

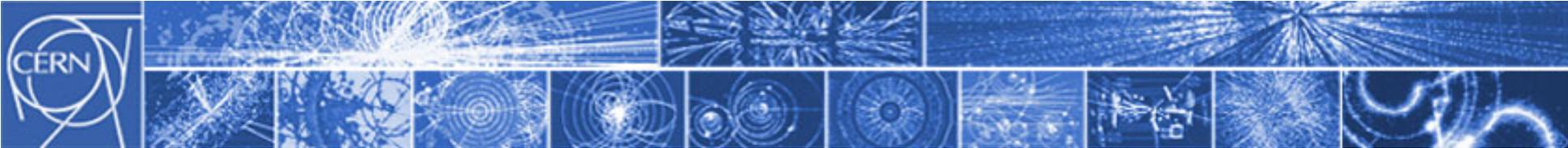


28 & 29 juin 2011  
Le rendez-vous des Geeks et des Boss  
Pour une informatique qui transforme nos sociétés

## Mystères de l'univers :

des réponses cachées dans des milliards de pétaoctets

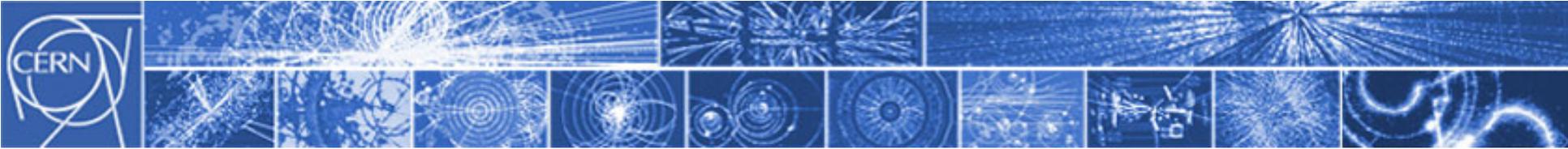
Wolfgang von Rüdén, CERN Genève  
Ancien Directeur du CERN openlab



# Wikipedia: International System of Units \*

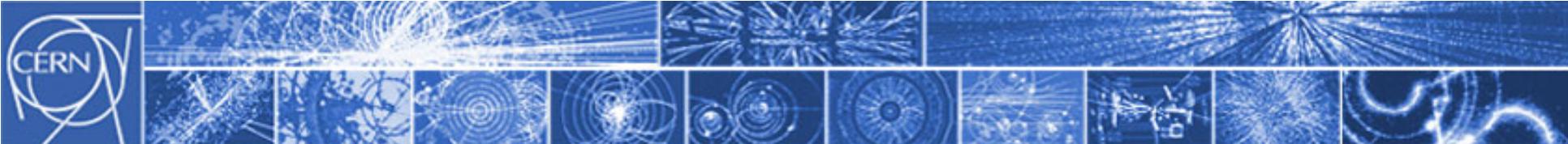
$1000^m$	$10^n$	Prefix	Symbol	Since	Short scale	Long scale	Decimal
$1000^8$	$10^{24}$	yotta	Y	1991	Septillion	Quadrillion	1000000000000000000000000
$1000^7$	$10^{21}$	zetta	Z	1991	Sextillion	Trilliard	100000000000000000000000
$1000^6$	$10^{18}$	exa	E	1975	Quintillion	Trillion	10000000000000000000000
$1000^5$	$10^{15}$	peta	P	1975	Quadrillion	Billiard	1000000000000000000000
$1000^4$	$10^{12}$	tera	T	1960	Trillion	Billion	1000000000000
$1000^3$	$10^9$	giga	G	1960	Billion	Milliard	1000000000
$1000^2$	$10^6$	mega	M	1960	Million		1 000 000
$1000^1$	$10^3$	kilo	k	1795	Thousand		1000
$1000^0$	$10^0$	(none)	(none)	NA	One		1

\* <http://en.wikipedia.org/wiki/Yotta->



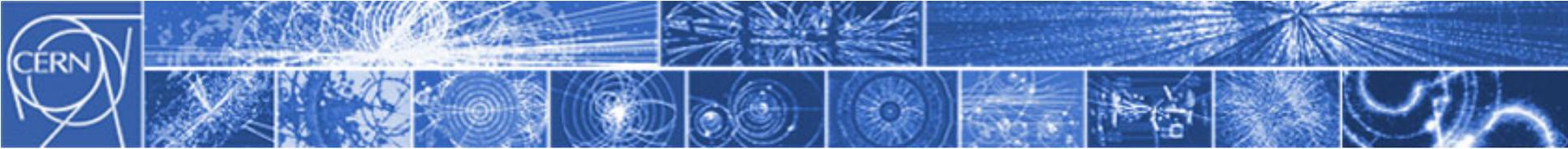
# Les thèmes

- Le LHC en 10 minutes (vidéo)
- Pourquoi ? – La motivation scientifique
- Qui ? – Le CERN et la communauté des physiciens de particules
- Comment ? – Nos outils de recherche
- Essentiel: le traitement des données
- Les premiers résultats



