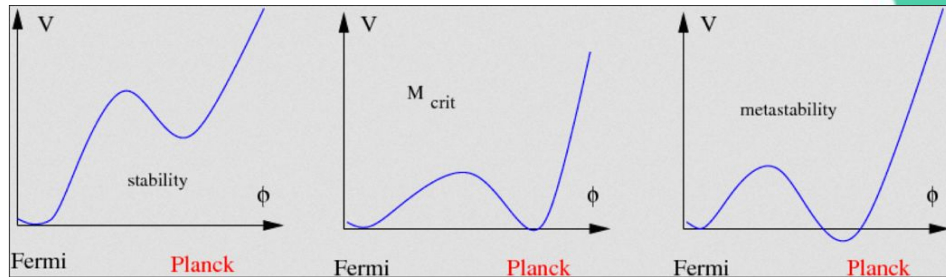
Contenido



Título



[Degrassi et al, JHEP 08 \(2012\) 098](#)



- “à la longue, nous sommes tous morts...” (J.M. Keynes)
- Attention : tout ceci suppose que le MS est valable à toute échelle d'énergie !

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/St_5-xband-antenna.jpg

Título

Subtítulo

Descripción

Automated Antenna Design with Evolutionary Algorithms

Gregory S. Hornby

hornby@email.arc.nasa.gov

University of California Santa Cruz, Mailtop 269-3, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA

Al Globus

San Jose State University

Derek S. Linden

JEM Engineering, 8683 Cherry Lane, Laurel, Maryland 20707

Jason D. Lohn

NASA Ames Research Center, Mail Stop 269-1, Moffett Field, CA 94035

Whereas the current practice of designing antennas by hand is severely limited because it is both time and labor intensive and requires a significant amount of domain knowledge, evolutionary algorithms can be used to search the design space and automatically find novel antenna designs that are more effective than would otherwise be developed. Here we present automated antenna design and optimization methods based on evolutionary algorithms. We have evolved efficient antennas for a variety of aerospace applications and here we describe one proof-of-concept study and one project that produced flight antennas that flew on NASA's Space Technology 5 (ST5) mission.



¡Muchas gracias!



EL-BONGÓ
physics



**Co-funded by
the European Union**

La universidad al ritmo que marca la ciencia

www.elbongo.redclara.net