

Illustrations

- 1) 2 accélérateurs du CERN :
Collisionneurs ppbar versus
colisionneur e+e-
SPS versus LEP
- 2) 'Overview' de deux
installations/projets majeurs
 - 1) Le LHC
 - 2) Un grand projet aujourd'hui : ILC
- 3) *Applications de l'interaction laser-
électron*

Le CERN : la Science à l'échelle Européenne depuis un demi-siècle

The Twenty Member States of CERN

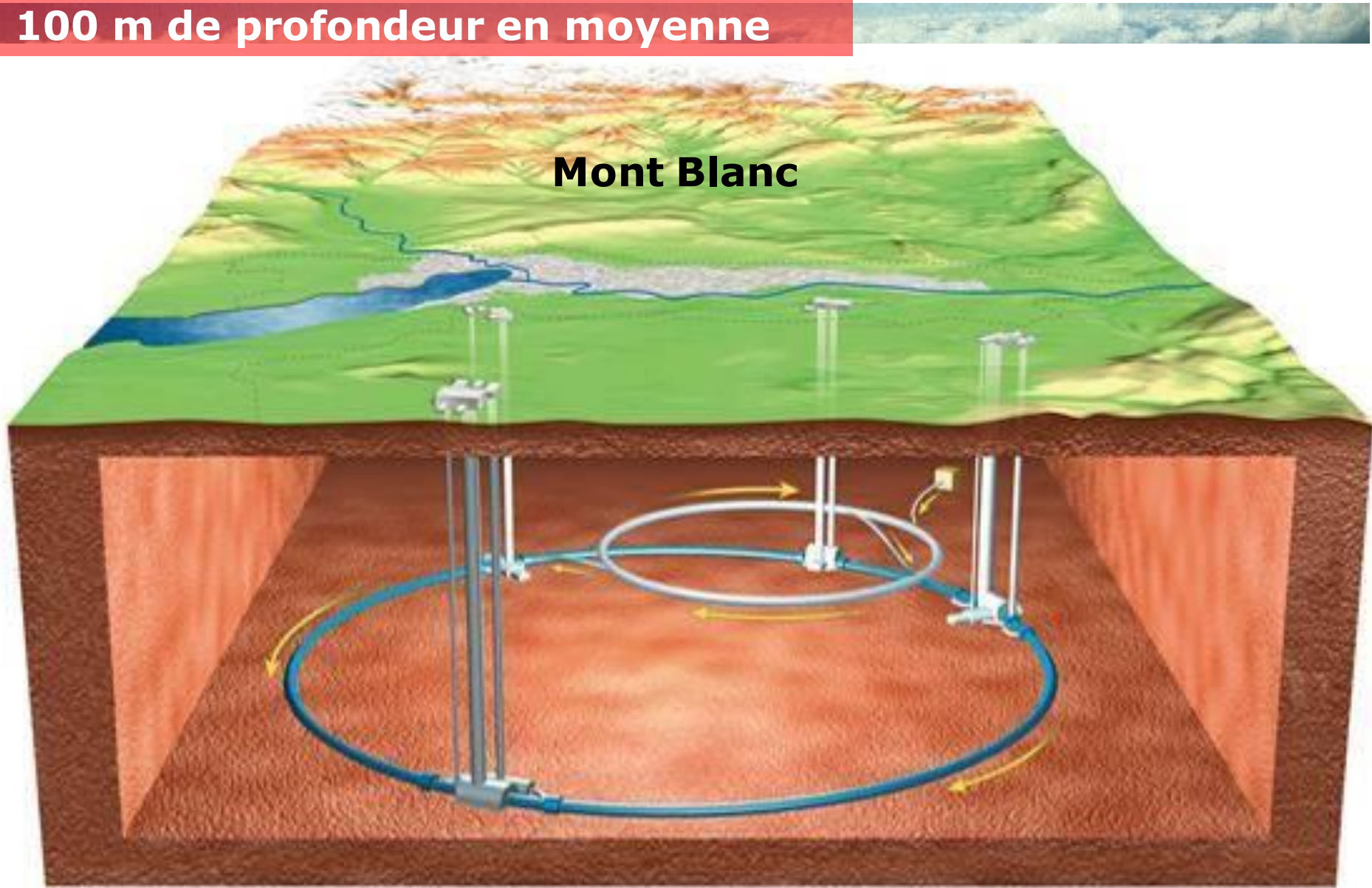


Member States (Dates of Accession)

 AUSTRIA (1959)	 DENMARK (1953)	 GREECE (1953)	 NORWAY (1953)	 SPAIN (1/1961-12/1968-1/1983)
 BELGIUM (1953)	 FINLAND (1991)	 HUNGARY (1992)	 POLAND (1991)	 SWEDEN (1953)
 BULGARIA (1999)	 FRANCE (1953)	 ITALY (1953)	 PORTUGAL (1986)	 SWITZERLAND (1953)
 CZECH FR (1993)	 GERMANY (1953)	 NETHERLANDS (1953)	 SLOVAK FR (1993)	 UNITED KINGDOM (1953)

LEP : 27 km de circonférence
100 m de profondeur en moyenne

Mont Blanc



Une des grandes découvertes du
CERN en collisionneur Ppbar
le SPS

Découverte des bosons W^\pm et Z^0 au SPS

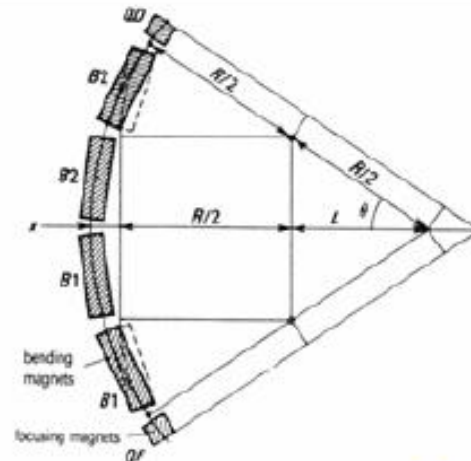
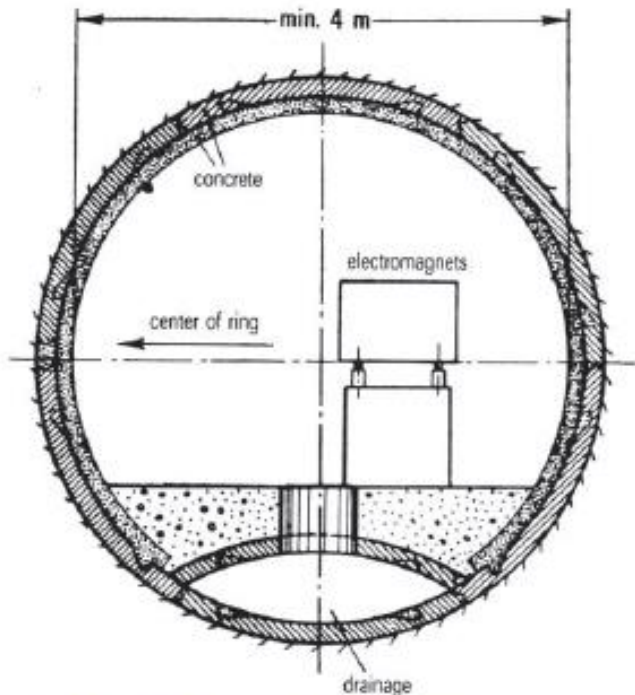
450 GeV protons

158 GeV/nucléon ions Pb

$2\pi R = 6,9$ Km

744 dipôles, 216 aimants de focalisation

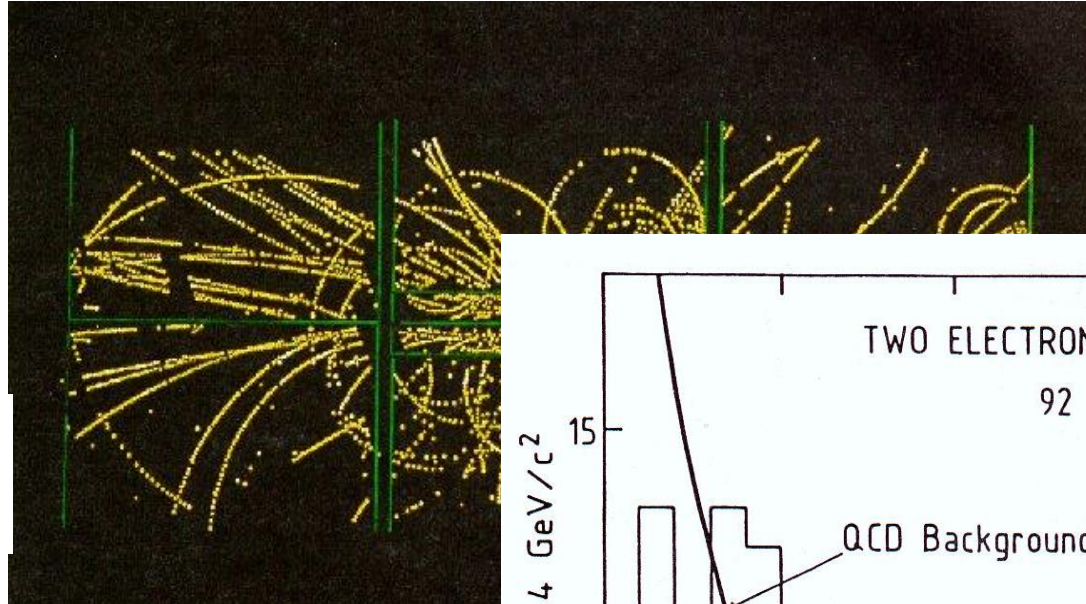
Section de la chambre à vide : 10×5 cm



- Expériences UA1 et UA2 du SPS

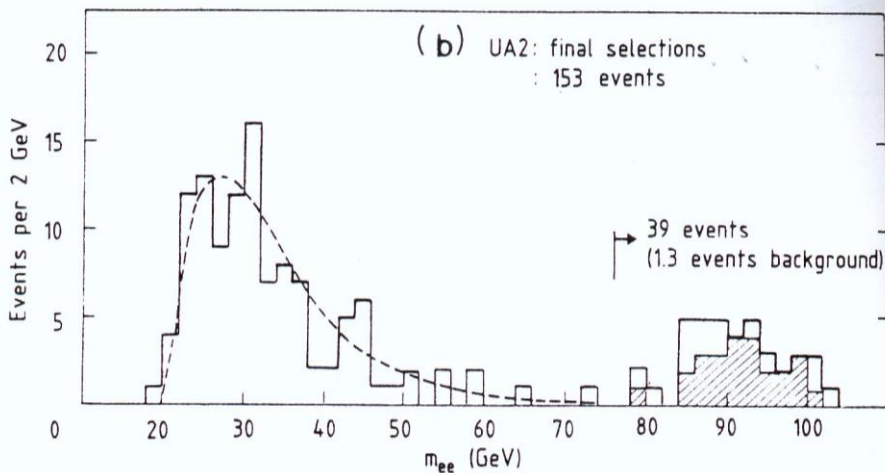
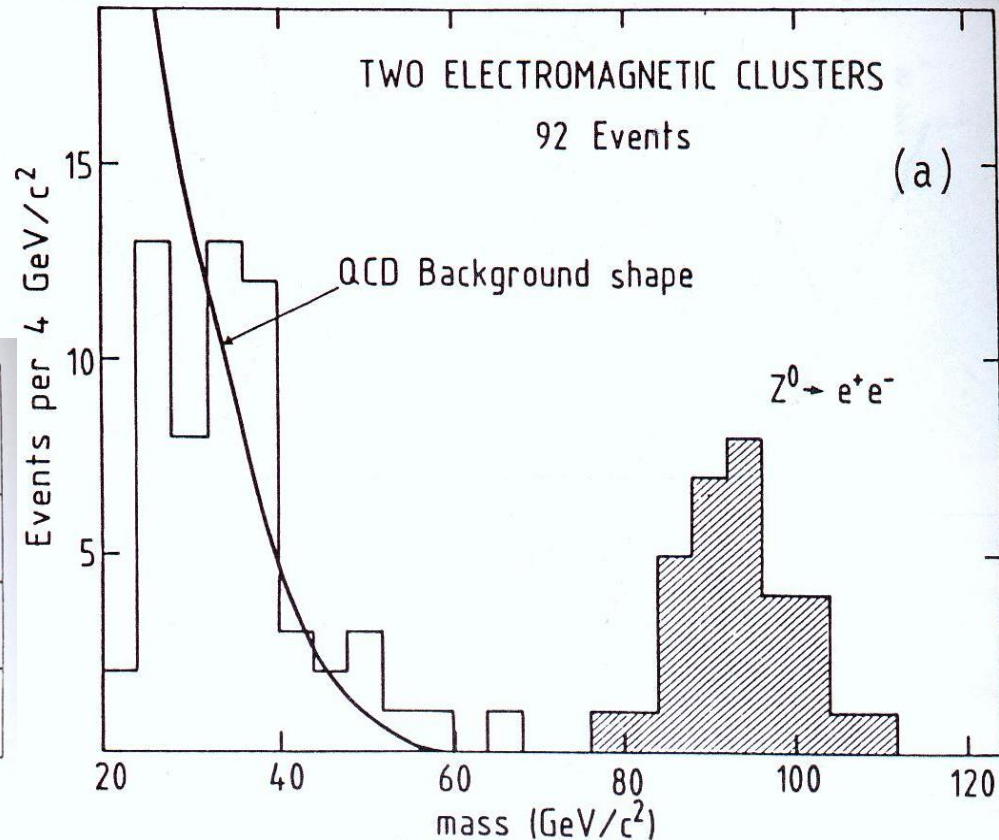
$$p\bar{p} \rightarrow W^+ X^- \quad W^+ \rightarrow l^+ \nu_l$$

$$p\bar{p} \rightarrow Z^0 X^0 \quad Z^0 \rightarrow l^+ l^-$$



UA1:
 $Z^0 \rightarrow e^+e^-$

UA2:
 $Z^0 \rightarrow e^+e^-$



Les mesures de précision en collisionneur e^+e^- au CERN: Le LEP

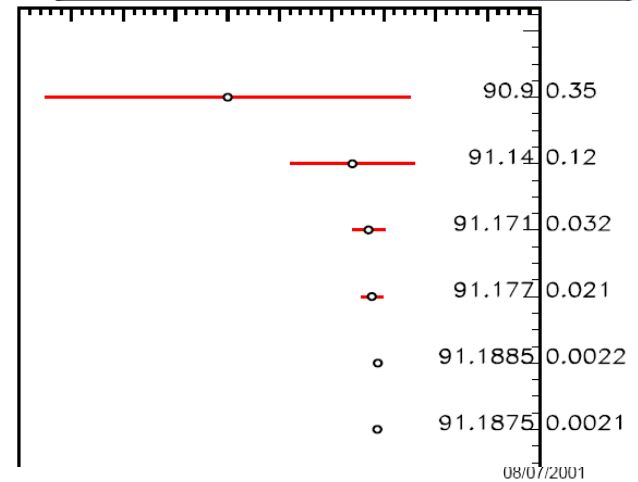
Mesures de précision au LEP 1989-2001

LEP1 : 'usine

$E_{e^-} \sim 45 \text{ GeV}$



- Before SLC
- SLC 1989
- LEP Moriond 1990
- LEP ICHEP90 Singapore
- LEP EPS95 Brussels
- LEP now

