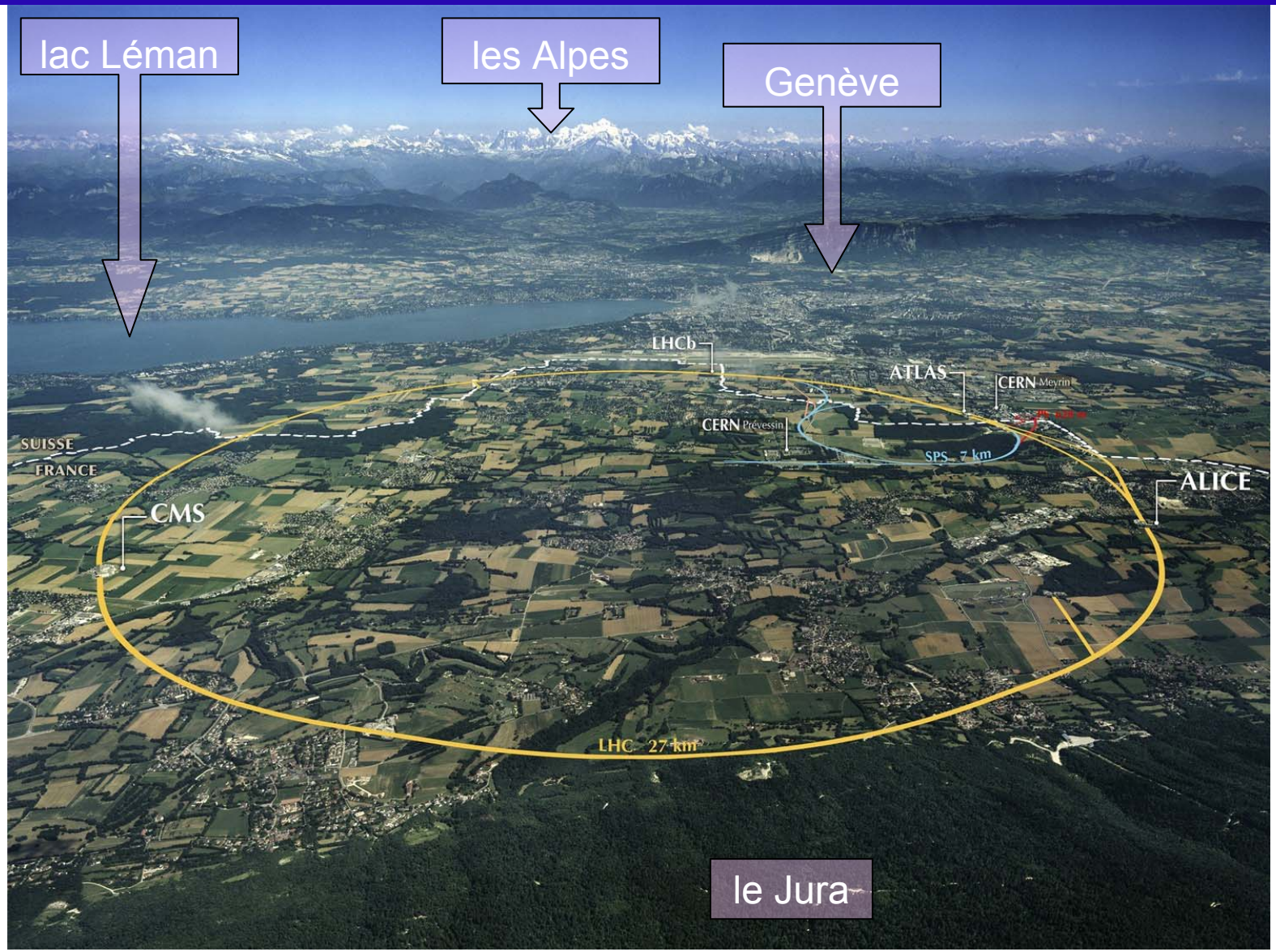
Le CERN et le LHC



Mars 2011, P. Roudeau

Le CERN *(Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) 1952*

- Devient en 1954: l'Organisation Européenne pour la recherche nucléaire: installée à Genève, pas de recherche militaire, les résultats sont publics

- Missions:
  recherche: questions concernant l'Univers
  technologie: faire reculer les limites
  collaboration: rassembler les nations autour de la science
  éducation: formation des scientifiques

C. Cesarsky
J.B. Mattei

- Conseil du CERN (assisté du Conseil des initiatives scientifiques et du conseil des finances) : 2 délégués et 1 voix par état, décisions à la majorité simple.
Le directeur général (Rolf Heuer) est nommé pour 5 ans par le conseil.

Participants au CERN

- 20 états membres (votent au Conseil, contribuent au budget : accélérateurs, fonctionnement : 2400 personnes,~ 1 milliard d'Euros)

l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la Bulgarie, le Danemark, l'Espagne, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Italie, la Norvège, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède et la Suisse.

- observateurs (assistent aux réunions du Conseil)

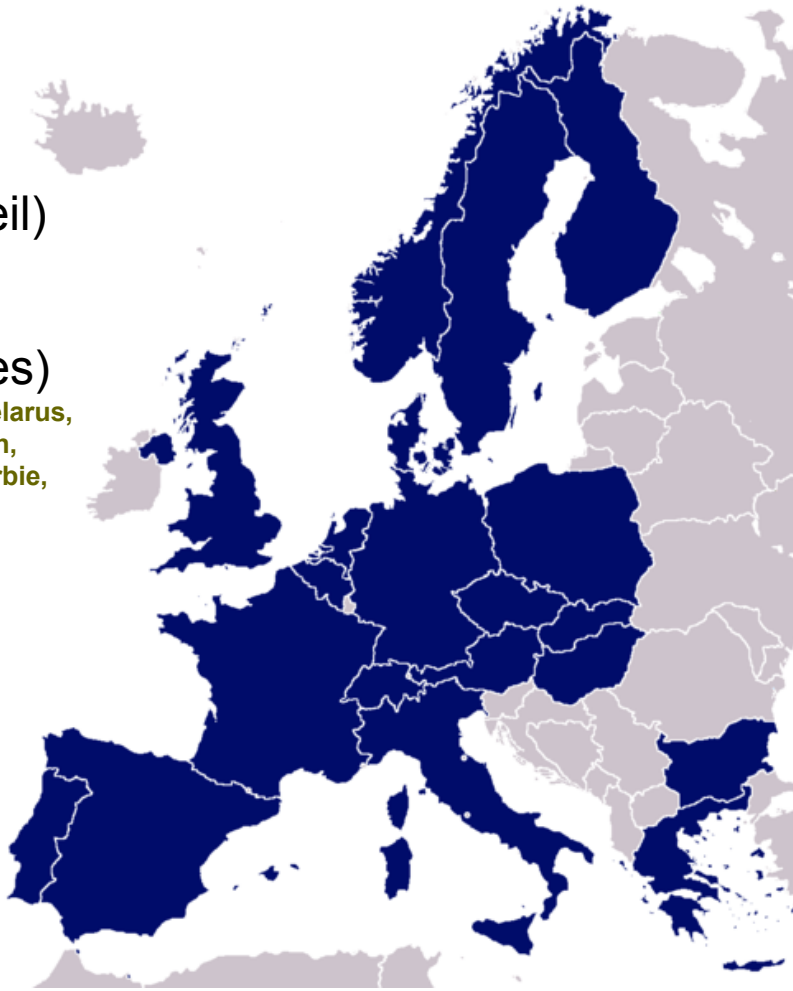
Commission européenne, l'Inde, Israël, le Japon, la Fédération de Russie, la Turquie, l'UNESCO et les États-Unis d'Amérique