# Le LHC en 10 minutes





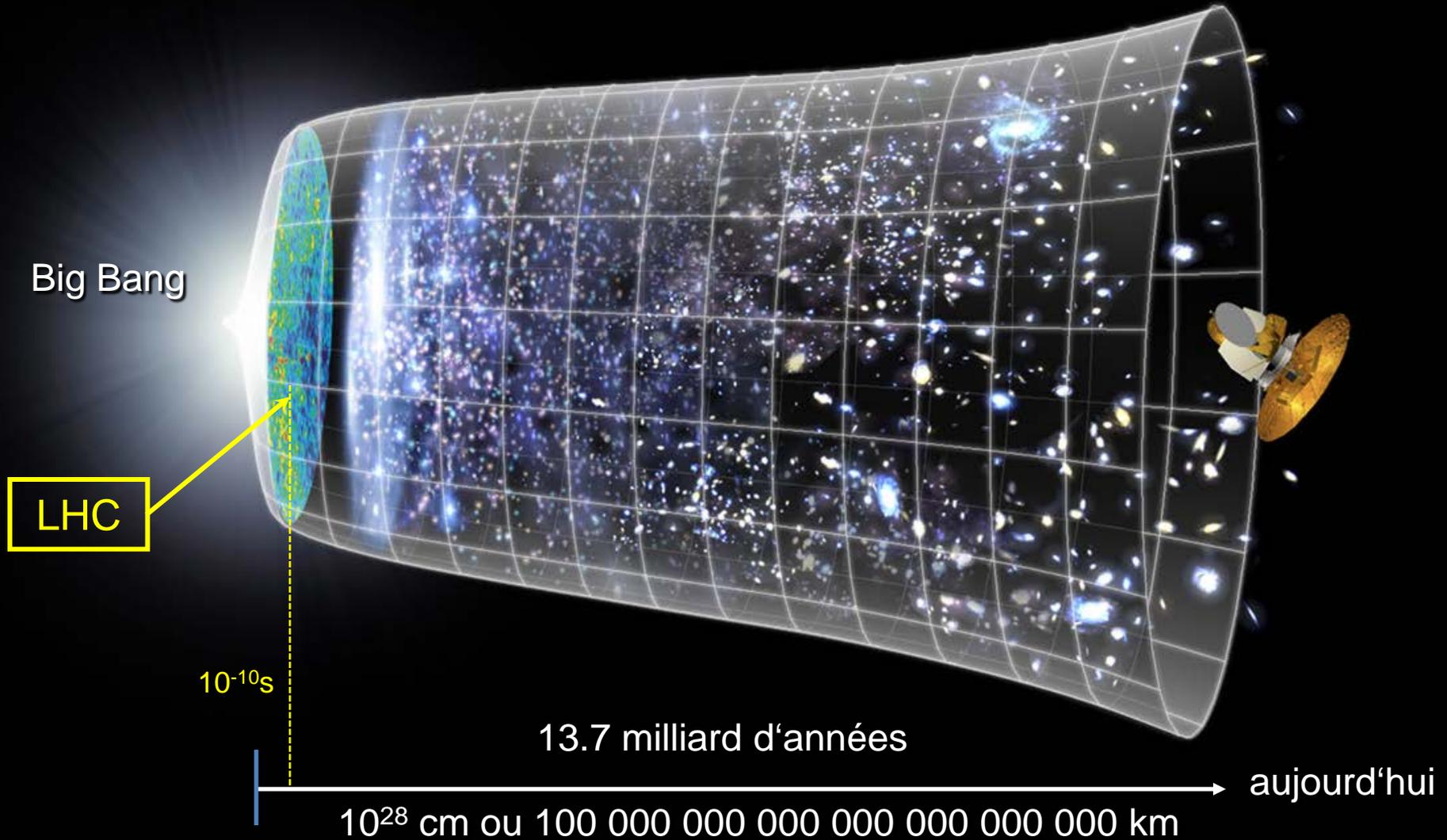
- Le LHC en 10 minutes (vidéo)
- **Pourquoi ? – La motivation scientifique**
- Qui ? – Le CERN et la communauté des physiciens de particules
- Comment ? – Nos outils de recherche
- Essentiel: le traitement des données
- Les premiers résultats



Notre univers a des dimensions  
gigantesques et il continue à  
s'étendre de plus en plus vite  
tout en se refroidissant ...