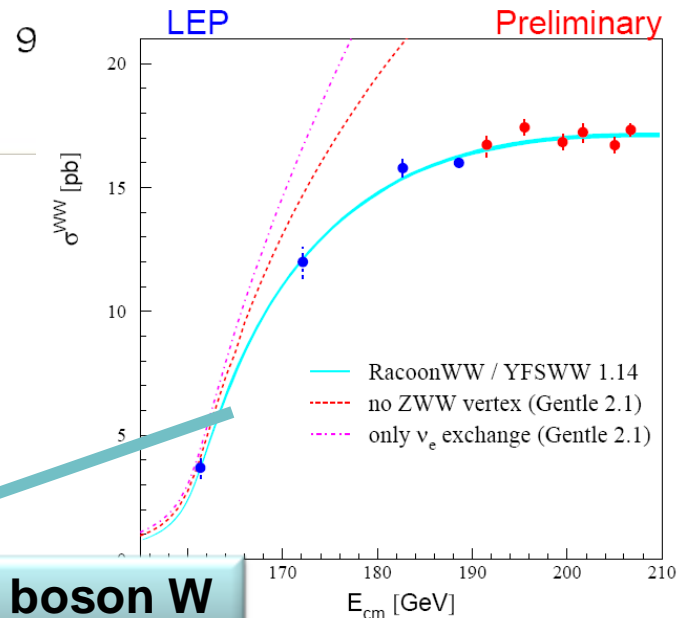


LEP2 : 'usine à W^+W^-

$E_{e^-} \sim 80 \text{ GeV}$



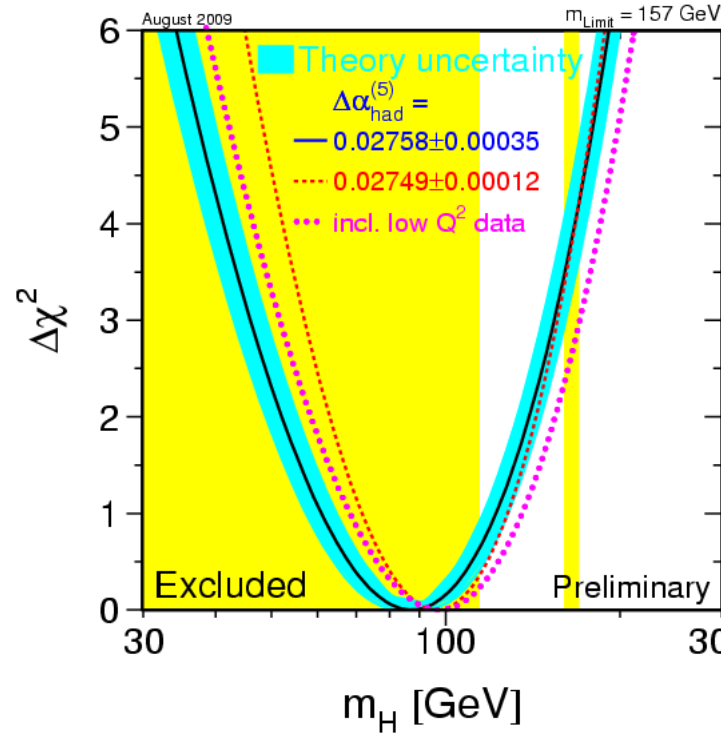
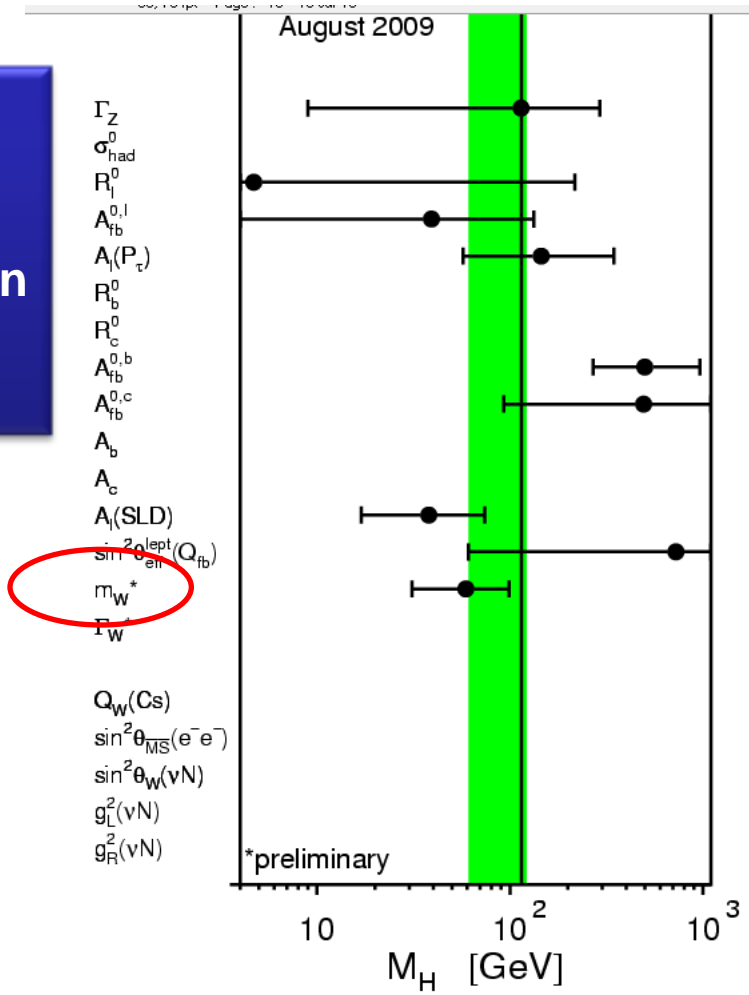
$E_{e^+} \sim 80 \text{ GeV}$



À partir de cette courbe on détermine la masse du boson W

Pourquoi mesurer précisément m_W ?

• Important en soit
 • Contrainte sur la masse du boson de Higgs ...



Mais la précision a un prix !

Ex. : La mesure **précise** de l'énergie des faisceaux
au LEP

→ nécessaire pour réduire les incertitudes expérimentales :

$$\frac{\delta M_W}{M_W} \approx \frac{\delta E_{\text{beam}}}{E_{\text{beam}}}$$

$$\delta M_W(\text{stat}) \sim 30 \text{ MeV} \xrightarrow{\text{Goal}} \delta E_{\text{beam}} < 15 \text{ MeV}$$

$(E_{\text{beam}} \sim 80\,000 \text{ MeV})$
→ $\delta E_{\text{beam}}/E_{\text{beam}} \sim 10^{-4} \dots$

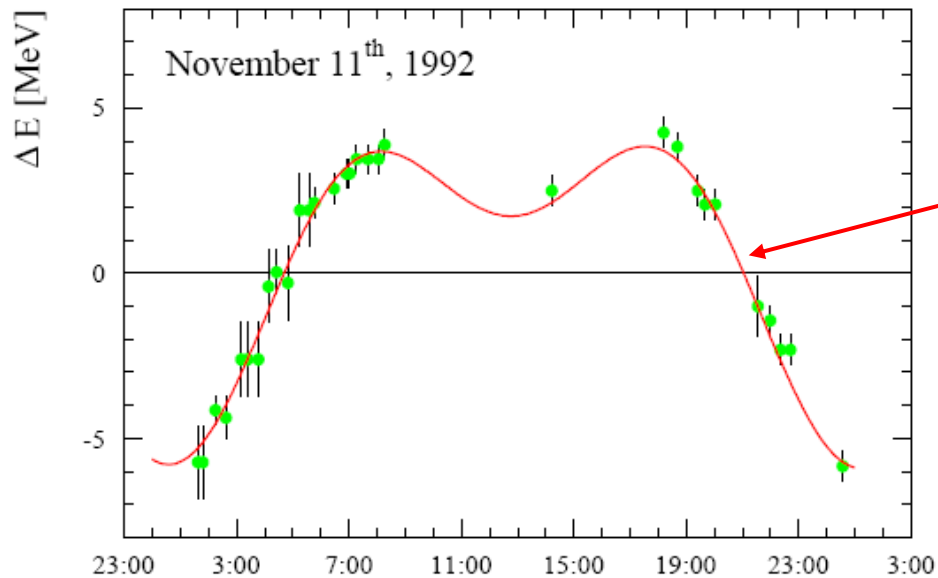
Ces mesures se font en étudiant les trajectoires des particules chargées
dans les champs magnétiques des électroaimants

→ Dépend de la longueur de la trajectoire (~27km)

→ Dépend des courants parasites dans les alims des électroaimants !

Les surprises du LEP

Mesure de l'énergie sur 24h



Effet des marées terrestres !

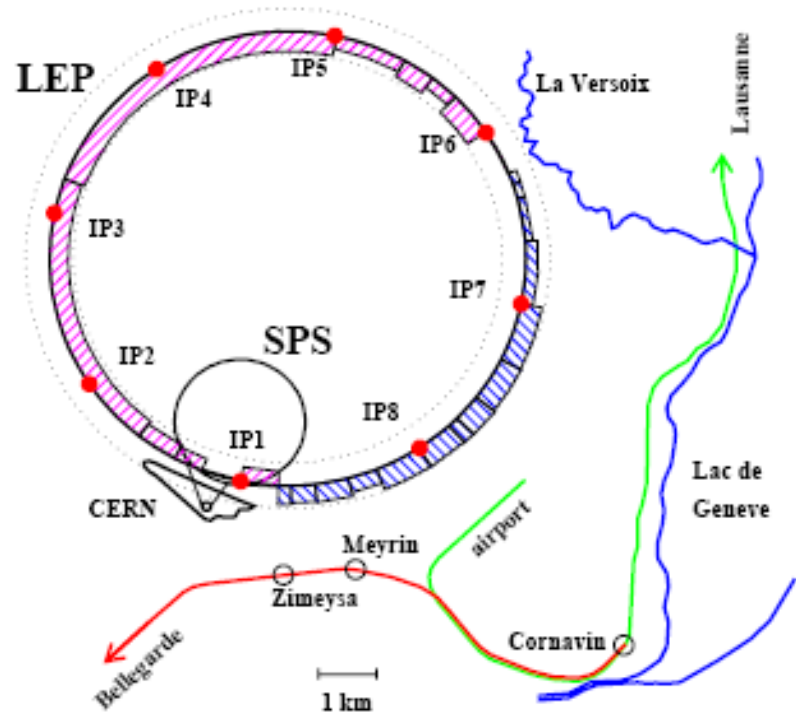
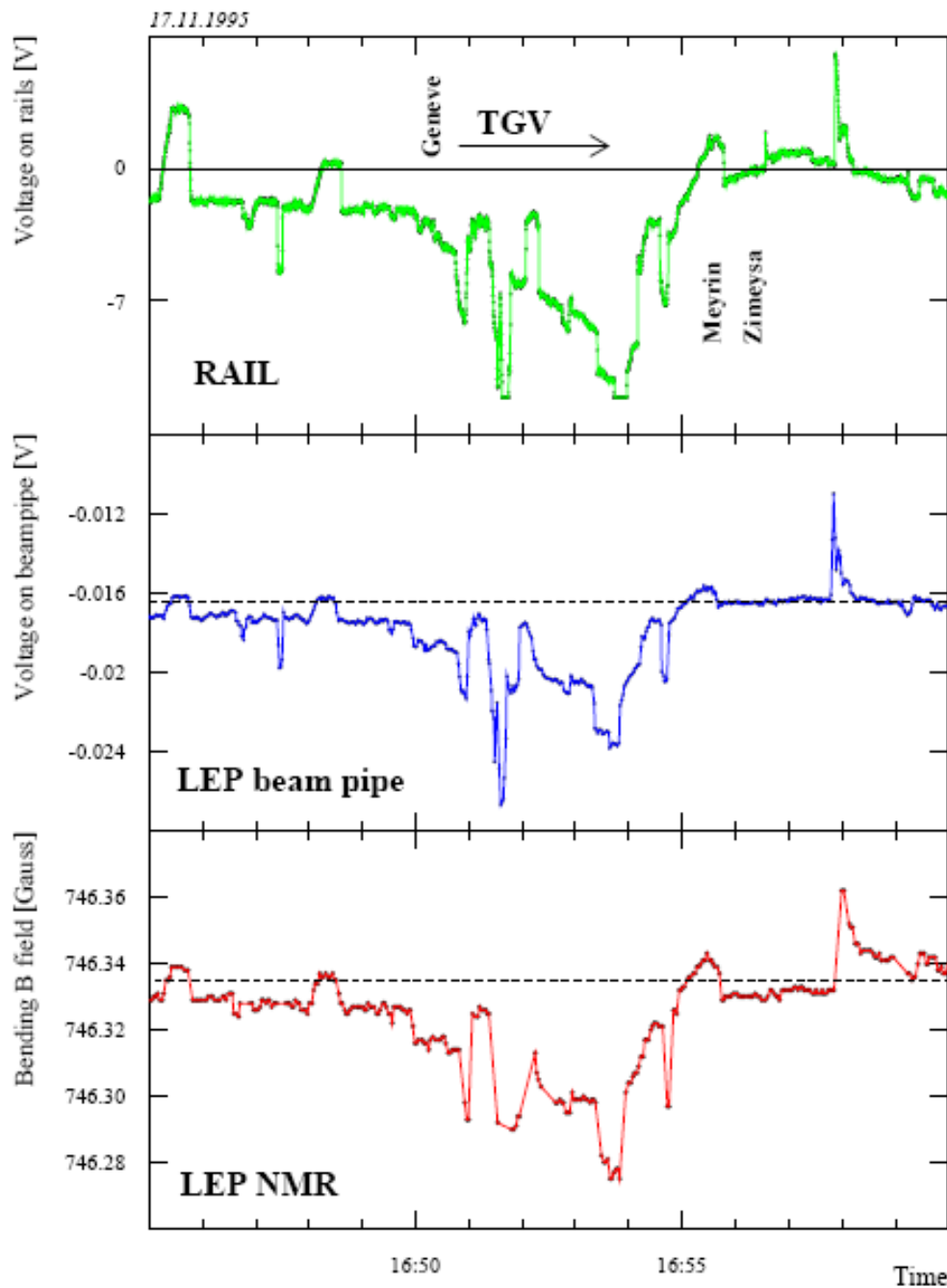
(calcul géophysique)

Variation de la longueur du LEP de 1mm/27km !!!

→ 10MeV d'erreur ...

Le pb vient du fait que l'on ne mesure pas en permanence l'énergie des faisceaux !