- états non-membres (participent aux expériences)

l'Afrique du Sud, »l'Algérie, l'Argentine, l'Arménie, l'Australie, l'Azerbaïdjan, le Bélarus, le Brésil, le Canada, la Chine, Chypre, la Croatie, l'Estonie, la Géorgie, l'Inde, l'Iran, l'Irlande, l'Islande, le Maroc, le Mexique, le Pakistan, le Pérou, la Roumanie, la Serbie,

la Slovénie, la Corée du Sud, Taiwan et l'Ukraine

- les physiciens, ingénieurs, techniciens assurent la construction et l'exploitation des expériences (le CERN a une contribution minoritaire dans les expériences ~15-20%)



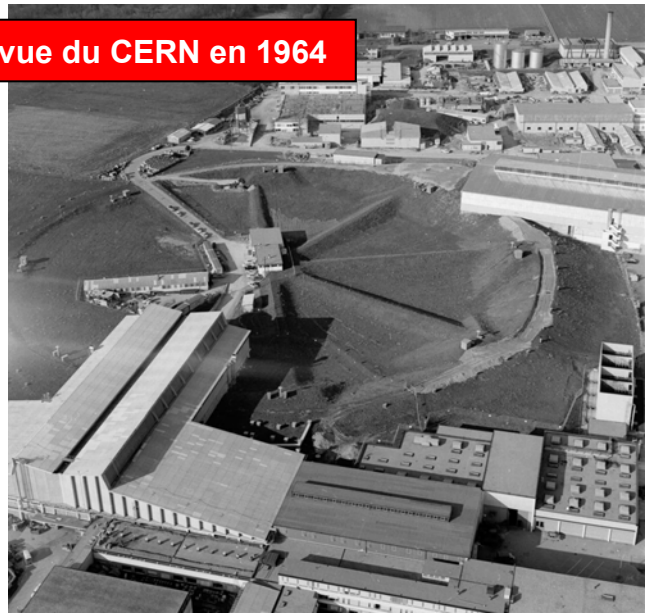
10 000 visiteurs
608 instituts, 113 nationalités

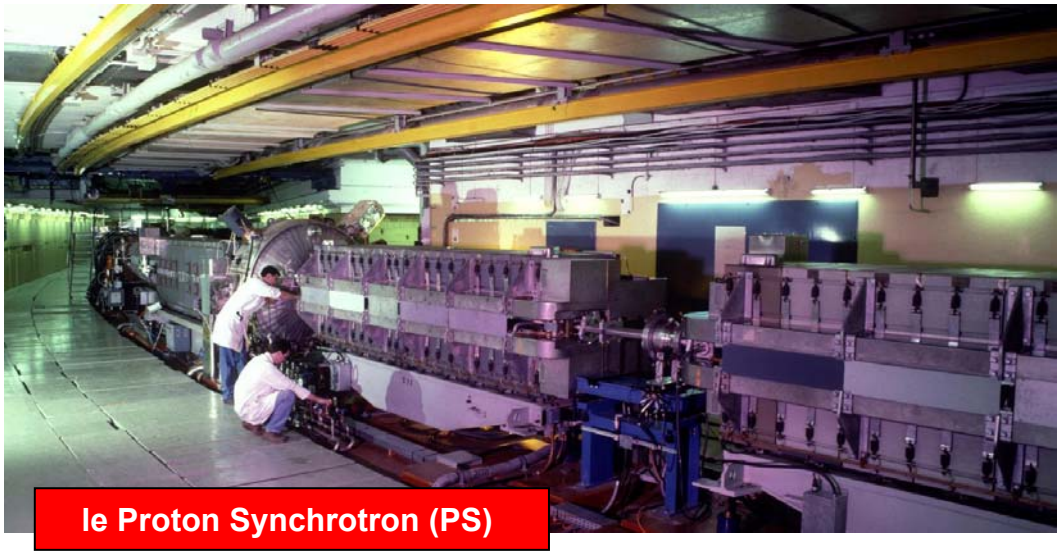
Les grandes dates du CERN

1954	création du CERN
1957	1er accélérateur (SC) à 0,0006 TeV fonctionne jusqu'en 1990
1959	démarrage du PS protons à 0,028 TeV

le synchrocyclotron (SC)

vue du CERN en 1964





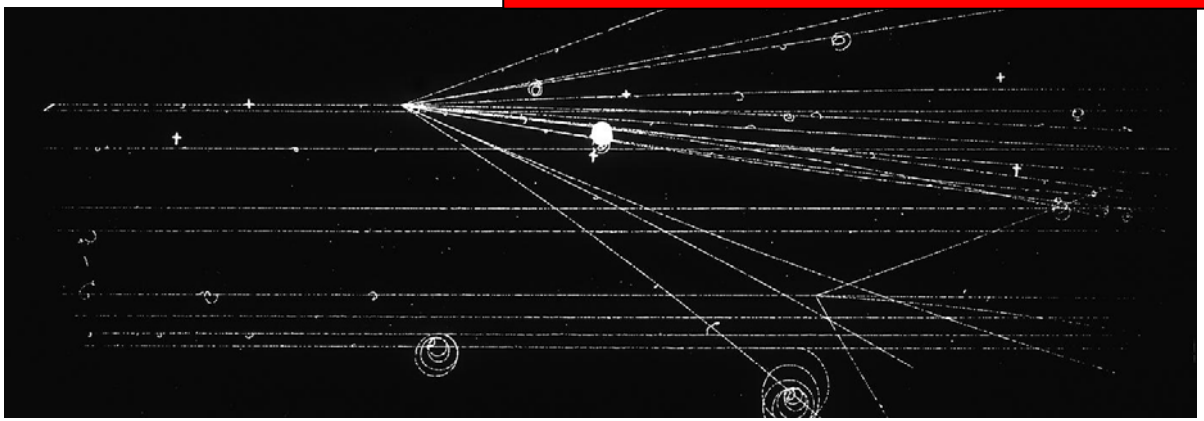
le Proton Synchrotron (PS)