... depuis environ 13.7 milliards  
d'années

# Evolution de l'Univers



# History of the Universe

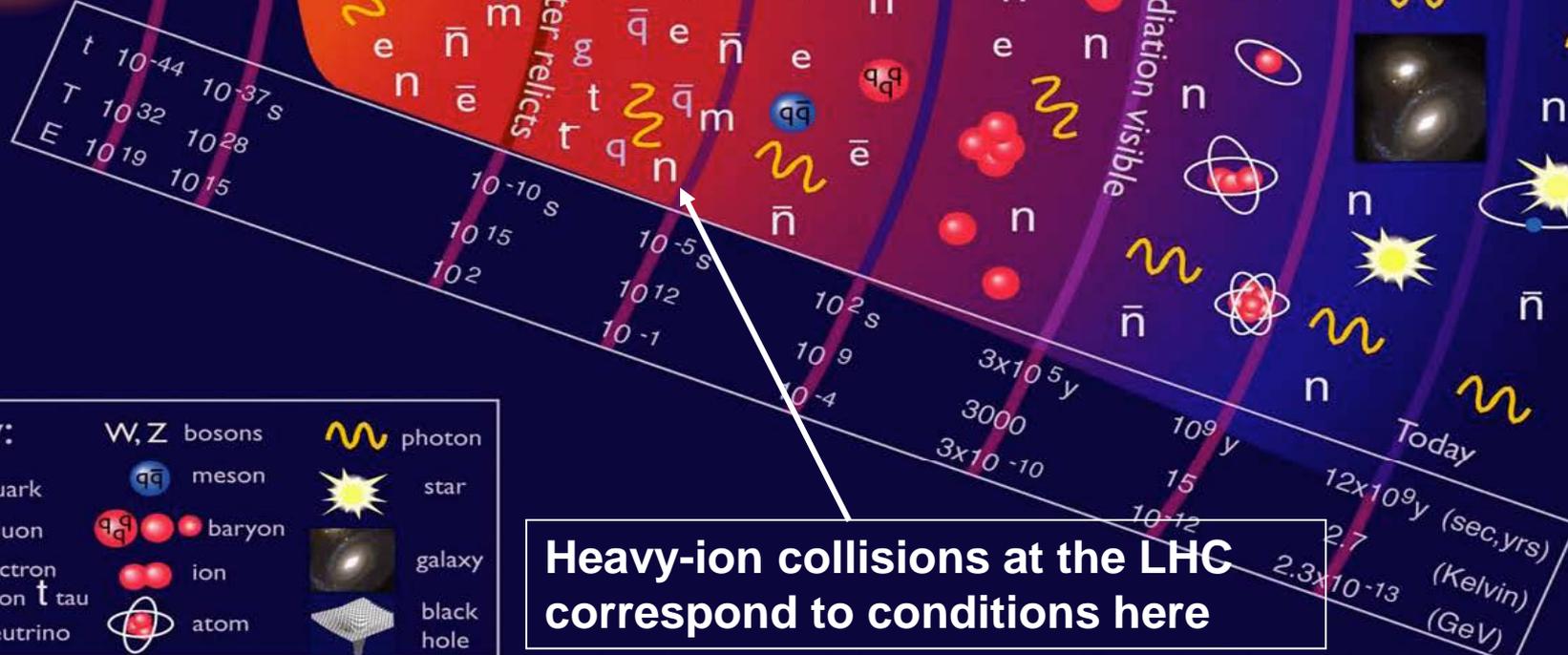
proton-proton collisions at the LHC correspond to conditions here