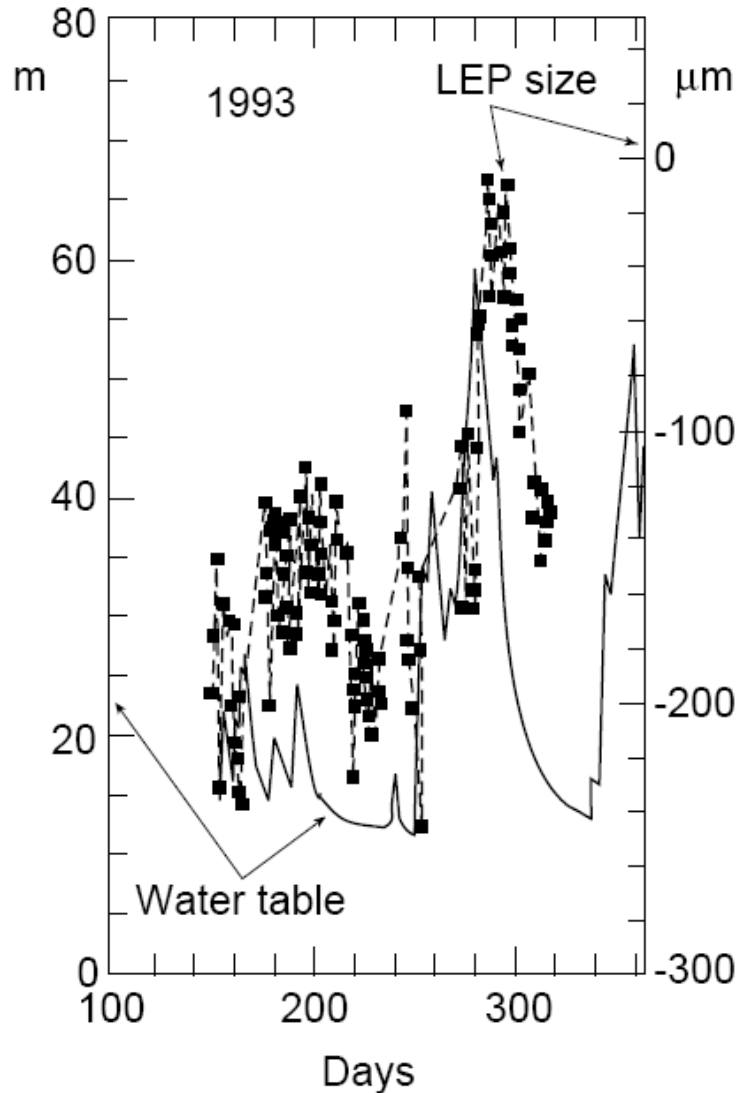
→ Il faut donc extrapoler sur plusieurs heures ...



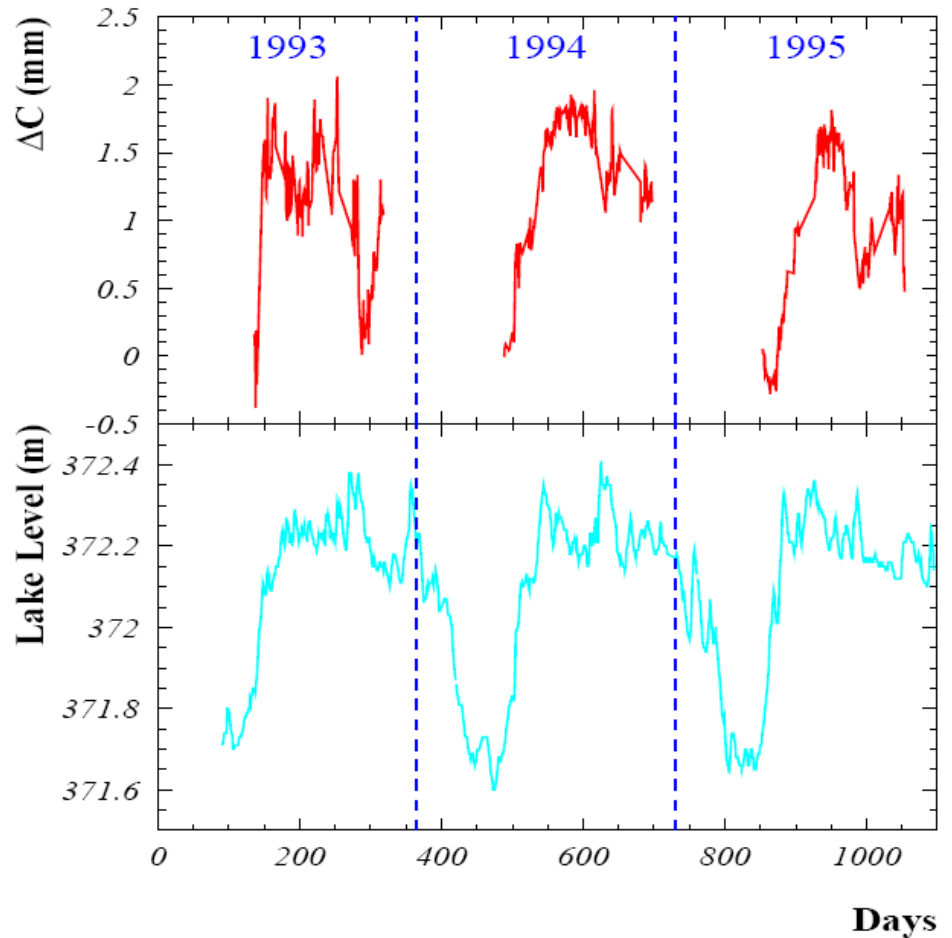
Sensibilité aux courants parasites induits par le TGV Paris-Genève !
→ effet plus important que les marées terrestres !!!

~15mn

Variation de la longueur du LEP corrélée avec la quantité d'eau dans les montagnes



Avec le niveau d'eau dans le lac Lémant !!!

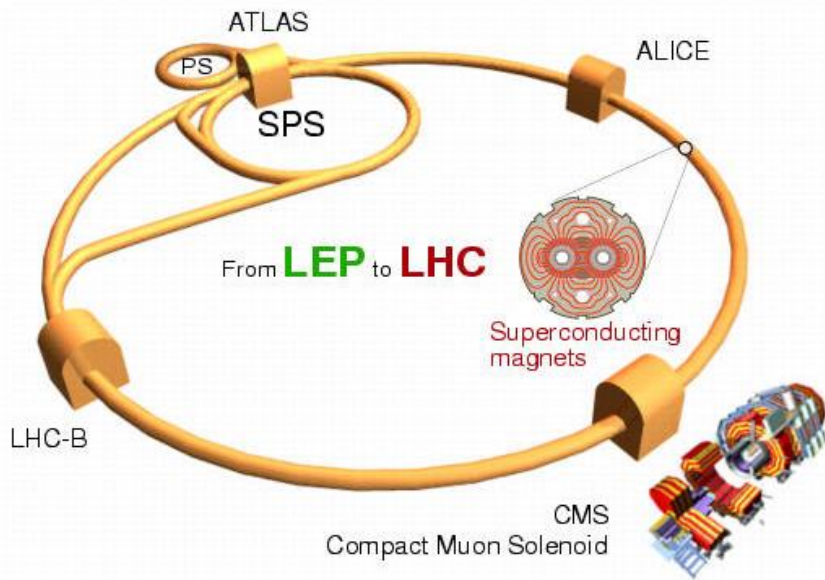


Enorme effort sur la compréhension et sur les performances de L'accélérateur ...

LE LHC

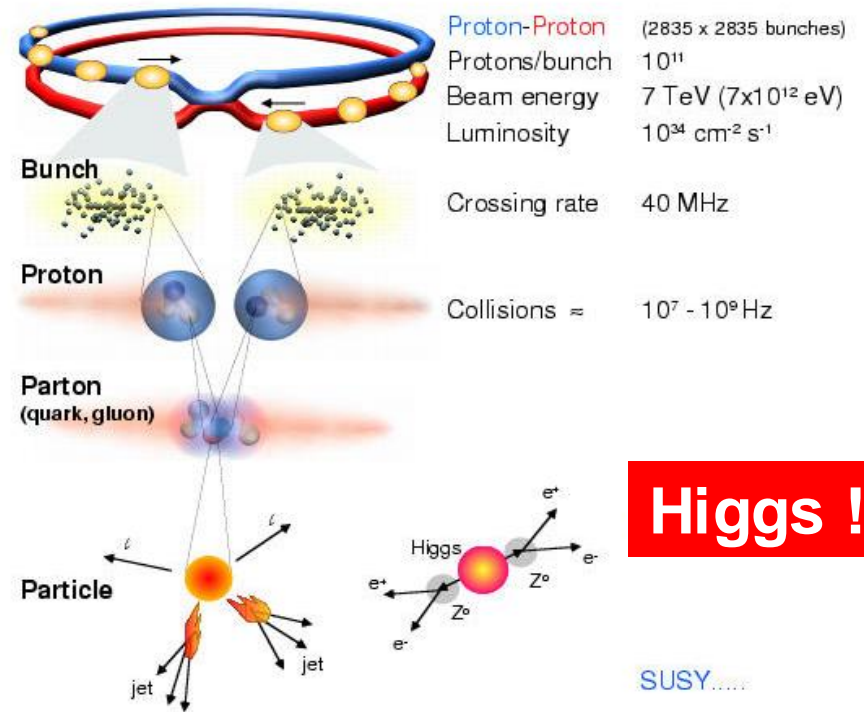
Le LHC : LE collisionneur du CERN

The Large Hadron Collider (LHC)



	Beams	Energy	Luminosity
LEP	e+ e-	200 GeV	$10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
LHC	p p	14 TeV	10^{34}
	Pb Pb	1312 TeV	10^{27}

Collisions at LHC



Higgs !!!

Selection of 1 in 10,000,000,000,000

Pour comparer...

Energie d'un proton dans le LHC : 7 TeV c'est à dire $7 \cdot 10^{12}$ eV

1 eV c'est une quantité infime d'énergie $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
(c'est l'énergie d'un photon du laser infrarouge YAG)



$$m_{\text{guêpe}} = 1\text{g} = 5.8 \cdot 10^{32} \text{ eV}/c^2$$

$$v_{\text{guêpe}} = 1\text{m/s} \rightarrow E_{\text{guêpe}} = 10^{-3} \text{ J} = 6.25 \cdot 10^{15} \text{ eV}$$

Ceci dit...dans le LHC...

L'énergie totale dans les faisceaux est de :

$$10^{14} \text{ protons} \times 14 \cdot 10^{12} \text{ eV} \approx 1 \cdot 10^8 \text{ J}$$

qui correspond à



$$M_{\text{poids lourd}} = 100 \text{ T}$$

$$V_{\text{poids lourd}} = 120 \text{ km/h}$$

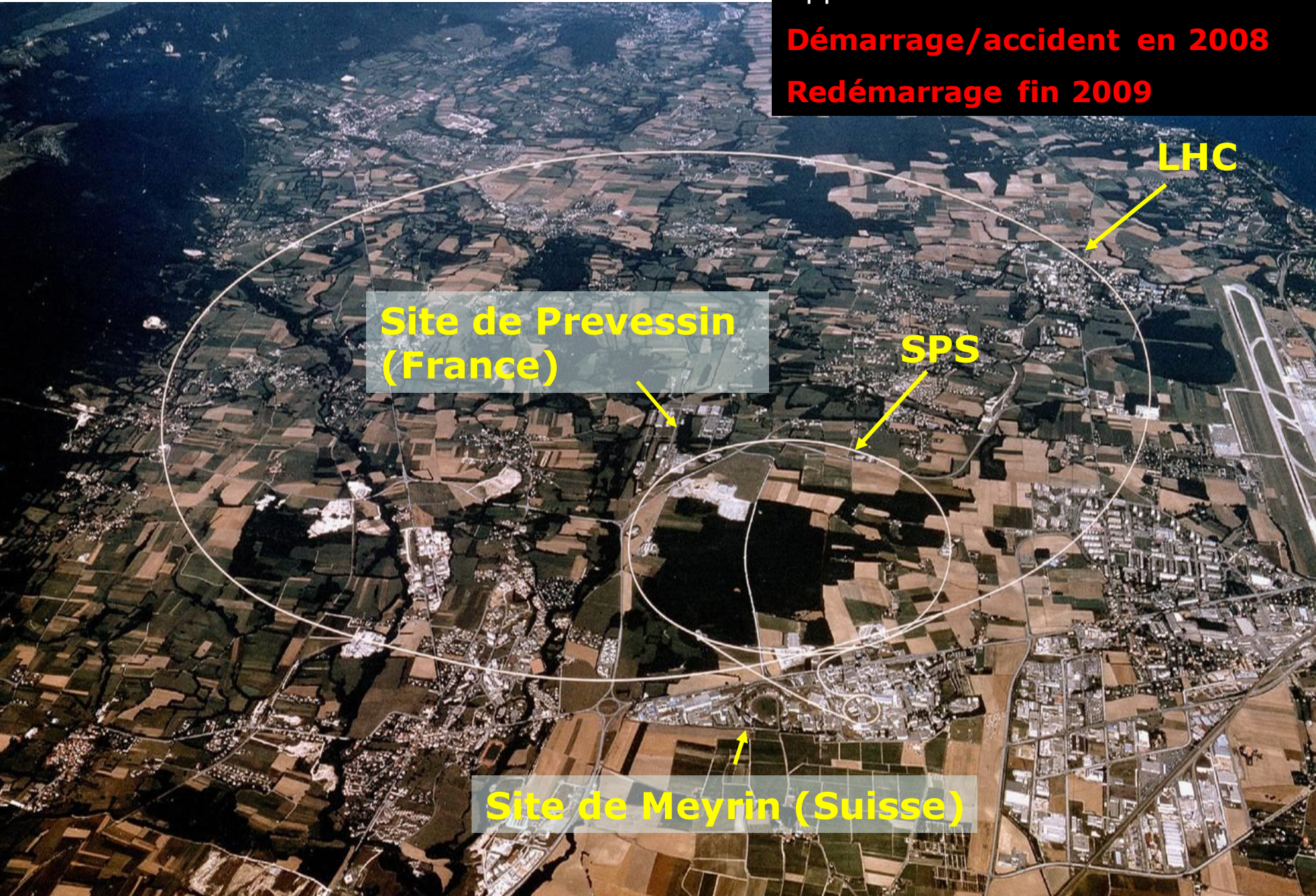
Ce qui est exceptionnel dans le LHC, c'est qu'il concentre l'énergie dans un espace environ mille milliards de fois plus petit qu'une guêpe !