Les grandes dates du CERN

1968

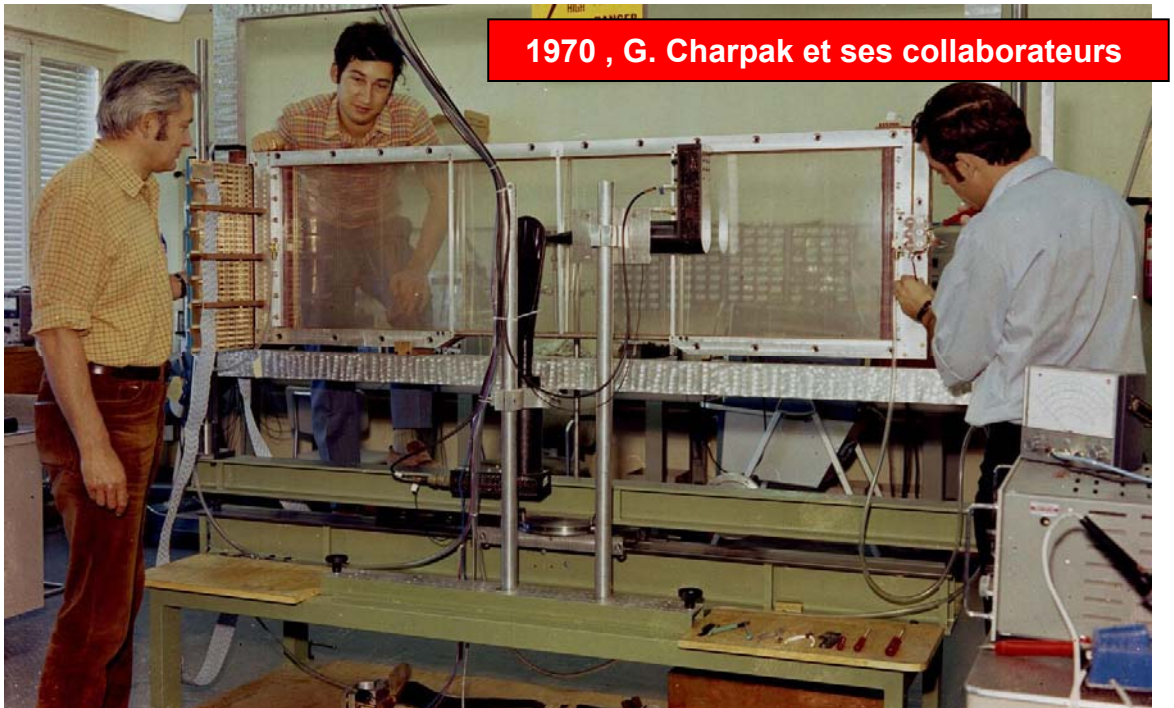
G. Charpak invente la chambre à fils.
1992: prix Nobel de physique.

1960 , interactions de protons du PS avec de l'hydrogène



1974 , mesure de photos

1970 , G. Charpak et ses collaborateurs



ère manuelle

ère électronique
(1000 fois plus vite)

Les grandes dates du CERN

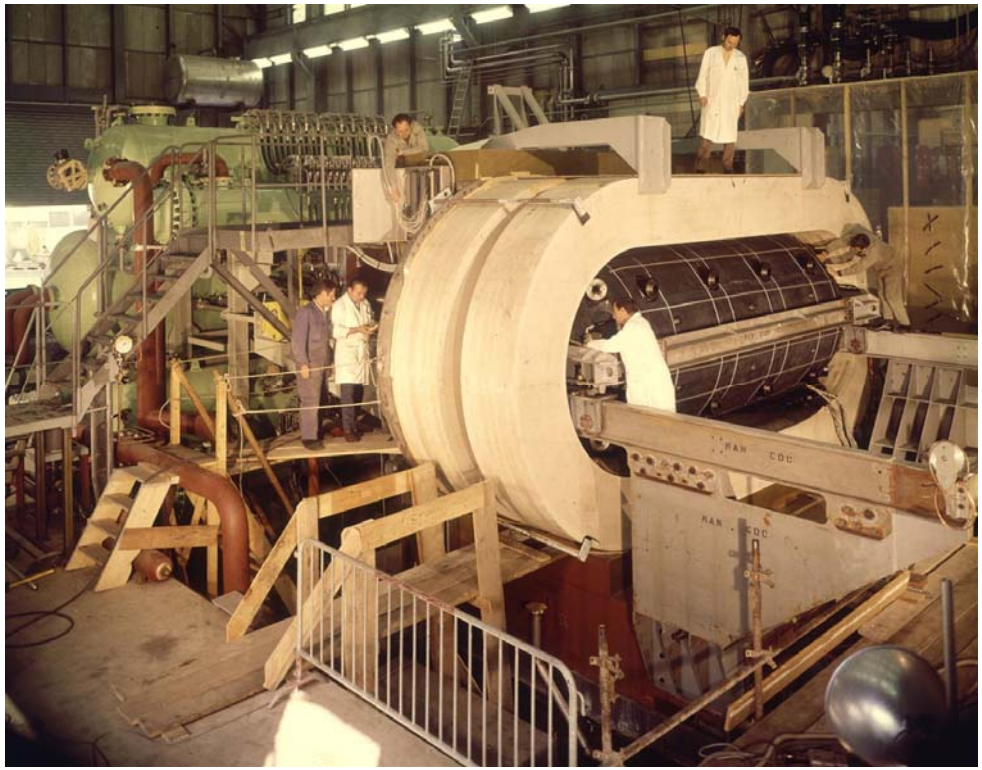
1971

ISR : premier collisionneur pp au monde.

1973

Découverte des “courants neutres” : unification de l’électromagnétisme et de la force faible.

A. Lagarrigue (1924-1975)



la chambre à bulles Gargamelle

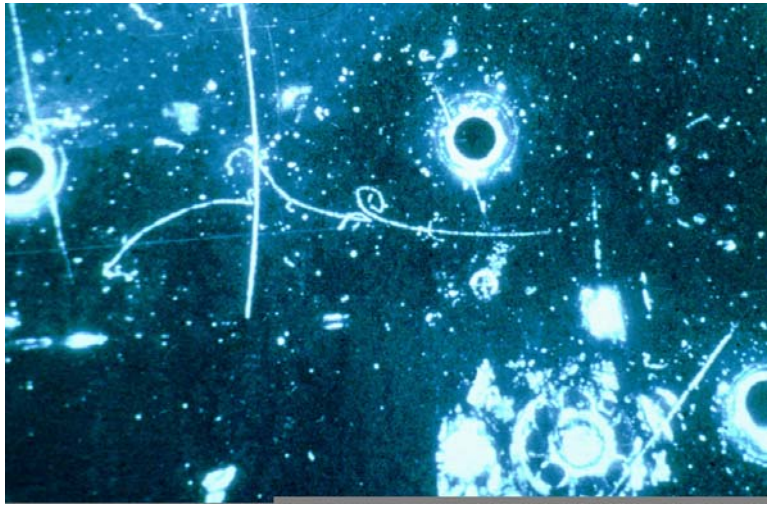
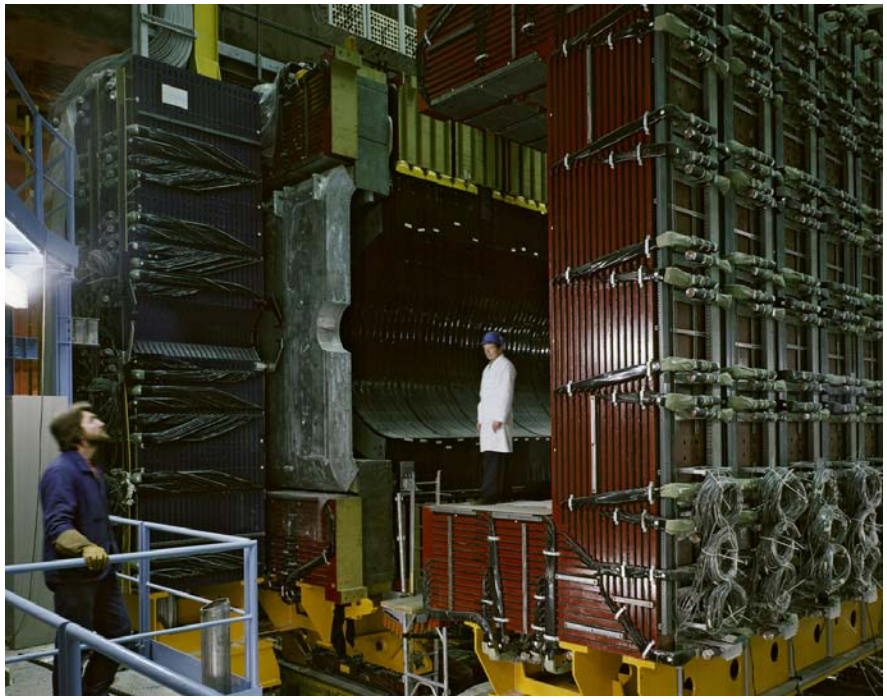