BIG BANG

Inflation

possible dark matter relicts

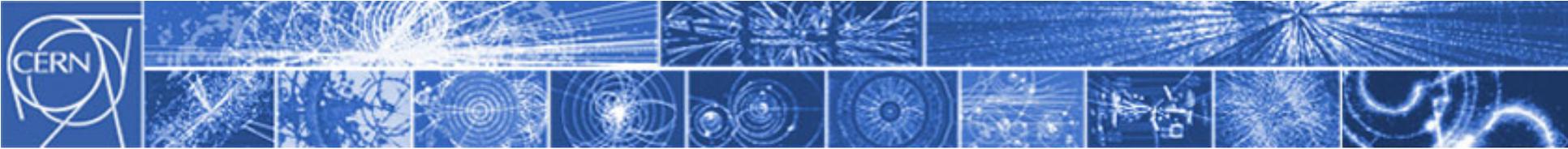
cosmic microwave radiation visible



**Key:**

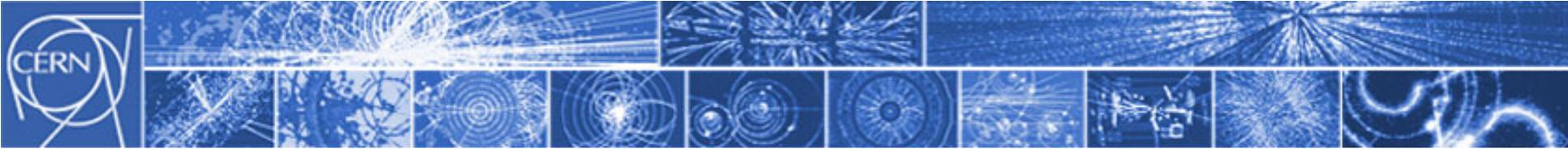
- W, Z bosons
- q quark
- g gluon
- e electron
- m muon
- t tau
- $\bar{n}$  neutrino
- meson
- baryon
- ion
- atom
- photon
- star
- galaxy
- black hole

Heavy-ion collisions at the LHC correspond to conditions here



# Malgré un excellent « modèle standard », ils restent des mystères ...

- D'où vient la masse des particules ?
  - Newton n'a pas su l'expliquer – et nous non plus ...
- De quoi sont fait 96% de l'Univers ?
  - Nous n'en connaissons que 4% !
- Pourquoi n'y a-t-il pas d'antimatière dans l'Univers ?
  - La nature devrait être symétrique
- Quel était l'état de la matière juste après le « big bang » ?
  - Un voyage vers le début de l'Univers nous éclairera un peu plus



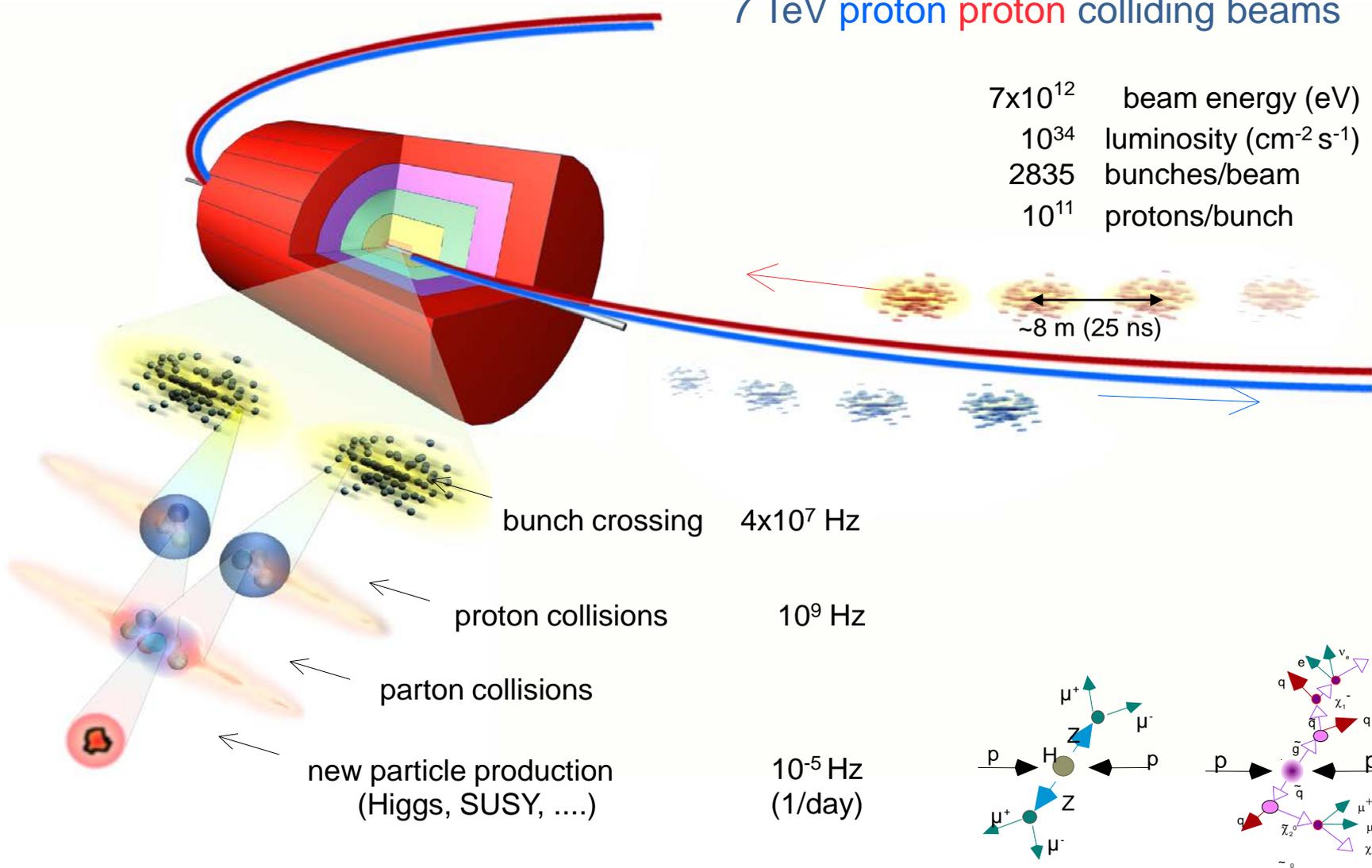
## L'approche :