Conçu dans les années 1980

Approuvé en 1994

Démarrage/accident en 2008

Redémarrage fin 2009



LHC

**Site de Preveessin
(France)**

SPS

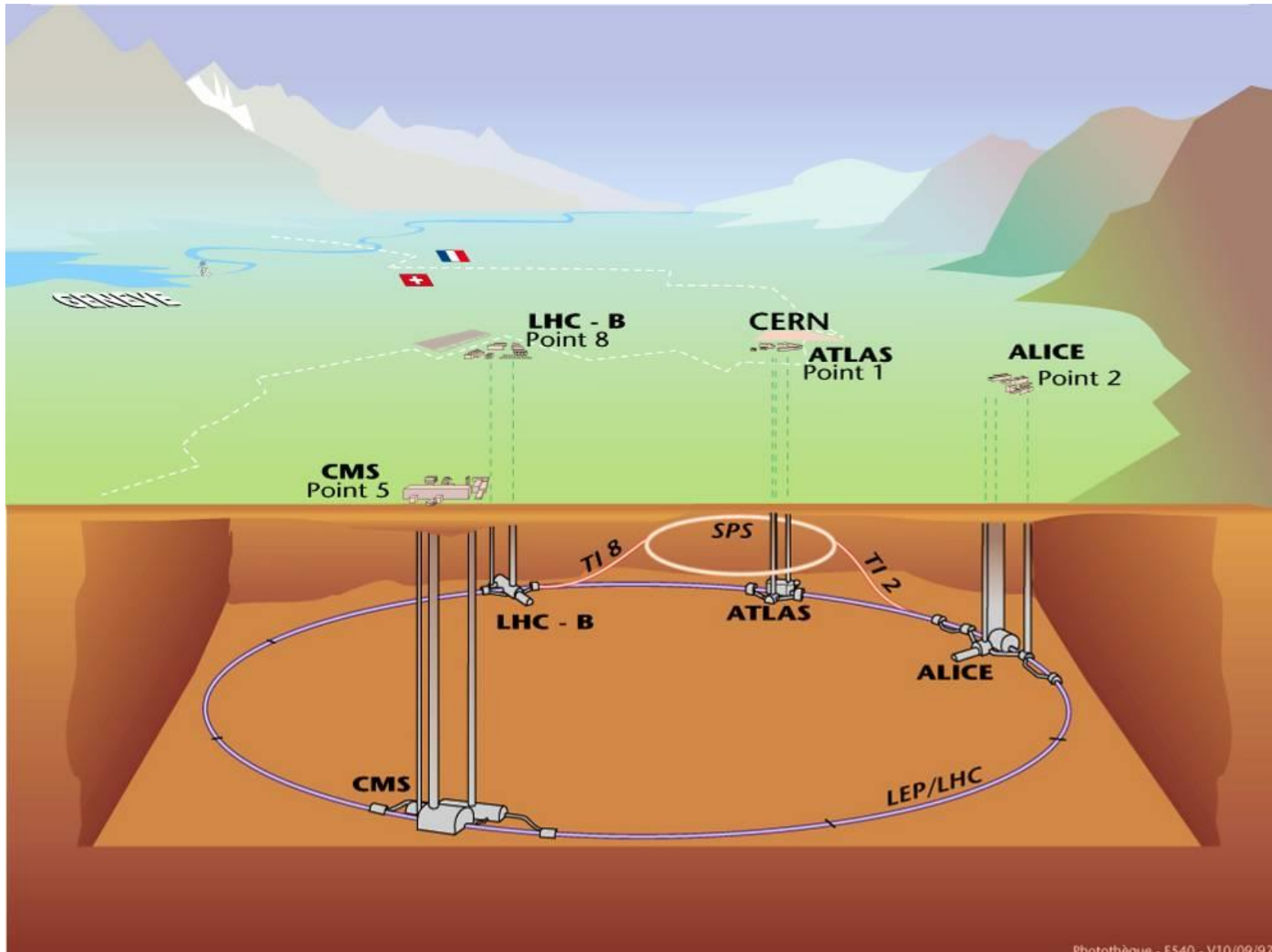
Site de Meyrin (Suisse)

Les paquets de protons sont accélérés, guidés et focalisés tout au long des 27 km grâce à un système complexe d'aimants supraconducteurs.

Au total il y a 6228 aimants supraconducteurs



ATLAS, CMS, LHCb and ALICE quatre expériences pour tenter de répondre aux questions ...



La Construction du LHC



- Somme toute, la construction du LHC a avancé bien, malgré problèmes budgétaires et industriels
- Le premier faisceau a tourné en 2008
- Les Photos montrent des travaux relatifs à la contribution "exceptionnelle" de la France (contrats CEA-CERN-CNRS)
- mais beaucoup d'autres pays, y compris des "non-member states" font de gros efforts

◀ "String 2", section prototype contenant des aimant dipoles supraconducteurs

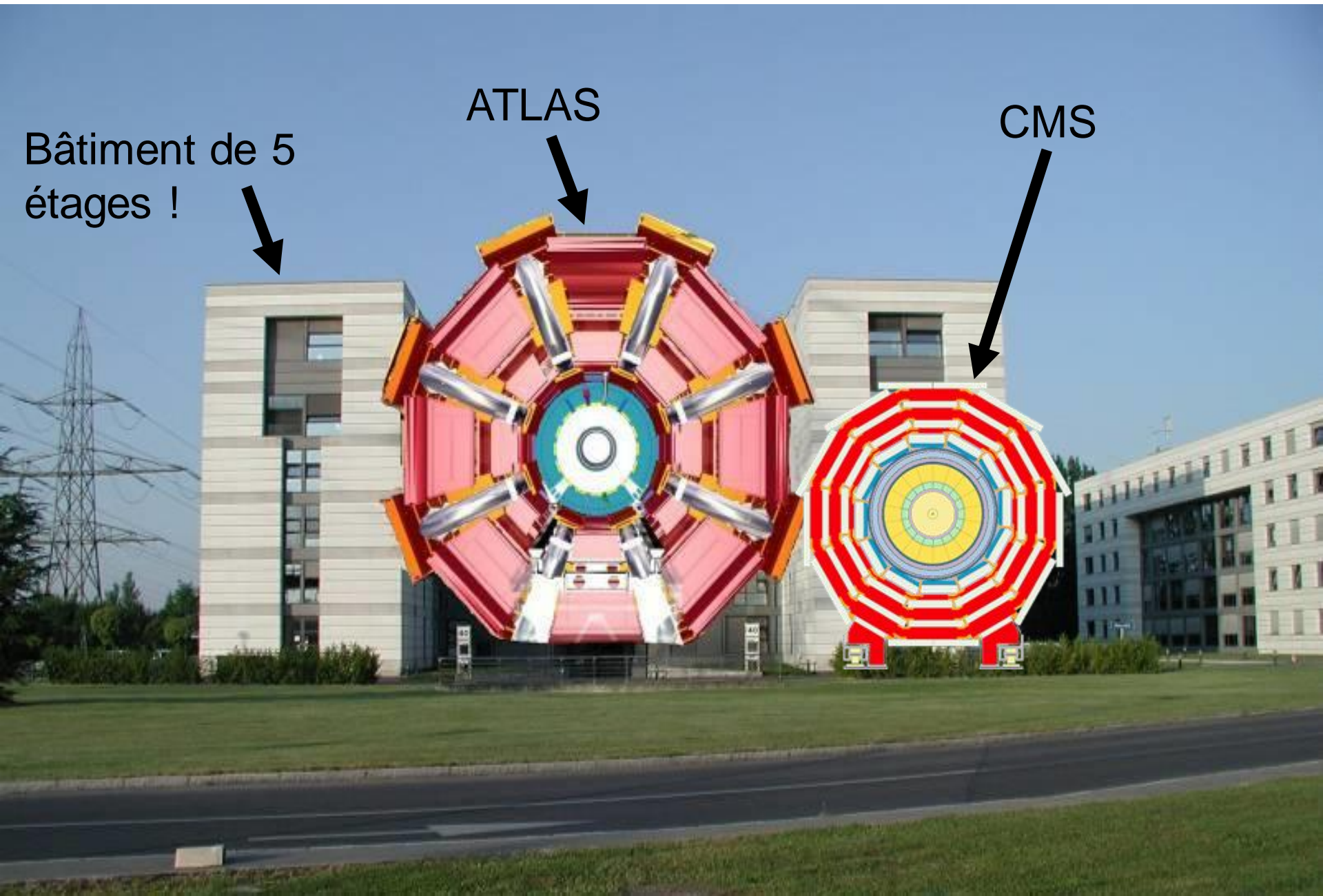


◀ "SSS 3" les Sections Droites Courtes contenant les Quadrupoles supraconducteurs focalisants

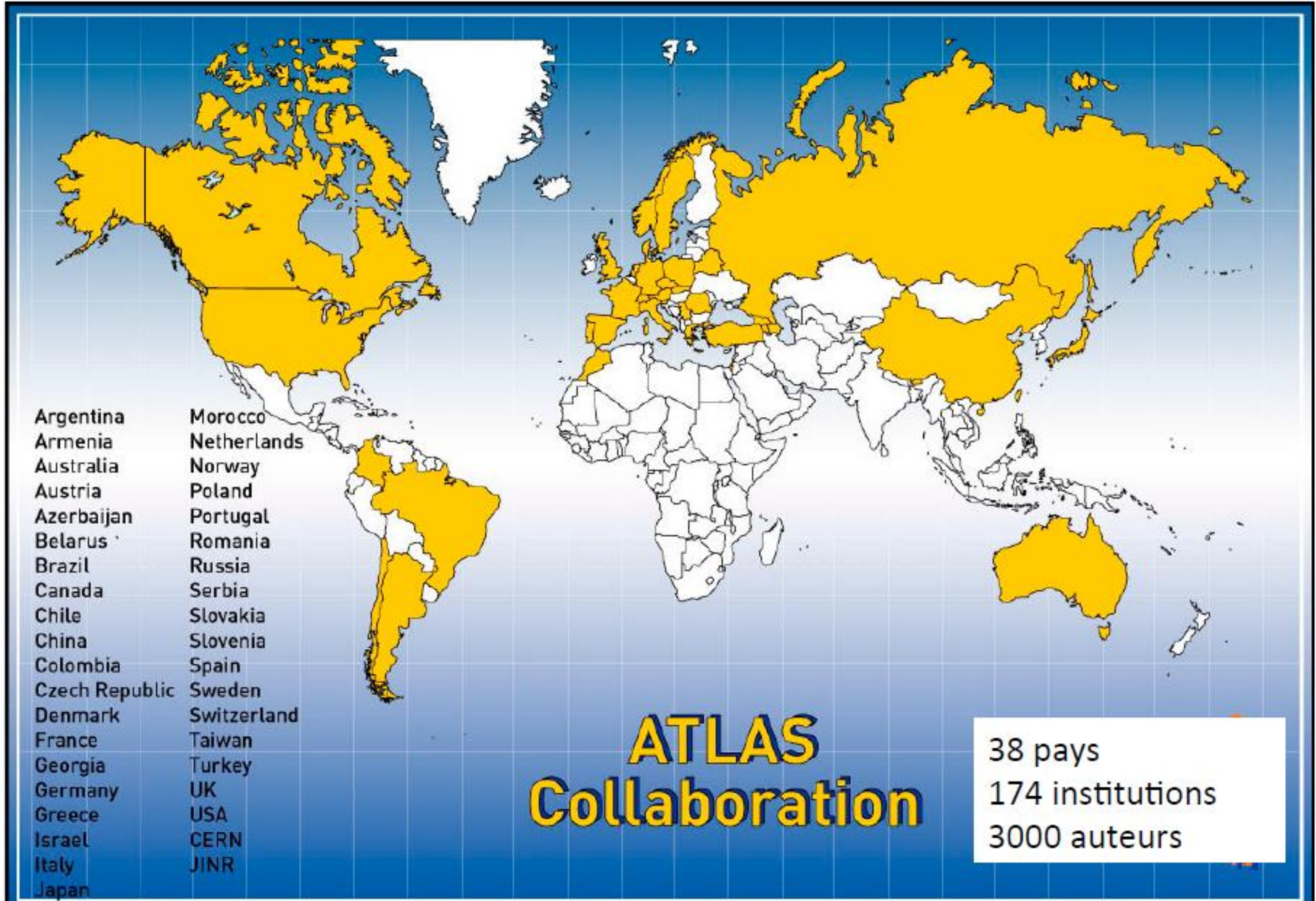
L'usine cryogénique ▶ prototype (pompes et compresseurs pour hélium superfluide