photo de la réaction $\overline{\nu}_\mu e \rightarrow \overline{\nu}_\mu e$

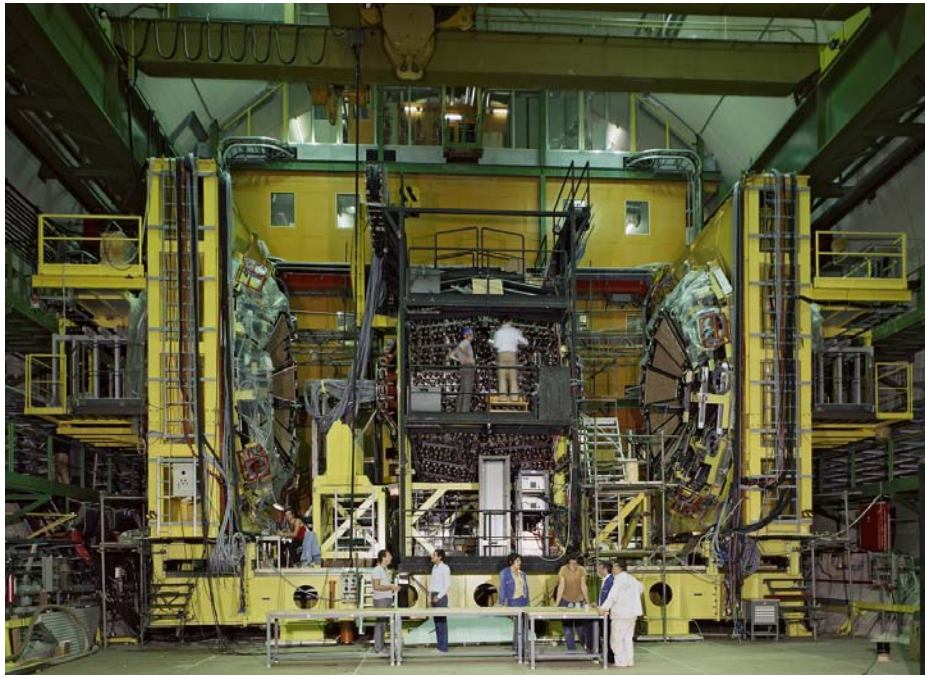
3 événements / 1 000 000 photos

Les grandes dates du CERN

1976	Le SPS: protons, 0,45 TeV, 7km de circonférence.
1983	Découverte des vecteurs de la force faible: $W^{\pm}$ et Z^0. Le SPS a été transformé en collisionneur $p\bar{p}$. 1985: prix Nobel de physique à C. Rubbia et S. Van der Meer.



UA1



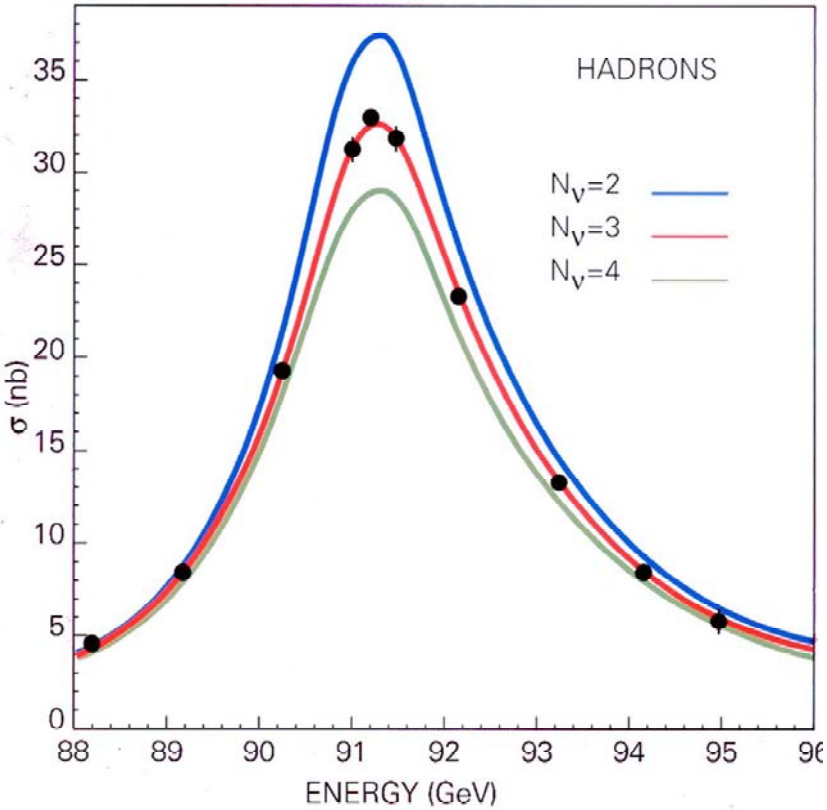
UA2

Les grandes dates du CERN

1989

Démarrage du LEP: collisionneur électron-positron, 0,050 TeV.
Creusement du tunnel de 27 km débuté en 1985.
4 expériences étudient pendant 7 ans les propriétés du Z^0.
De 1996 à novembre 2000 l'énergie du LEP est montée à 0,1 TeV
(étude détaillée de la force faible)