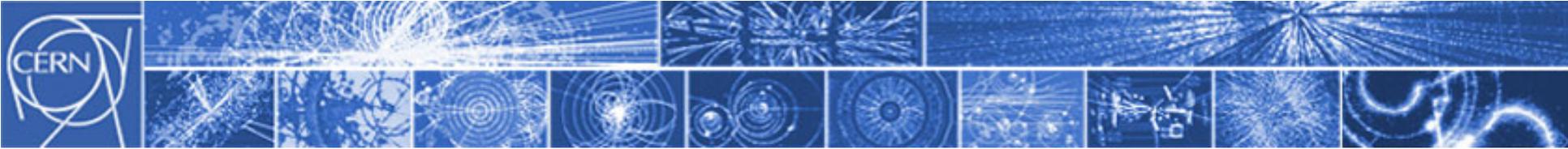
- Créer en laboratoire des milliards de minuscules « big bang » à l'aide d'un énorme accélérateur de particules (LHC)
- Convertir l'énergie des protons accélérés en matière ( $E=mc^2$ )
- Observer les résultats
- Comparer avec les théories
  
- ... et gagner un prix Nobel

# Le défi: Choisir 1 événement parmi 10,000,000,000,000

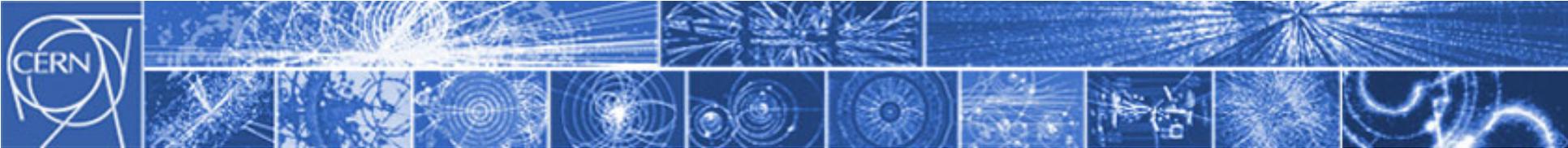
## 7 TeV proton proton colliding beams

$7 \times 10^{12}$  beam energy (eV)  
 $10^{34}$  luminosity ( $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )  
 2835 bunches/beam  
 $10^{11}$  protons/bunch





- Le LHC en 10 minutes (vidéo)
- Pourquoi ? – La motivation scientifique
- **Qui ? – Le CERN et la communauté des physiciens de particules**
- Comment ? – Nos outils de recherche
- Essentiel: le traitement des données
- Les premiers résultats



# Le CERN – c'est 57 ans ...

- de recherche fondamentale et découvertes
- d'innovation technologique
- de formation et d'éducation
- de rapprochement des peuples