ATLAS et CMS : les deux détecteurs géants du LHC

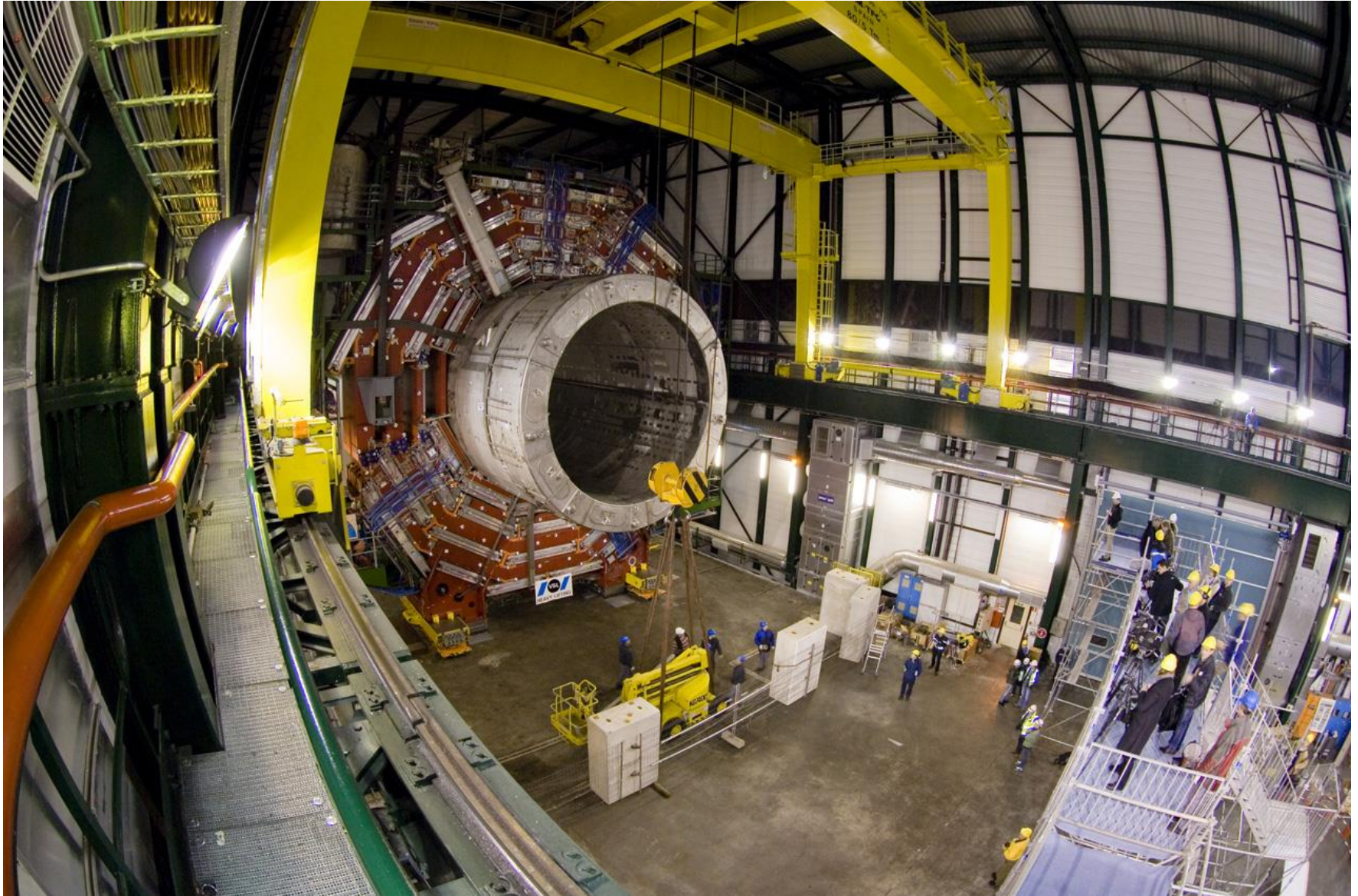


La collaboration Atlas



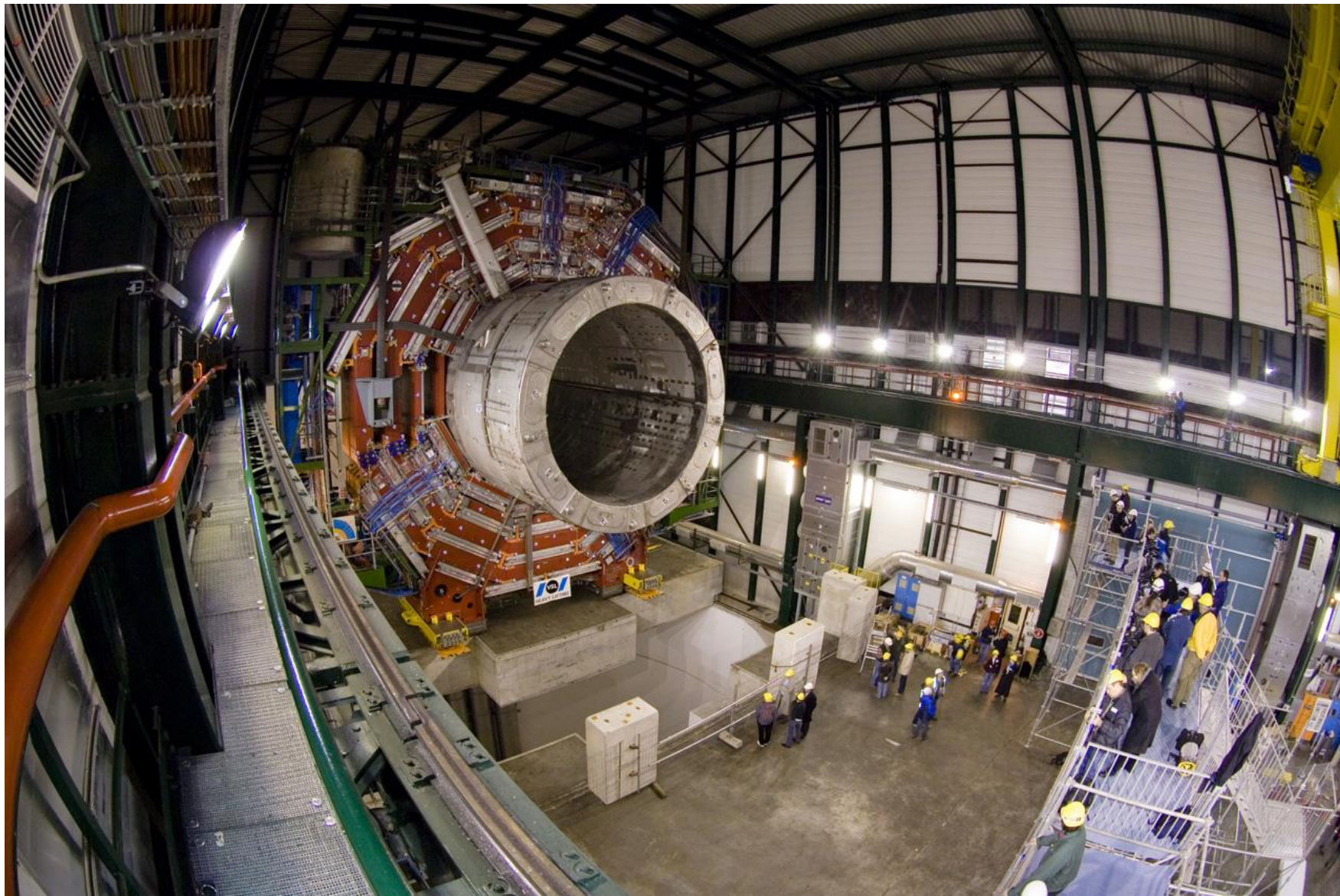


Installazione in caverna



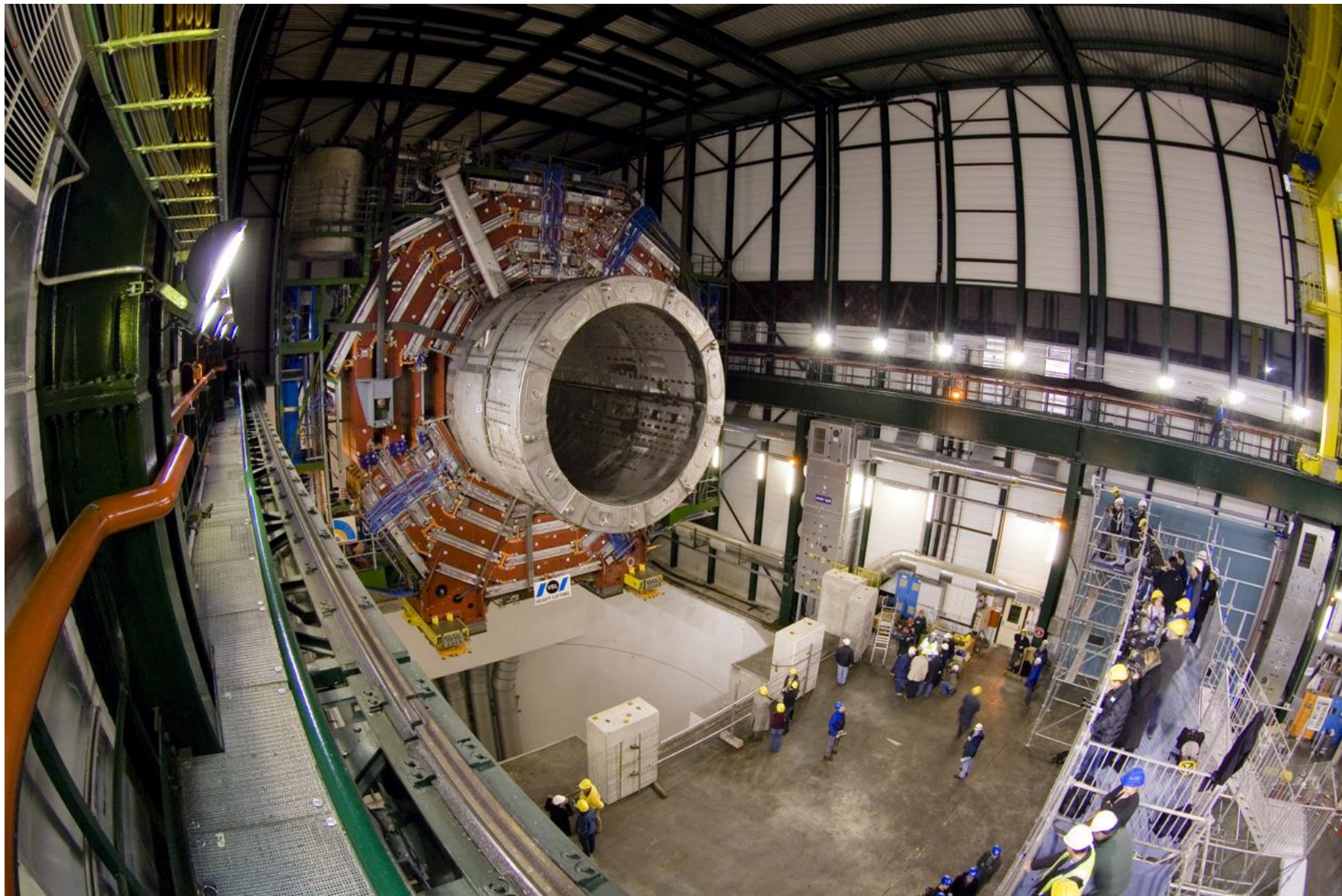


Installazione in caverna





Installazione in caverna





Installazione in caverna





Installazione in caverna





Installazione in caverna





Installazione in caverna



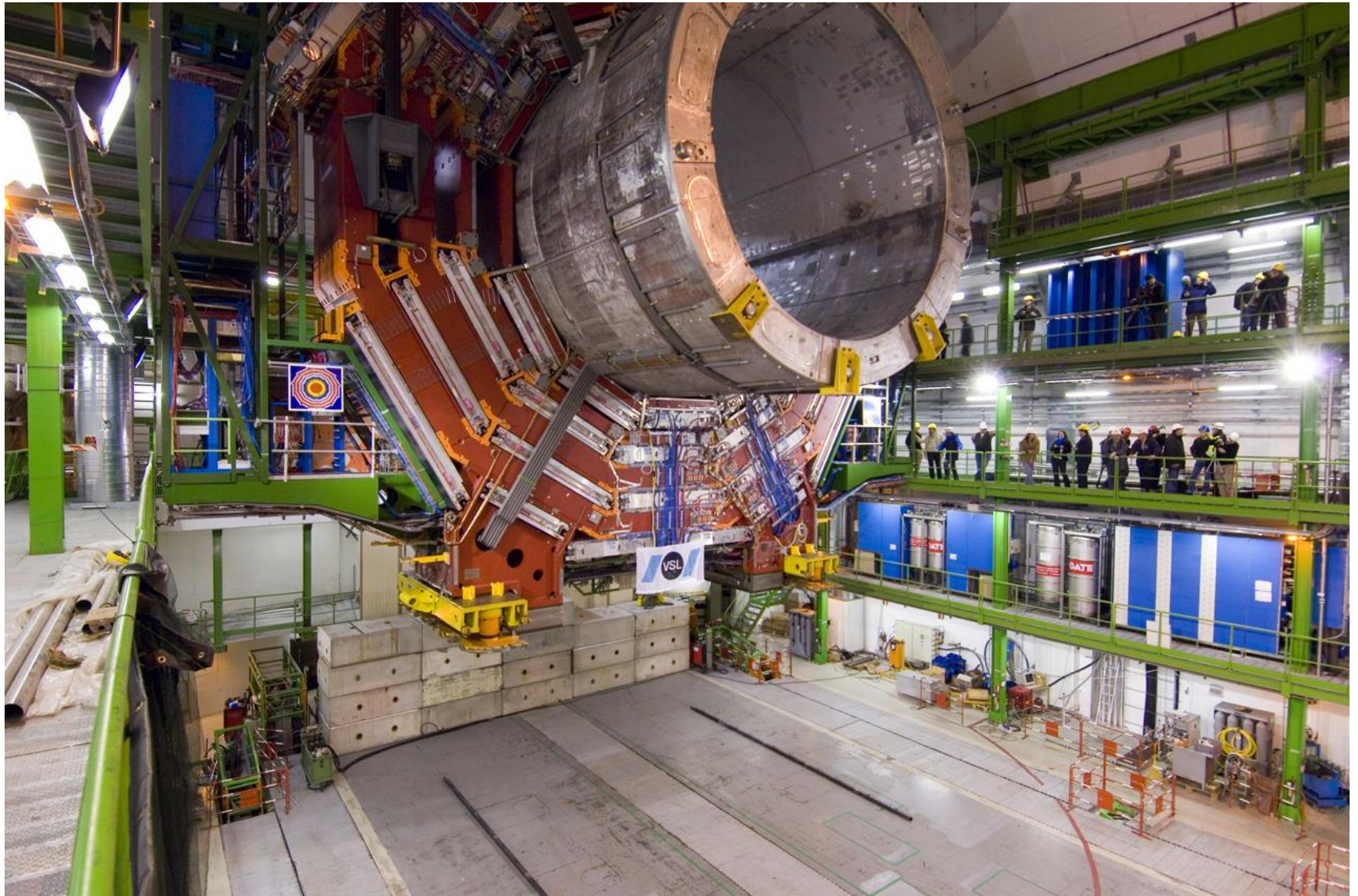


Installazione in caverna



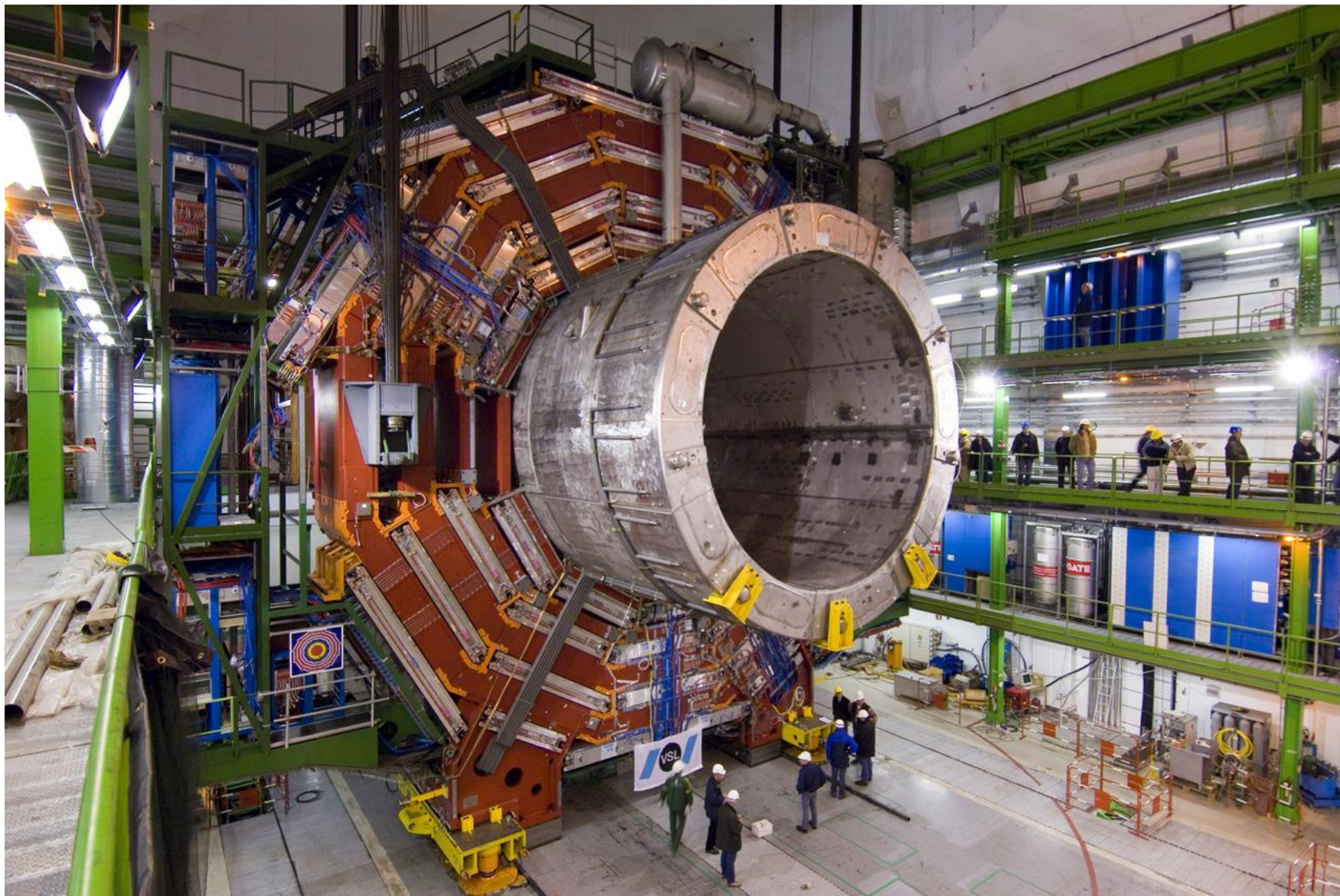


Installazione in caverna

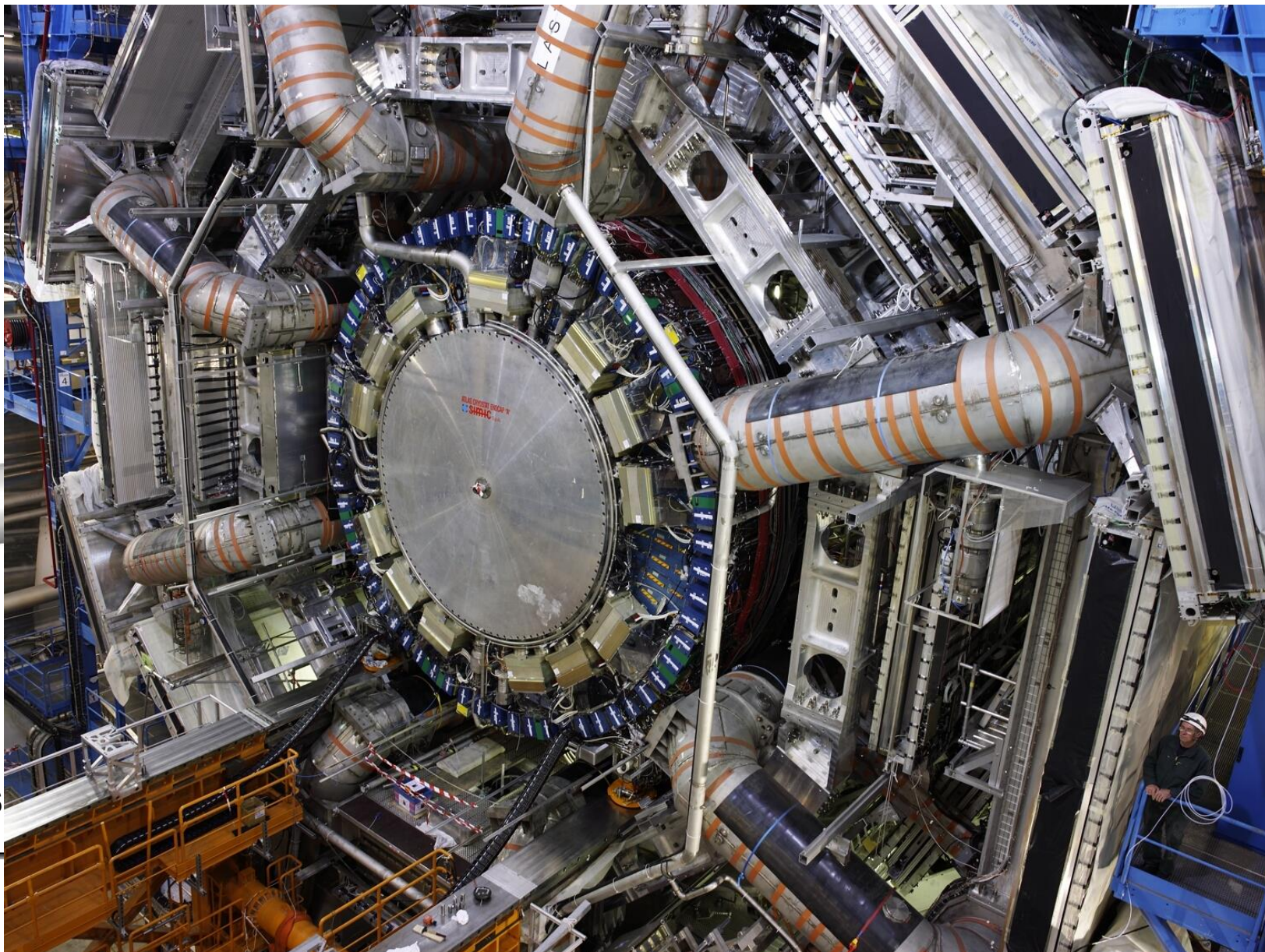




Installazione in caverna



Vue du détecteur ATLAS au LHC



ATLAS



Le projet International Linear Collider