2001 : collaboration Delphi devant le détecteur

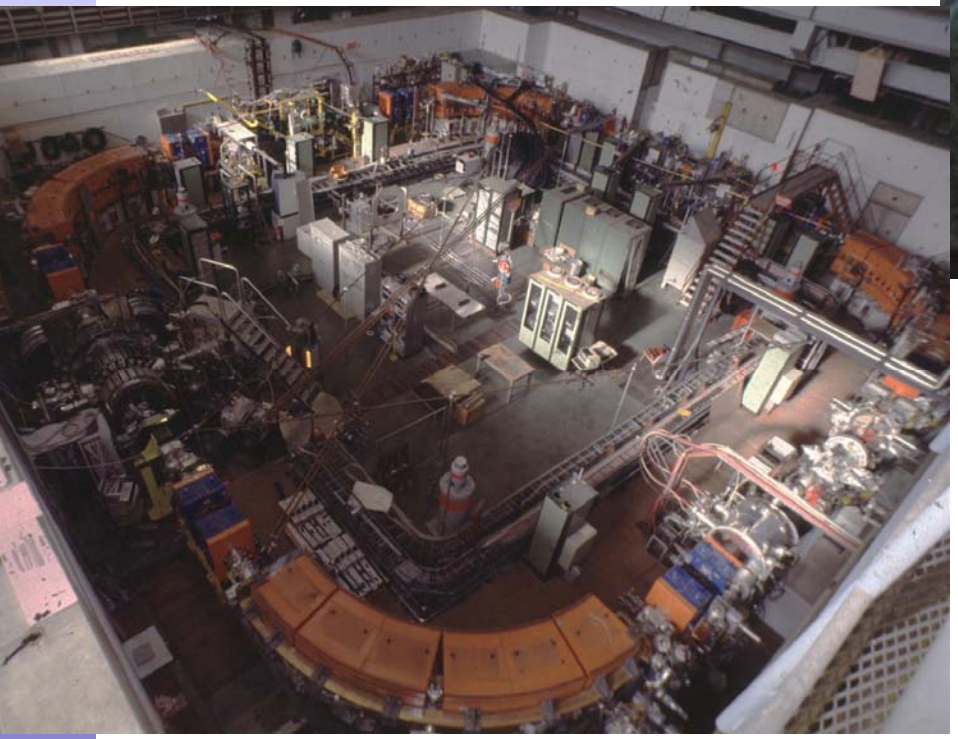


seulement 3 familles de quarks et de leptons

Les grandes dates du CERN

1990

invention du Web par T. Berners-Lee



L'anneau LEAR d'antiprotons à basse énergie

1995

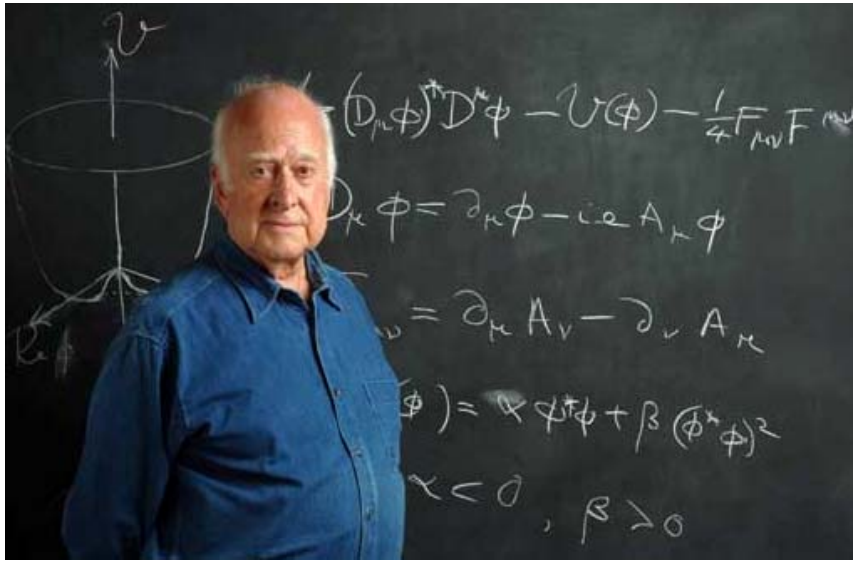
premiers atomes (9) d'anti-hydrogène

2002

des milliers d'atomes d'anti-hydrogène, froids

Pourquoi le LHC ? Raisons théoriques !

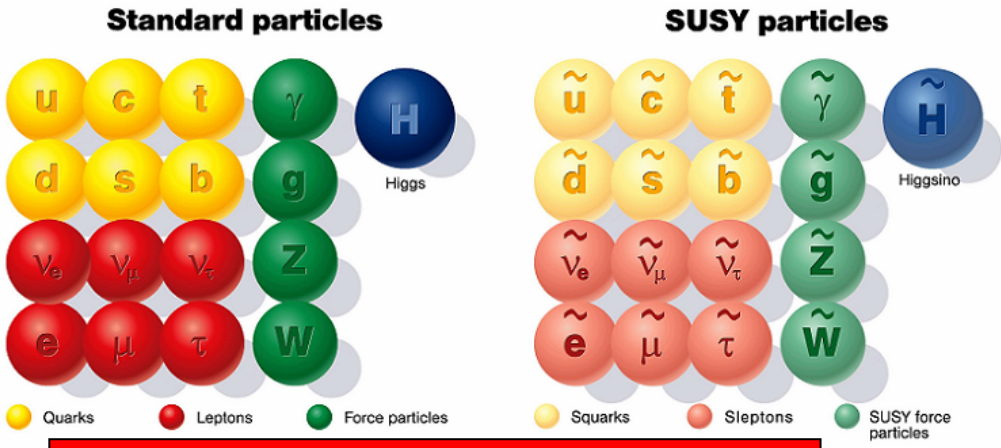
Mécanisme de Higgs permettant aux particules élémentaires d'avoir une masse.



Peter Higgs "devant" le mécanisme "de Higgs"

Au moins une nouvelle particule: le boson de Higgs

Certains calculs deviennent infinis à très haute énergie → nouvelles théories : supersymétrie, dimensions supplémentaires, ….



supersymétrie

matière noire?

le LHC (2008, ….)

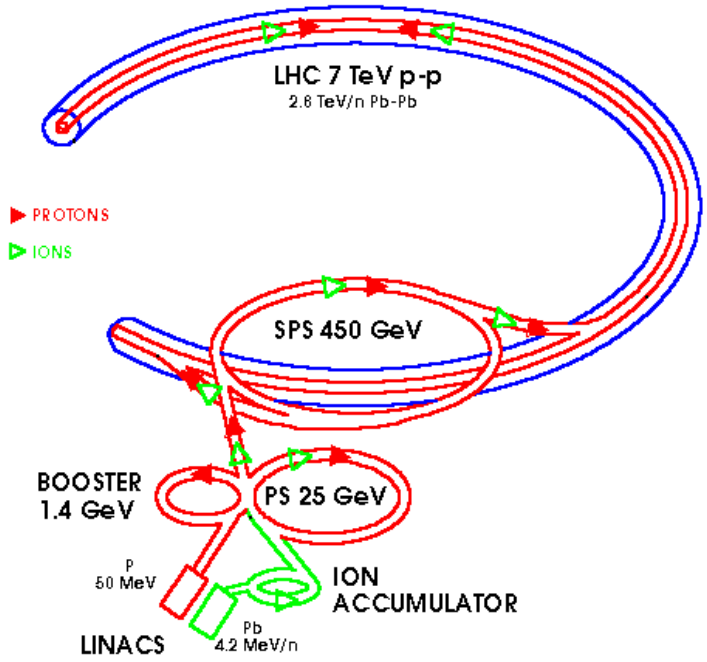
Construit dans le tunnel de 27 km initialement occupé par le LEP, 3 Milliards d'Euros.

Conçu dans les années 80, approuvé en 1994, sa construction débute en 1998.