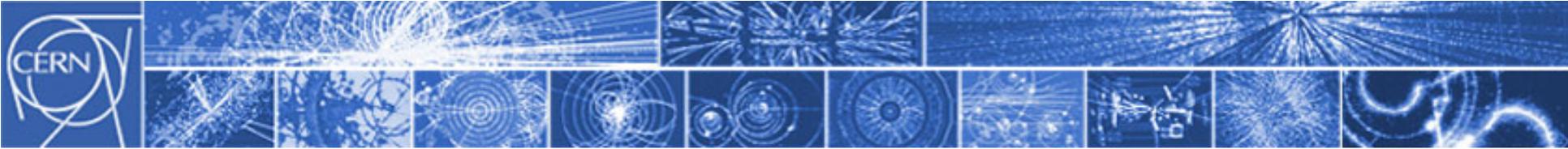
**1954 Reconstruire l'Europe**  
Première réunion du  
Conseil du CERN



**1980 l'Est rencontre l'Ouest**  
Visite d'une délégation de Pékin



**2008 Une collaboration globale**  
Le LHC implique plus de 100 nations



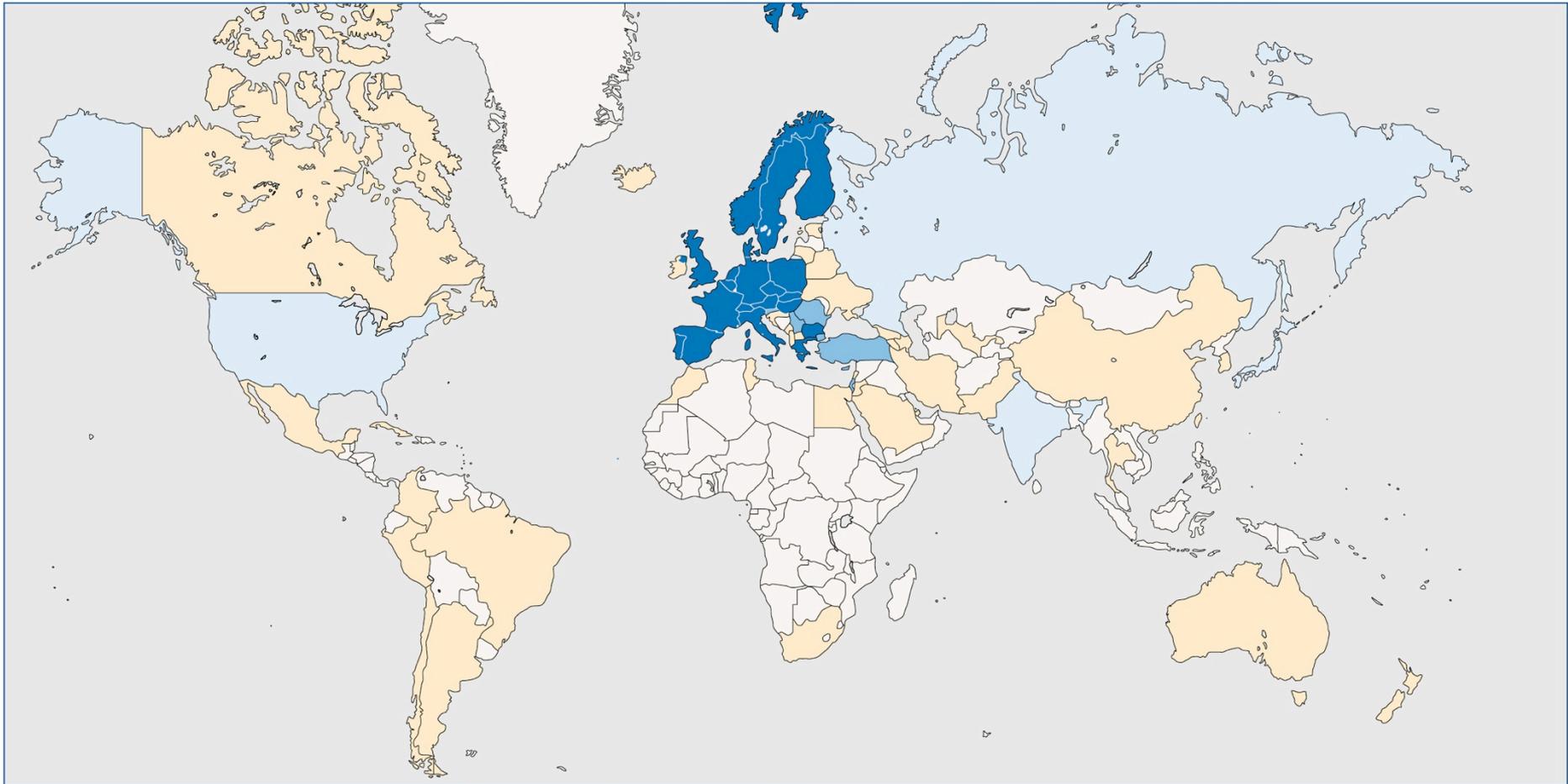
## La Gouvernance du CERN

Derniers développements:

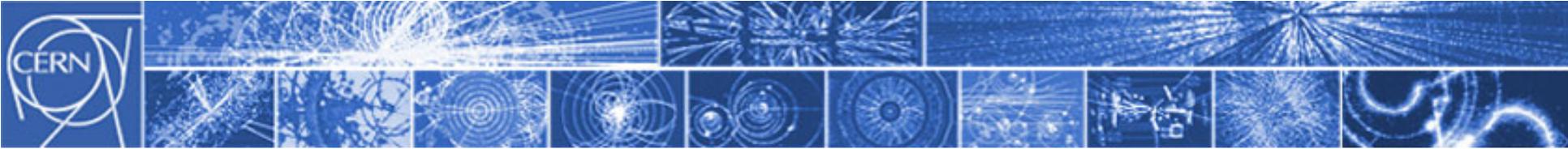
Le Conseil du CERN a décidé en juin 2010 d'étendre la possibilité de devenir membre au delà des limites de l'Europe

Juin 2011:  
Acceptation des candidatures de 5 pays

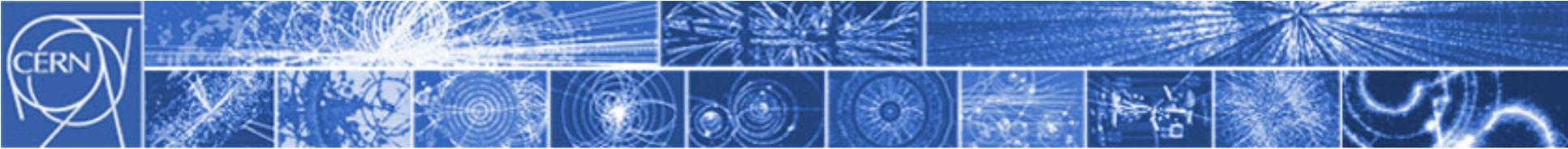
# Distribution of all CERN Users by Nation of Institute on 6 January 2011



Member states			6361	Prospective Members	Observer states 2935	Other states			828
Austria . . . . . 79	Hungary . . . . . 55	Switzerland . . . . . 351	Candidate for Accession	India . . . . . 91	Albania . . . . . 2	China . . . . . 84	Iceland . . . . . 3	Morocco . . . . . 5	South Africa . . . . . 11
Belgium . . . . . 130	Italy . . . . . 1428	United Kingdom . . . . . 701	Romania	Israel . . . . . 60	Argentina . . . . . 11	China (Taipei) . . . . . 50	Iran . . . . . 17	New Zealand . . . . . 8	Thailand . . . . . 1
Bulgaria . . . . . 47	Netherlands . . . . . 171		Membership applicants	Japan . . . . . 204	Armenia . . . . . 12	Colombia . . . . . 9	Ireland . . . . . 14	Pakistan . . . . . 16	The F.Y.R.O.M . . . . . 2
Czech Republic . . . . . 187	Norway . . . . . 82		Cyprus, Israel, Serbia,	Russian Federation . . . . . 829	Australia . . . . . 19	Croatia . . . . . 16	Korea (Rep of) . . . . . 74	Peru . . . . . 2	Tunisia . . . . . 1
Denmark . . . . . 73	Poland . . . . . 193		Slovenia, Turkey	Turkey . . . . . 67	Azerbaijan . . . . . 1	Cuba . . . . . 4	Lebanon . . . . . 1	Qatar . . . . . 1	Ukraine . . . . . 18
Finland . . . . . 84	Portugal . . . . . 134			USA . . . . . 1684	Belarus . . . . . 20	Cyprus . . . . . 8	Lithuania . . . . . 12	Romania . . . . . 62	Uzbekistan . . . . . 1
France . . . . . 854	Slovak Republic . . . . . 61				Brazil . . . . . 79	Egypt . . . . . 5	Malta . . . . . 1	Saudi Arabia . . . . . 2	
Germany . . . . . 1221	Spain . . . . . 329				Canada . . . . . 150	Estonia . . . . . 11	Mexico . . . . . 32	Serbia . . . . . 22	
Greece . . . . . 109	Sweden . . . . . 72				Chile . . . . . 3	Georgia . . . . . 8	Montenegro . . . . . 1	Slovenia . . . . . 29	