Buts :

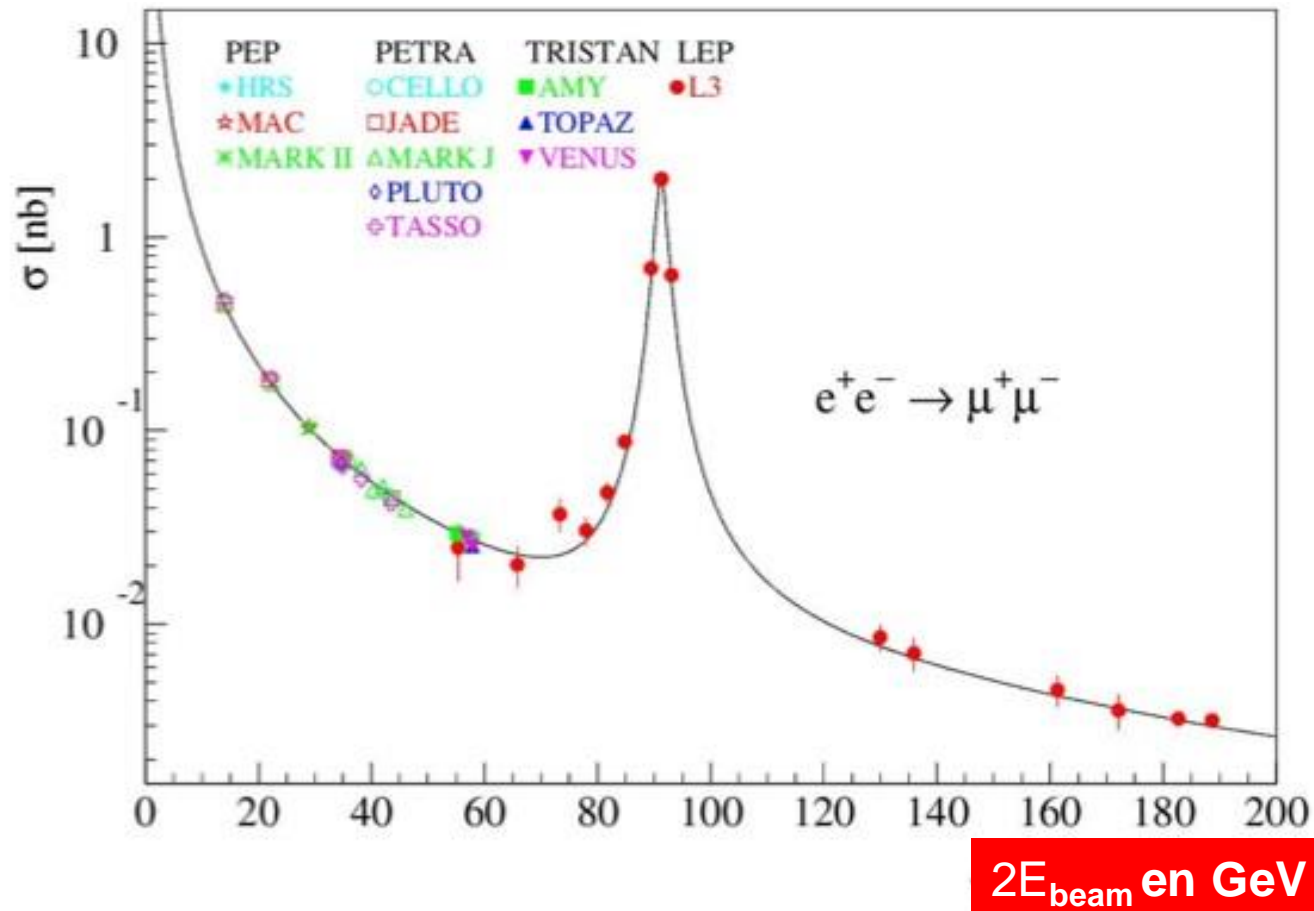
- Machine à Higgs, machine à top
- Mesures de précisions pour essayer de mettre en défaut le modèle standard
- Recherche de nouvelle physique

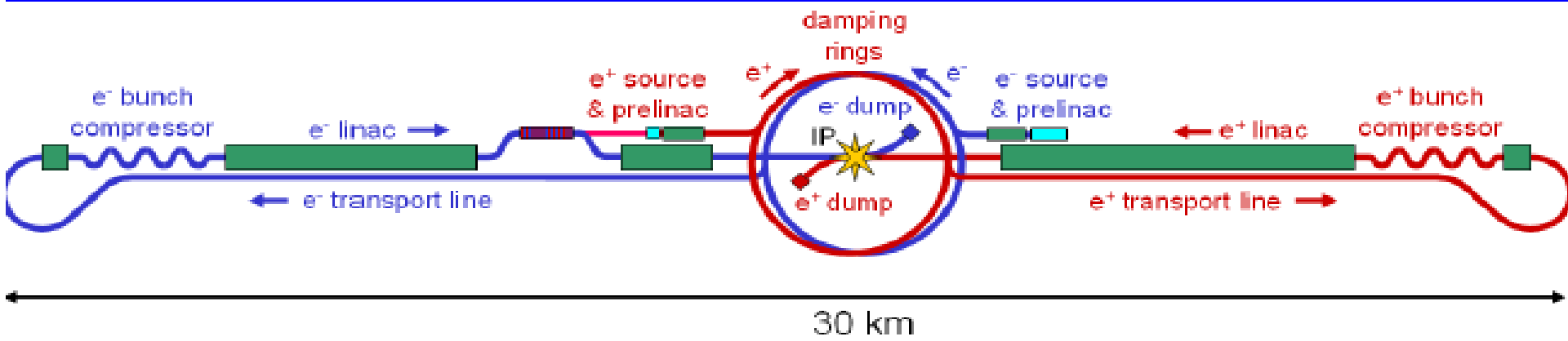


Le problème avec les hautes énergies :

La probabilité qu'un électron interagisse avec un positron est en $1/E_{\text{beam}}$!

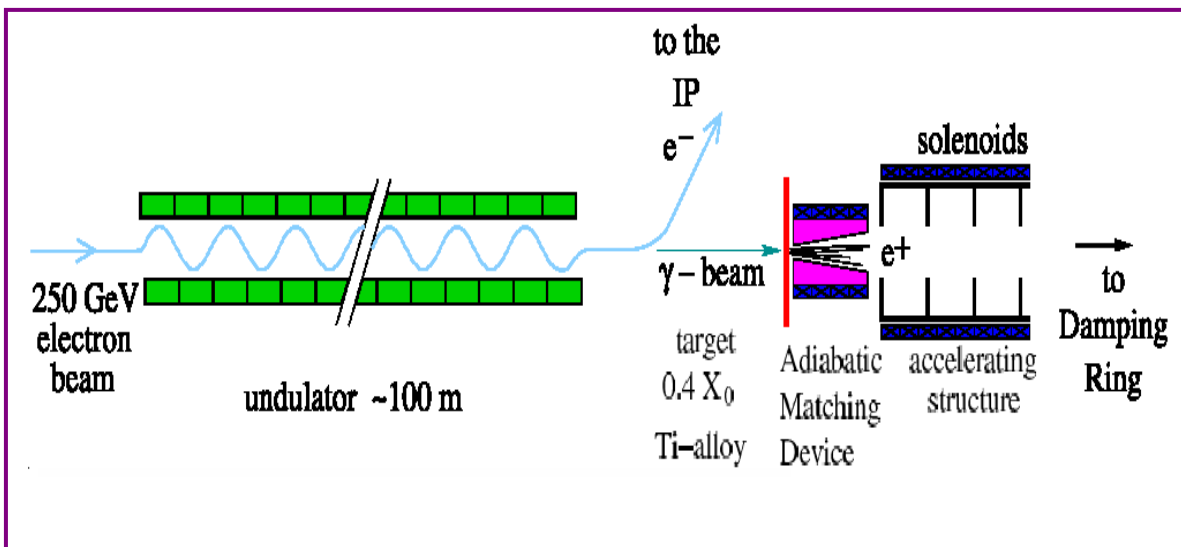
Ex. : $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow \mu^+\mu^-$ à LEP



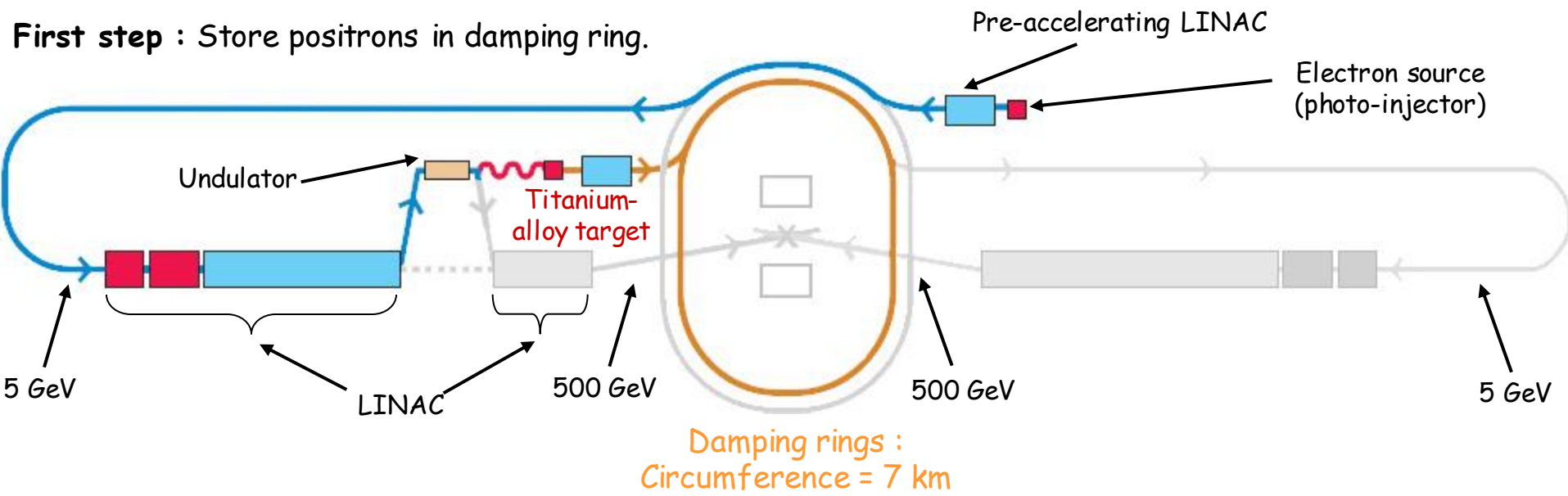


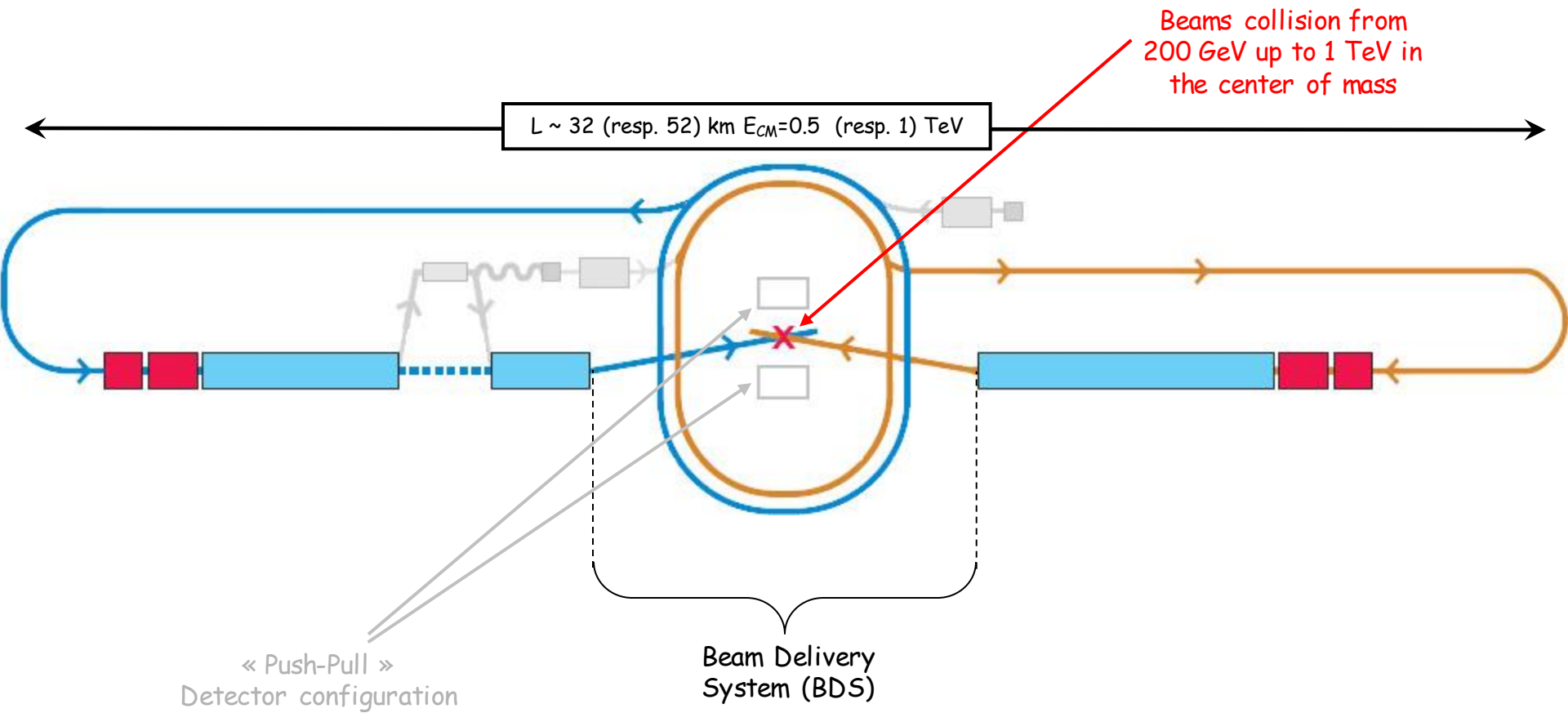
- **Faible émittance**
- **Il faut la garder dans le LINAC de ~15km !**
 - **Contrôle micrométrique de la position des éléments du LINAC !**