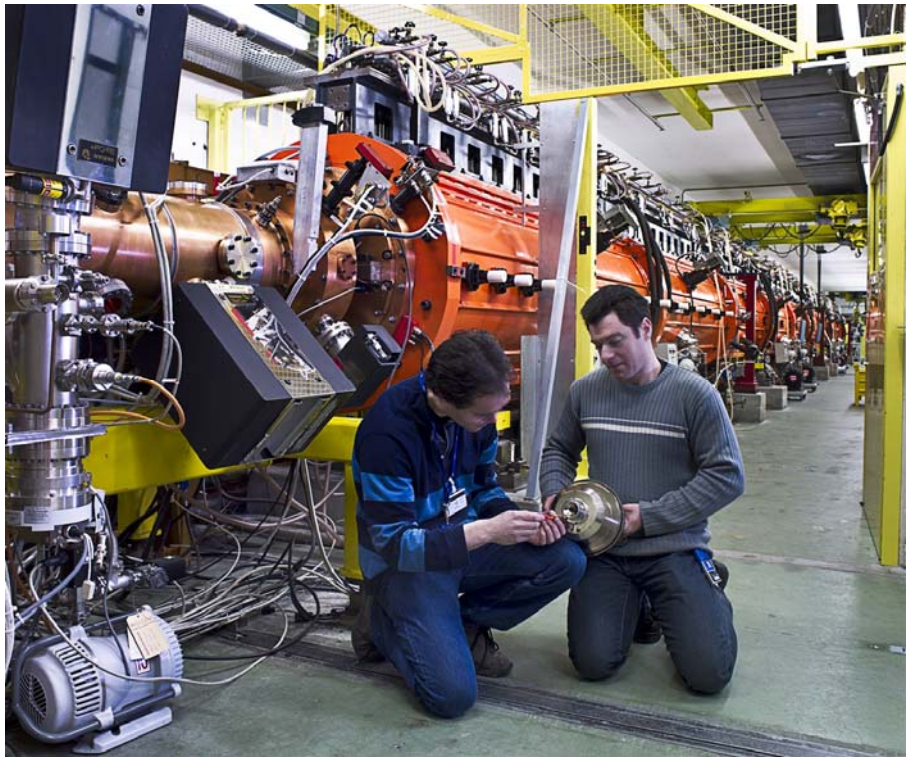
Collisionneur pp 7 TeV
Supraconducteur (-271,3°C)
(plus froid que le vide spatial)
Très intense (600 millions de collisions par seconde)

Consommation électrique: 120 MW (équivalente à celle d'une ville de 150 000 hab.)

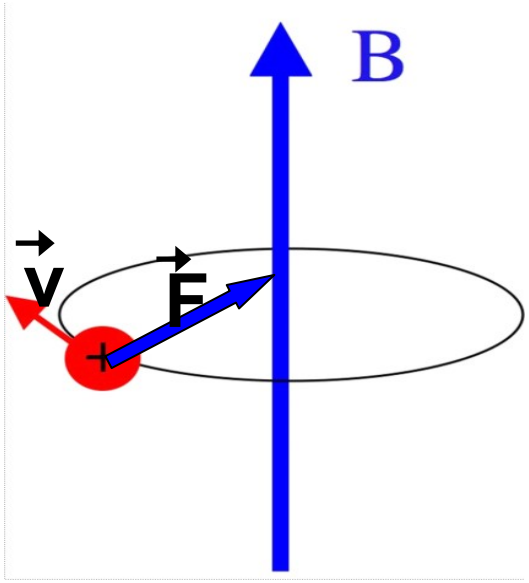
le LHC



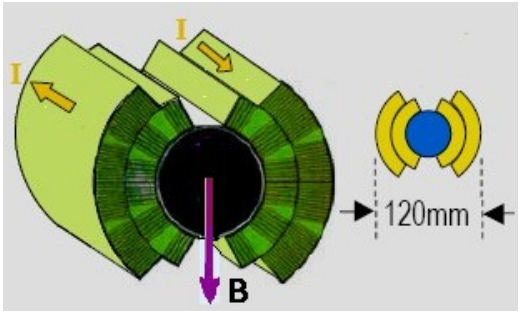
Les différents accélérateurs du CERN sont utilisés pour accélérer et injecter les protons dans le LHC.

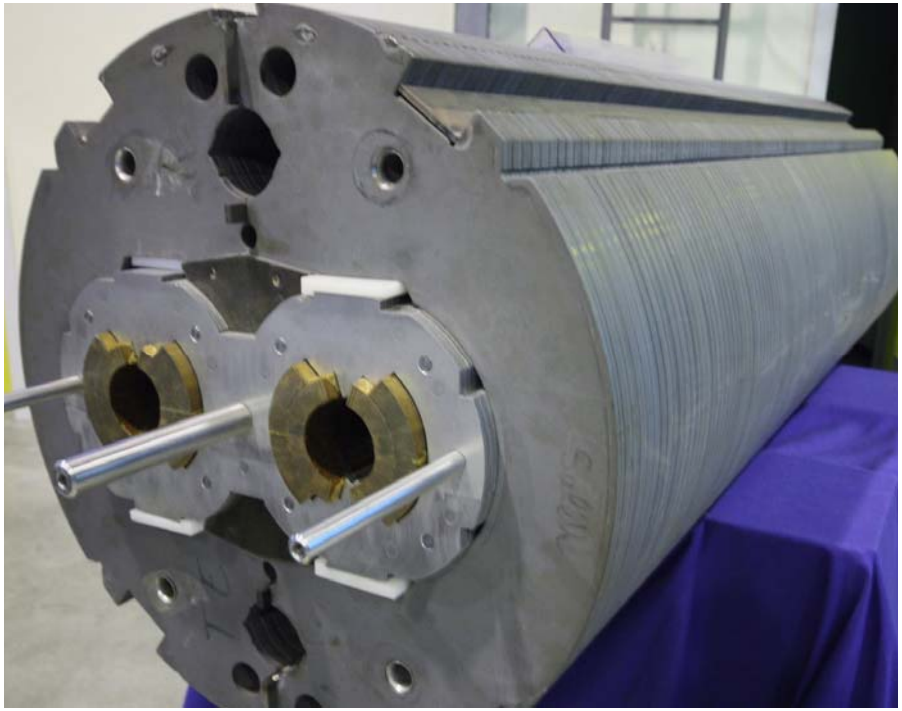


Effet d'un champ magnétique

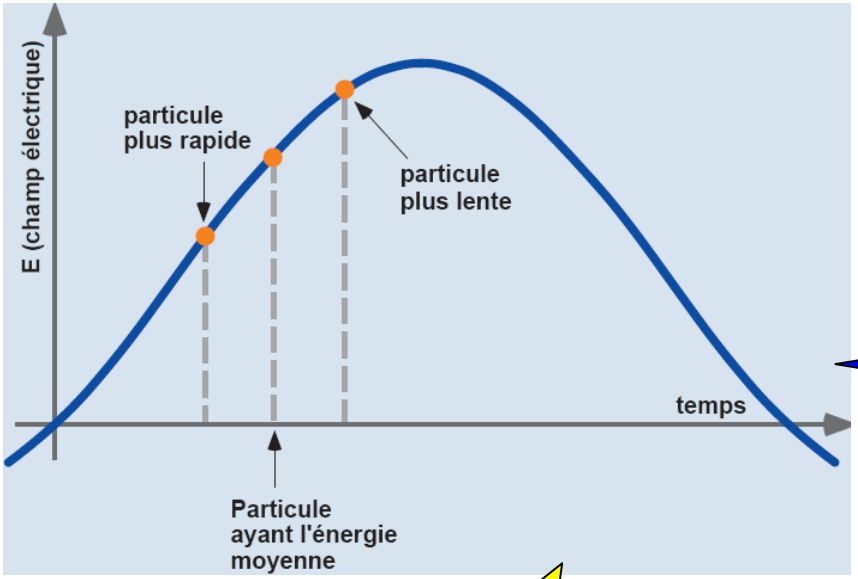


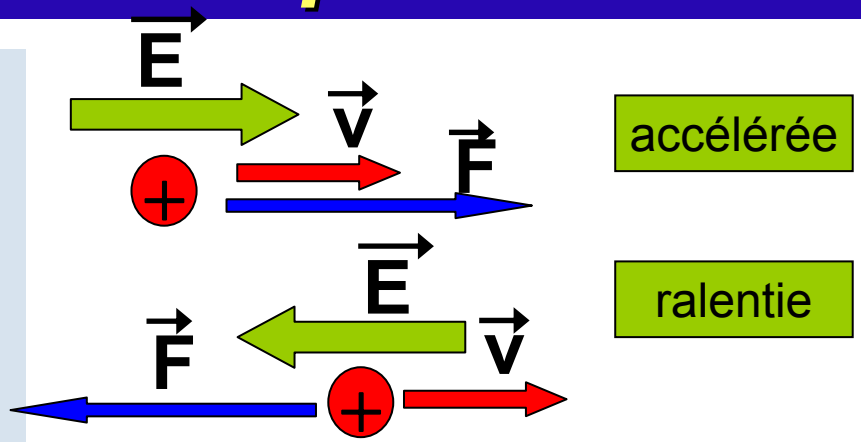
Les particules décrivent
des cercles.
Leur énergie reste constante

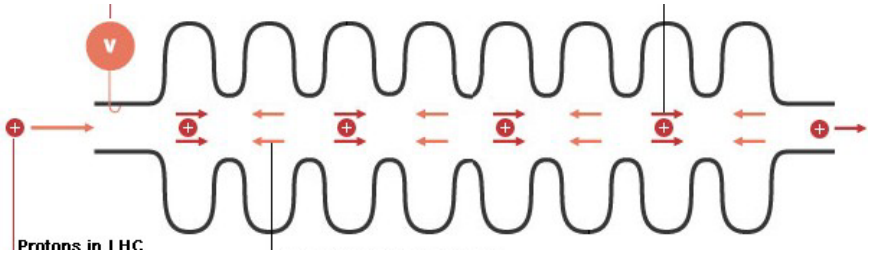




Effet d'un champ électrique





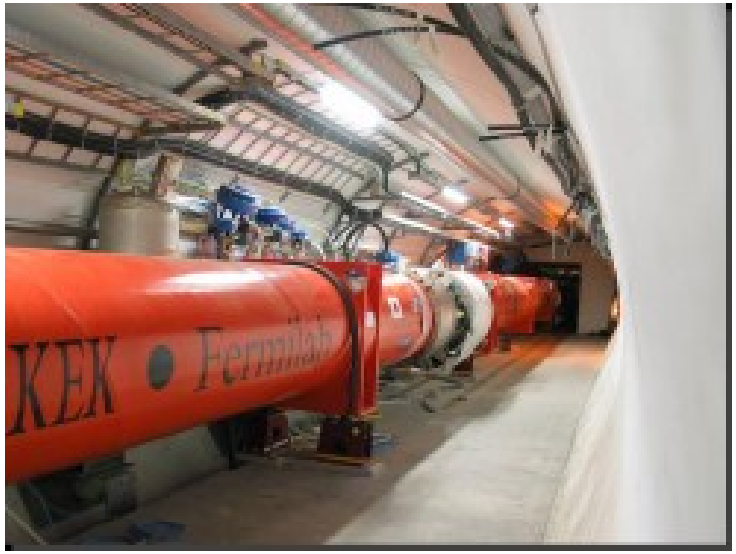


les particules
gagnent de l'énergie

par passage : 16 MeV
par seconde (~11000 passages)~0,18 TeV
~1 mn pour atteindre l'énergie nominale

le faisceau du LHC

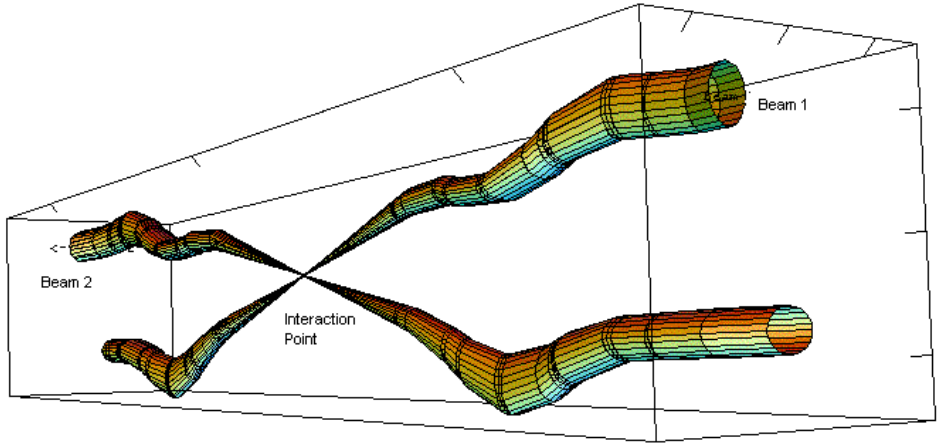
2800 paquets contenant chacun 100 milliards de protons.
Chaque paquet est séparé de ses voisins immédiats par au moins 7m.



aimants focalisant les faisceaux au voisinage des points de collision

paquets : quelques cm de long
transversalement ~ mm

taille transverse au point de collision (expériences) : 16 μm x 50 μm
~ diamètre d'un cheveu



Relative beam sizes around IP1 (Atlas) in collision

croisement des faisceaux à un point de collisions

Énergie d'une collision:
7 TeV + 7 TeV ~ 2 10^{-6} J
sur une surface infime 10^{-30}m^2
~10^{24} J/m^2 : considérable

Énergie totale d'un faisceau:
7 TeV x Np ~ 350 millions de Joules = 1 TGV à 150 km/h

le LHC en chiffres

- la plus grande machine du monde (9300 aimants, 10 000 t d'azote liquide, 120 t d'He en font le plus grand frigo de la planète).

- les protons effectuent 11245 tours de la machine par seconde.