• **Comment faire des positrons polarisés**



Simplify schematic view of the ILC





Comparaison des futurs collisionneurs linéaires et du LEP

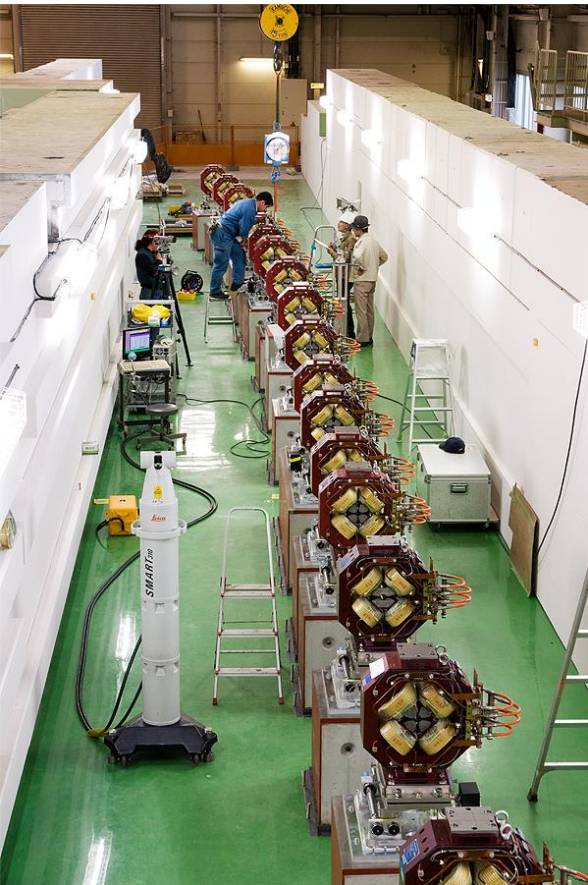
Type	LEP200	ILC500	<i>CLIC500</i>
Vertical beam size in nm	4000	5.7	2.3
Total P MW	65	216	129.4
Luminosity 10^{31} (%)	5	1500	1400
Interval between bunches ns	>>>	176	0.5
Gradient MV/m	8	31.5	100

De nombreux enjeux technologiques → R&D accélérateurs nécessaire

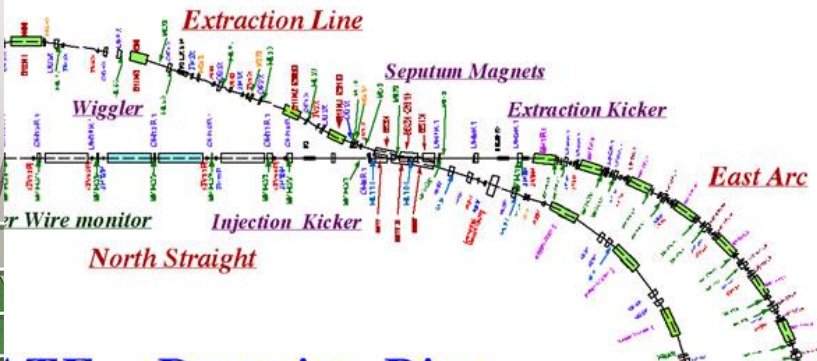
→ Test Facilities (accélérateur dédiés aux développements des nouvelles techno pour l'ILC)

exemples	Deliverable	Date
<i>Optics and stabilisation demonstrations:</i>		
ATF/Japon	Generation of 1 pm-rad low emittance beam	2009
ATF-2	Demo. of compact Final Focus optics (design demagnification, resulting in a nominal 35 nm beam size at focal point).	2010
	Stabilisation of 35 nm beam over various time scales.	2012
<i>Linac high-gradient operation and system demonstrations:</i>		
TTF/FLASH	Full 9 mA, 1 GeV, high-repetition rate operation	2009
STF/Japon & ILCTA- NML	Cavity-string test within one cryomodule (S1 and S1-global)	2010
	Cryomodule-string test with one RF Unit with beam (S2)	2012

Accelerator Test Facility (ATF) à KEK

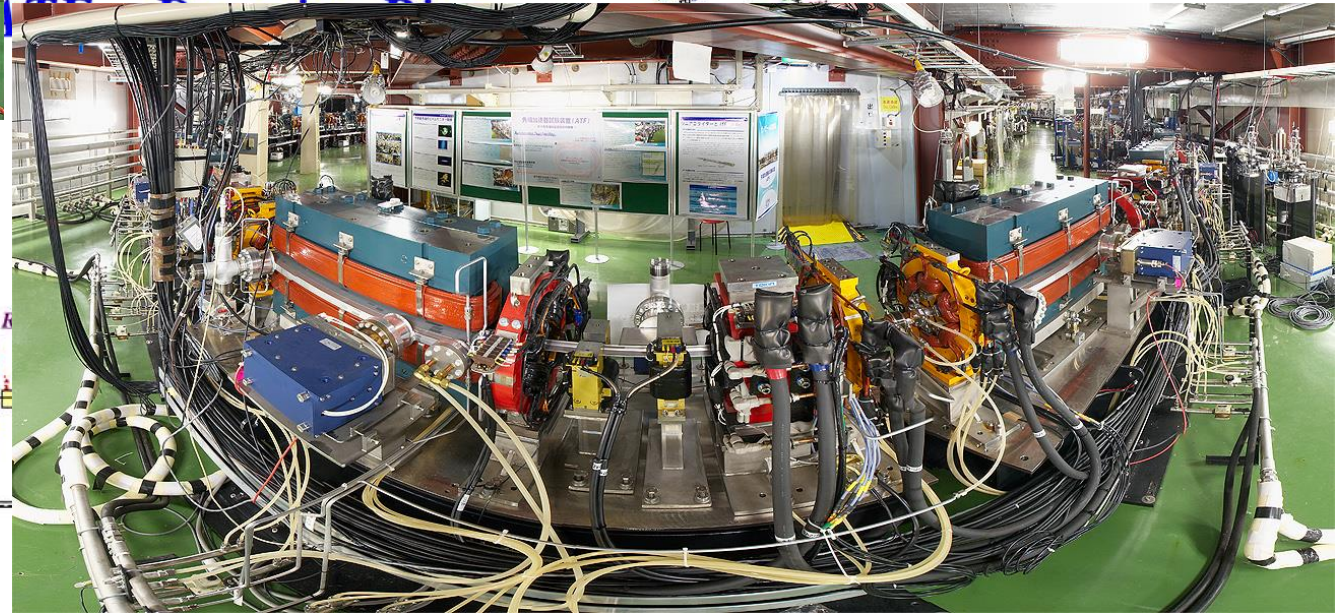
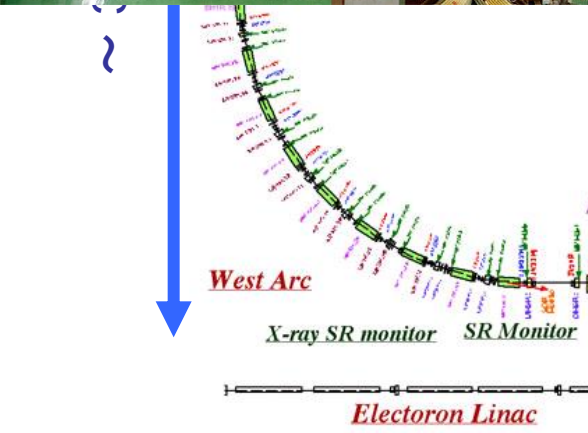