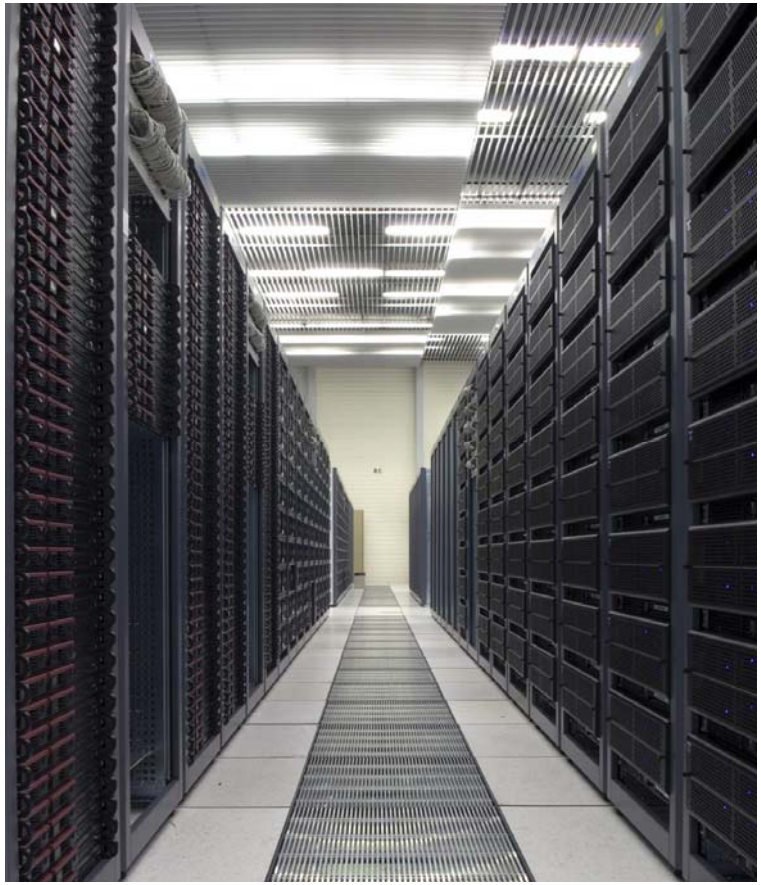
- vide très poussé à l'intérieur de la chambre à vide (10^{-13} atm), 1/10 de la pression sur la Lune.

ligne cryogénique avant la pose des aimants

chambre à vide du LHC (en coupe)

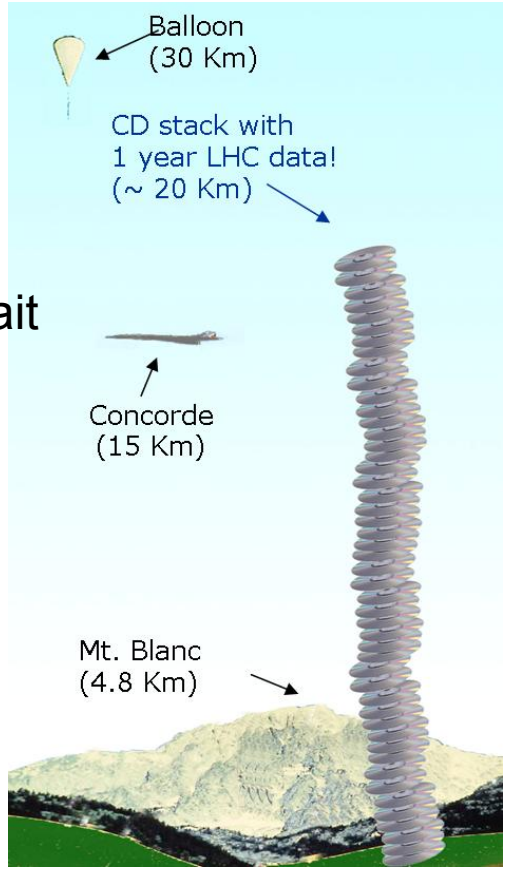
le LHC en chiffres

- Les points les plus chauds (100 000 fois la température interne du Soleil) dans un espace minuscule, lors des collisions, dans un anneau plus froid que le vide sidéral (-271,3°C)



“ferme” de PC au CERN (2006)

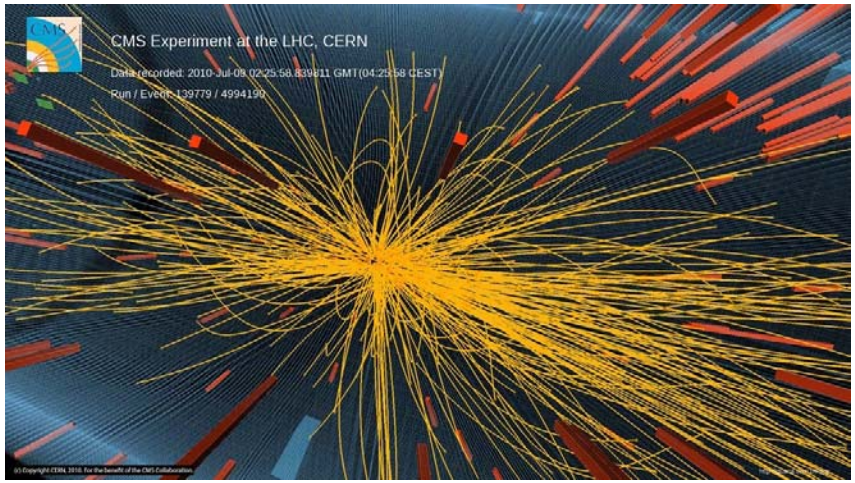
Par an, l’ensemble des données occuperait une colonne de CD de 20 km de hauteur.

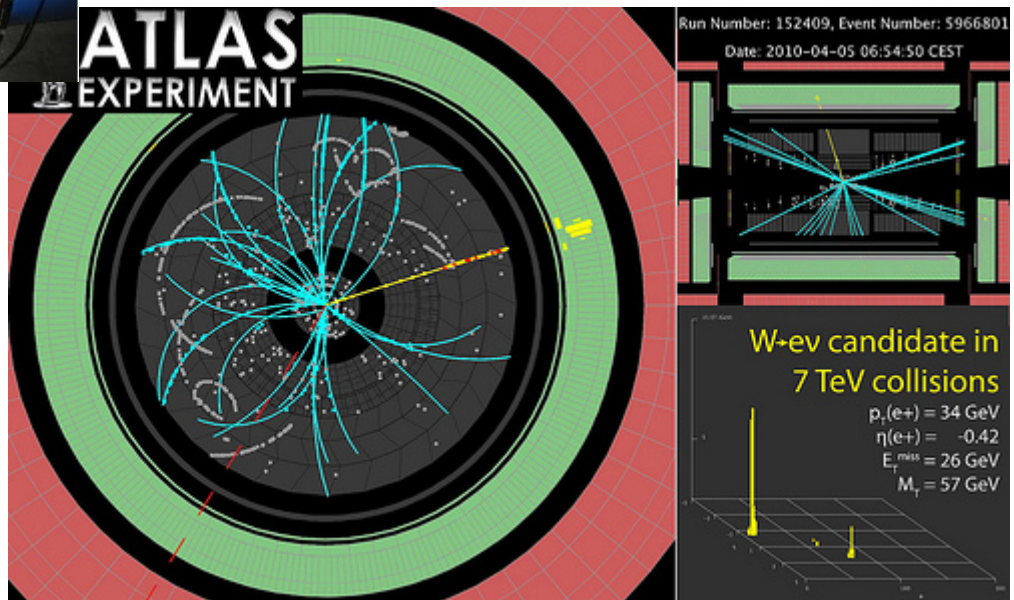


7000 physiciens vont analyser les données
LHC Computing Grid (LCG)

le LHC a dém-arrêt puis redémarré « cool »

-Démarre le 10 septembre 2008, accident le 19 septembre (connexion électrique), réparation (partielle), redémarrage fin novembre 2009 à la moitié de l'énergie nominale et plus faible intensité.





Fonctionnement jusqu'en fin 2011 (espoir de découverte du "Higgs" et de physique nouvelle) puis arrêt pour terminer les réparations.