~ 54 m



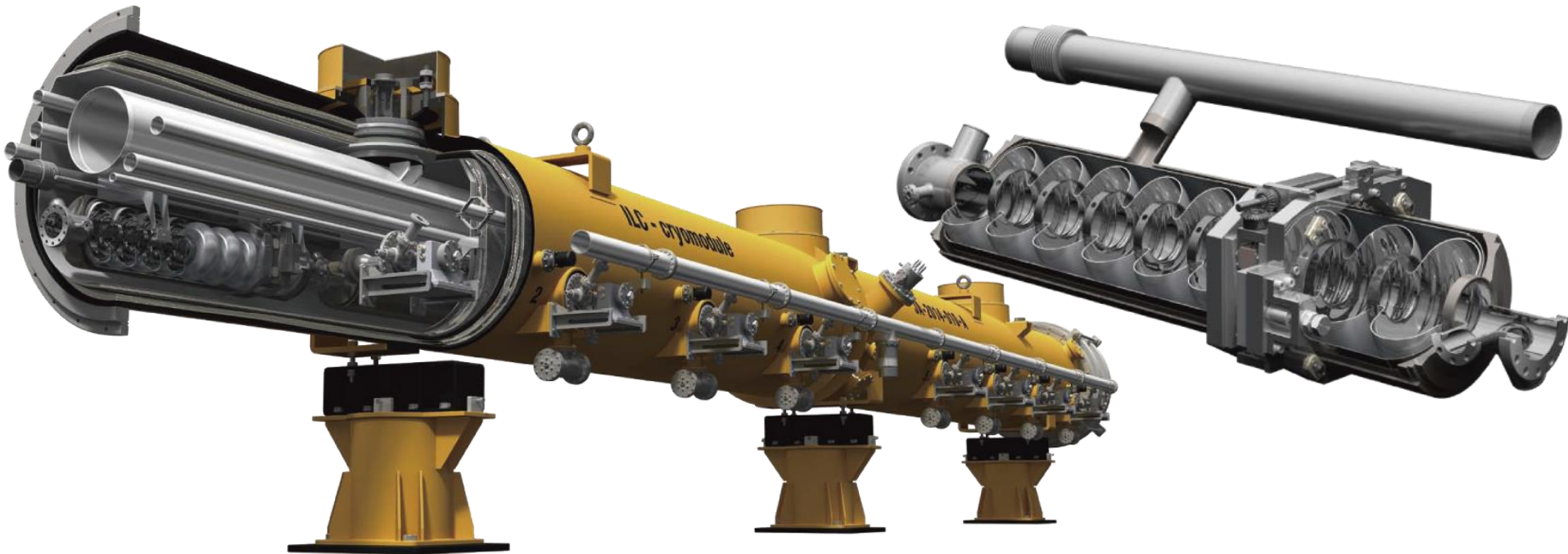
Beam Energy
→ 1.28GeV

Beam Size

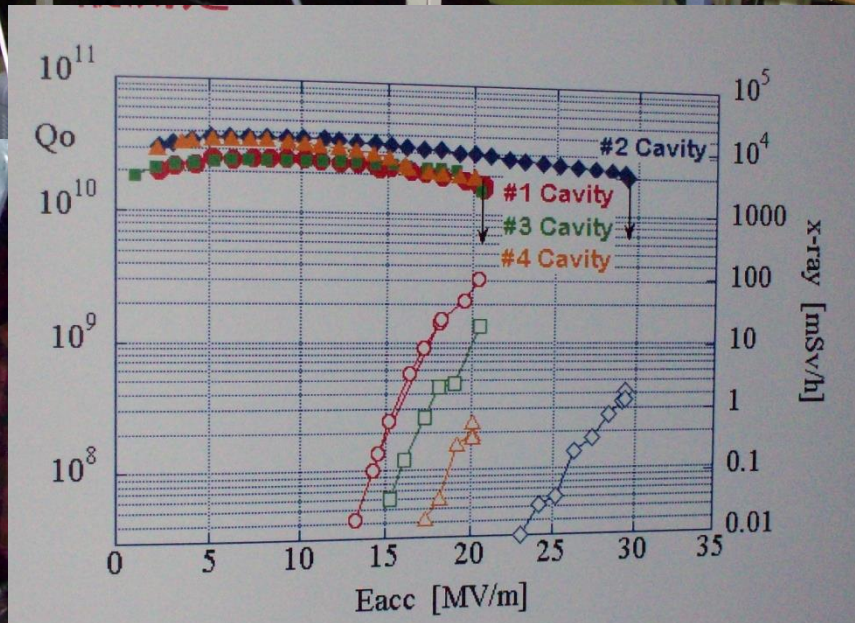
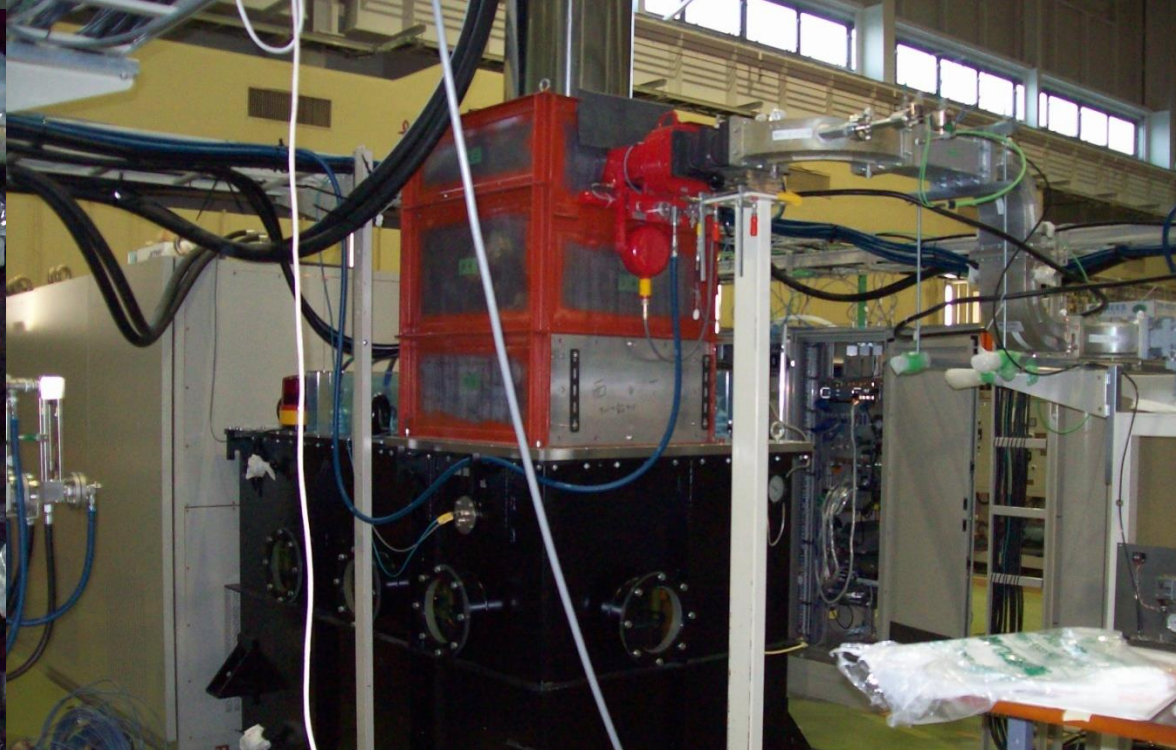
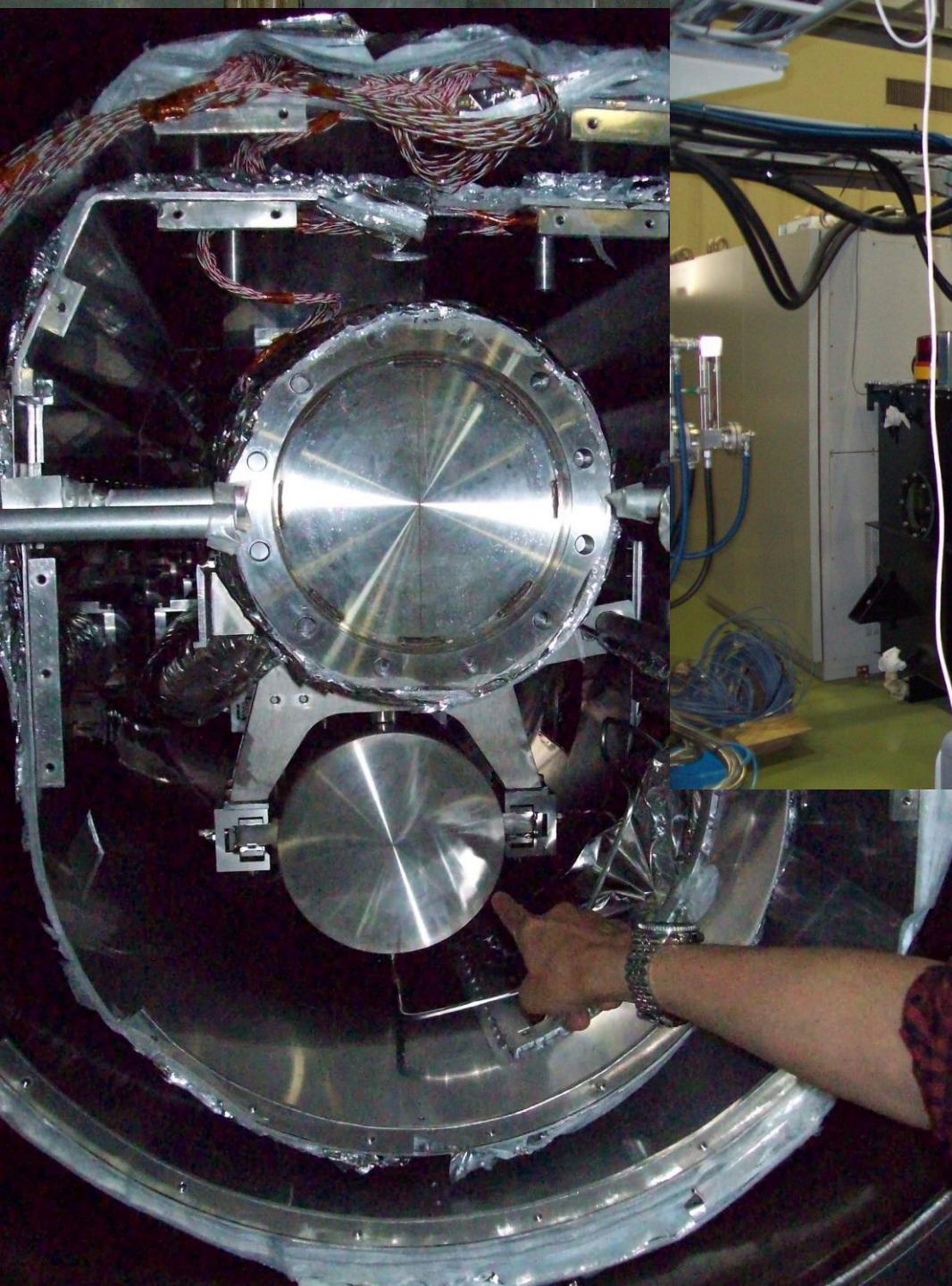


STF : ILC Cryostats and Cavities for Main linacs

- 1 cryomodule contains 9 neodymium cavities ($E_{\text{acc}} = 31.5\text{MV/m}$ on average, each having a length $\sim 1\text{m}$)



- Total ~ 1700 cryostats, ~ 16000 cavities.
- 3 cryostats to be driven by one 10MW L-band klystron
- Total 560 RF units in e+/e- main linacs



測定結果 例 Qo-Eacc カーブ



Future Circular Collider Study - FCC

Context and Scope

Context

A conceptual design study of options for a future high-energy frontier circular collider at CERN for the post-LHC era shall be carried out, implementing the request in the 2013 update of the European Strategy for Particle Physics (CERN-Council-S/106), which states, inter alia, that:

"... Europe needs to be in a position to propose an ambitious post-LHC accelerator project at CERN by the time of the next Strategy update, when physics results from the LHC running at 14 TeV will be available." and that "CERN should undertake design studies for accelerator projects in a global context, with emphasis on proton-proton and electron-positron high-energy frontier machines. These design studies should be coupled to a vigorous accelerator R&D programme, including high-field magnets and high-gradient accelerating structures, in collaboration with national institutes, laboratories and universities worldwide."

<http://cds.cern.ch/record/1567258/files/esc-e-106.pdf>

This design study shall be organised on a world-wide international collaboration basis under the auspices of the European Committee for Future Accelerators (ECFA) and shall be available in time for the next update of the European Strategy for Particle Physics, foreseen by 2018.



EDMS NO.	REV.	VALIDITY
1346082	1.0	RELEASED

PROJECT DOCUMENT IDENTIFIER
FCC-ACC-SPC-0004



EDMS NO.	REV.	VALIDITY
1342402	1.0	RELEASED

PROJECT DOCUMENT IDENTIFIER
FCC-ACC-SPC-0001

Date : 2014-02-10

Specification

Future Circular Collider Study Lepton Collider Parameters

WBS PATH

1.4.1.2

ABSTRACT:

The goal of the FCC-ee Lepton Collider is to provide e'e' collisions in the beam energy range of 40 to 175 GeV. The main centre-of-mass operating points with large physics interest are 91 GeV (Z-pole), 160 GeV (W pair production threshold), 240 GeV (Higgs resonance) and 350 GeV (ttbar threshold). The expected machine circumference ranges between 80 and 100 km. The machine should accommodate four experiments operated simultaneously and deliver peak luminosities above $1 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ per experiment at the ttbar threshold and higher luminosities at lower energies. This document summarizes the baseline parameters for this collider.

Date : 2014-02-11

Specification

Future Circular Collider Study Hadron Collider Parameters

WBS PATH

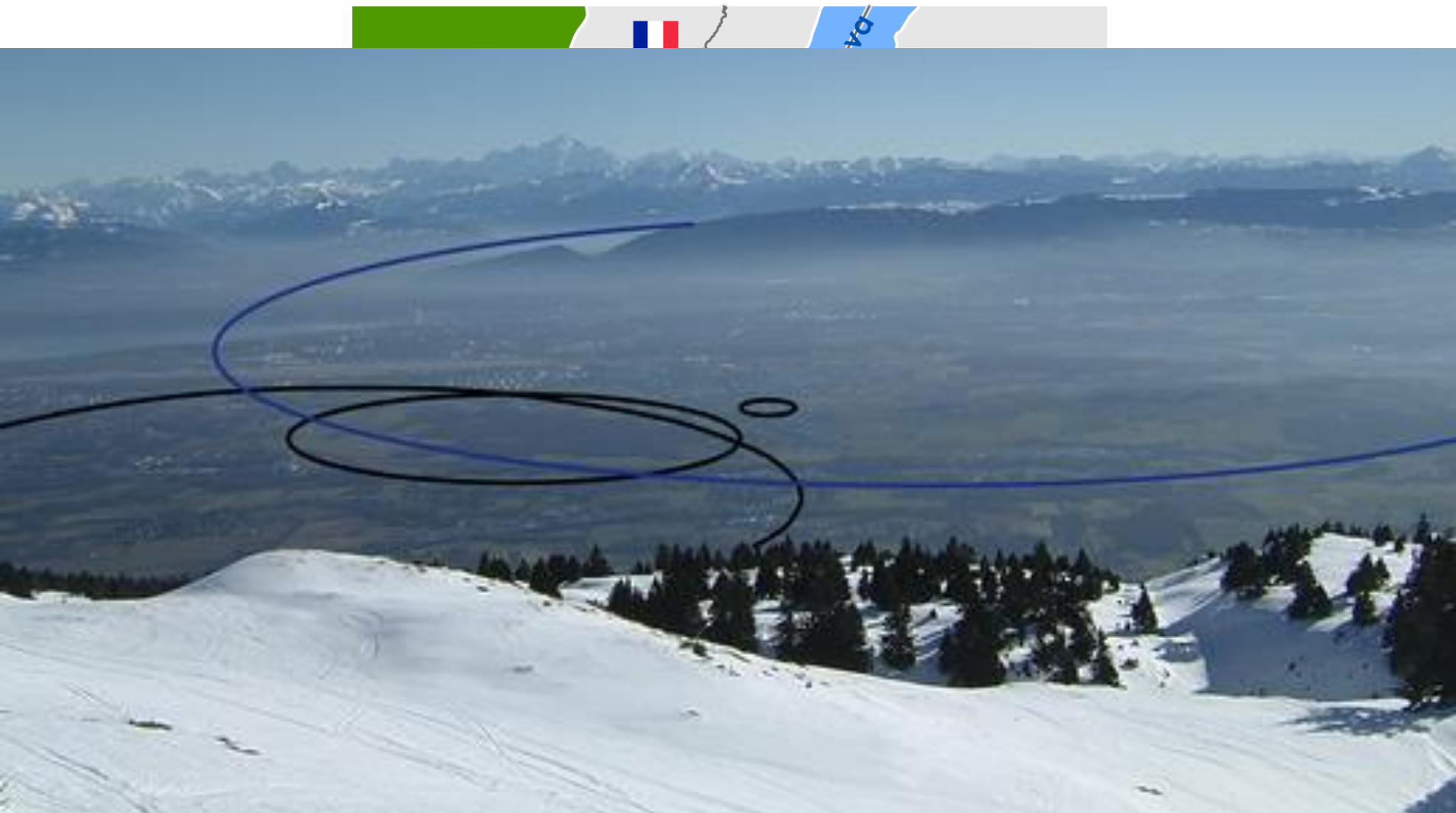
1.2.1.2

ABSTRACT:

The goal of the hadron collider designed in the scope of the Future Circular Collider study is to provide proton-proton collisions at a centre-of-mass energy of 100 TeV. The machine is compatible with ion beam operation. Assuming a nominal dipole field of 16 T, such a machine would have a circumference of the order of 100 km. The machine is designed to accommodate two main proton experiments that are operated simultaneously. The machine delivers a peak luminosity of $1 - 5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. The layout should allow for two additional special-purpose experiments. This document summarizes the baseline parameters for this collider.

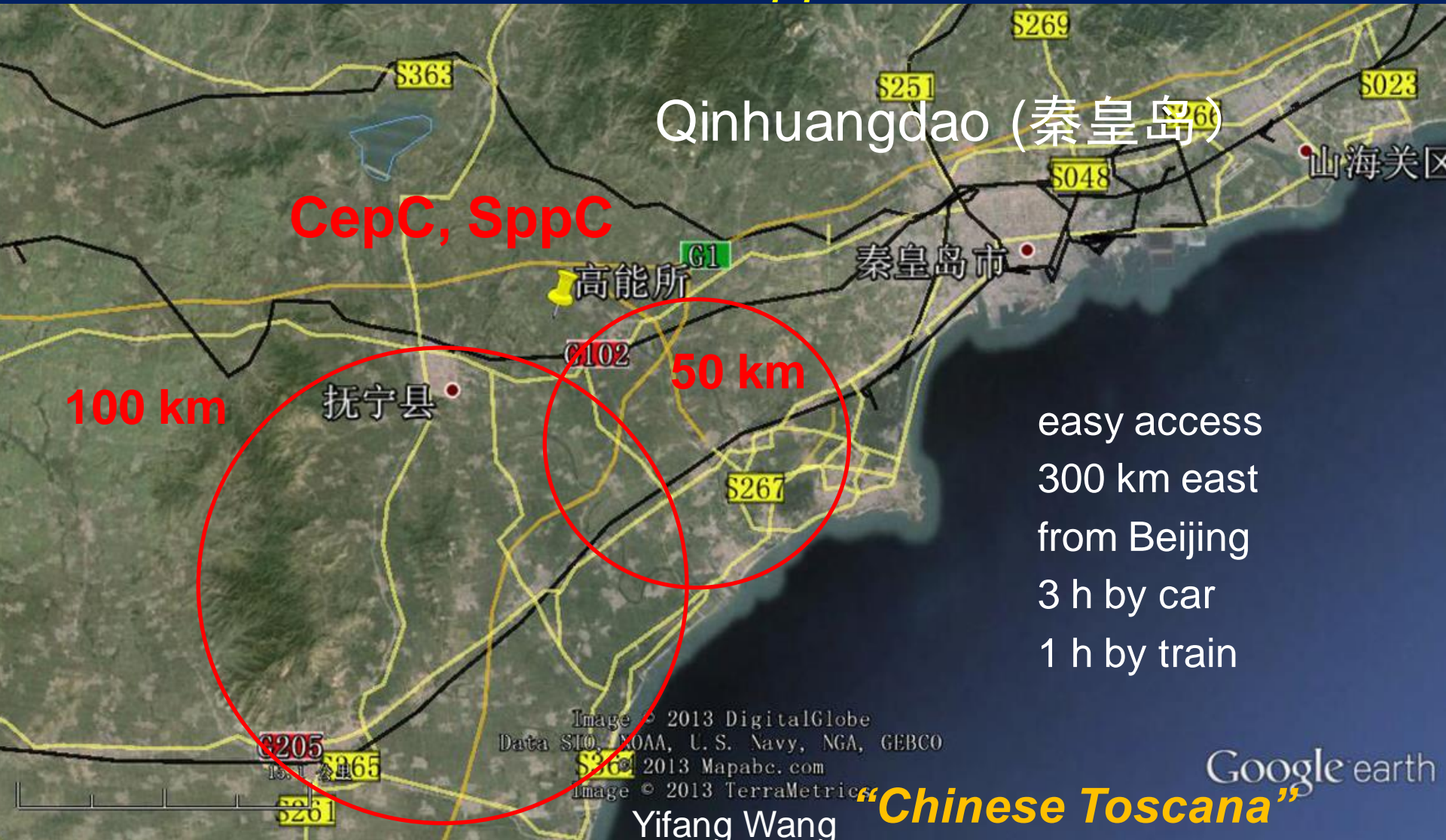
GOAL: CDR and cost review for the next ESU (2018)

FCC : situation



CepC/SppC study (CAS-IHEP) 54 km (baseline)

e^+e^- collisions ~2028; pp collisions ~2042



De la conception à l'exploitation