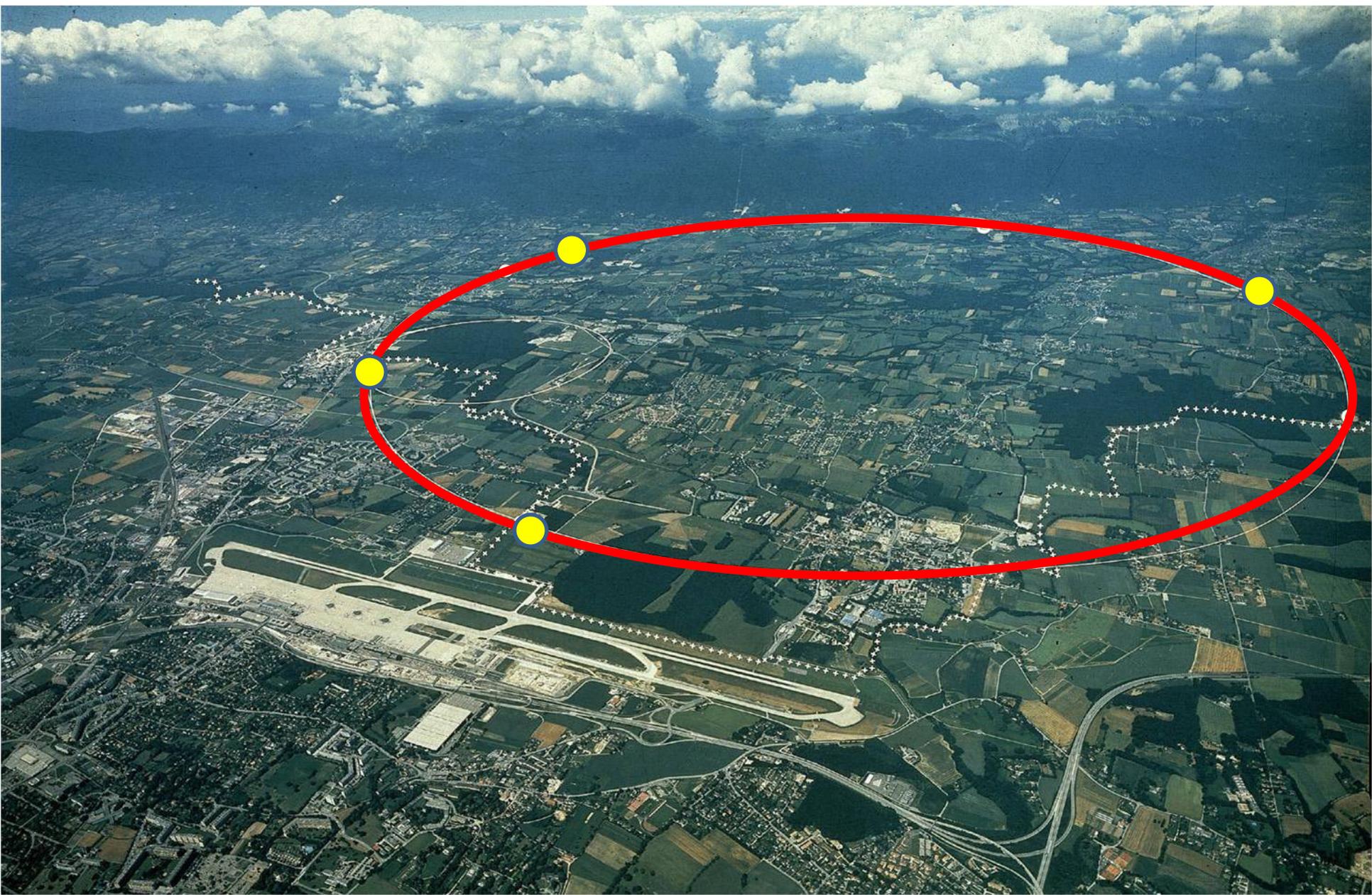
- Le LHC en 10 minutes (vidéo)
- Pourquoi ? – La motivation scientifique
- Qui ? – Le CERN et la communauté des physiciens de particules
- **Comment ? – Nos outils de recherche**
- Essentiel: le traitement des données
- Les premiers résultats



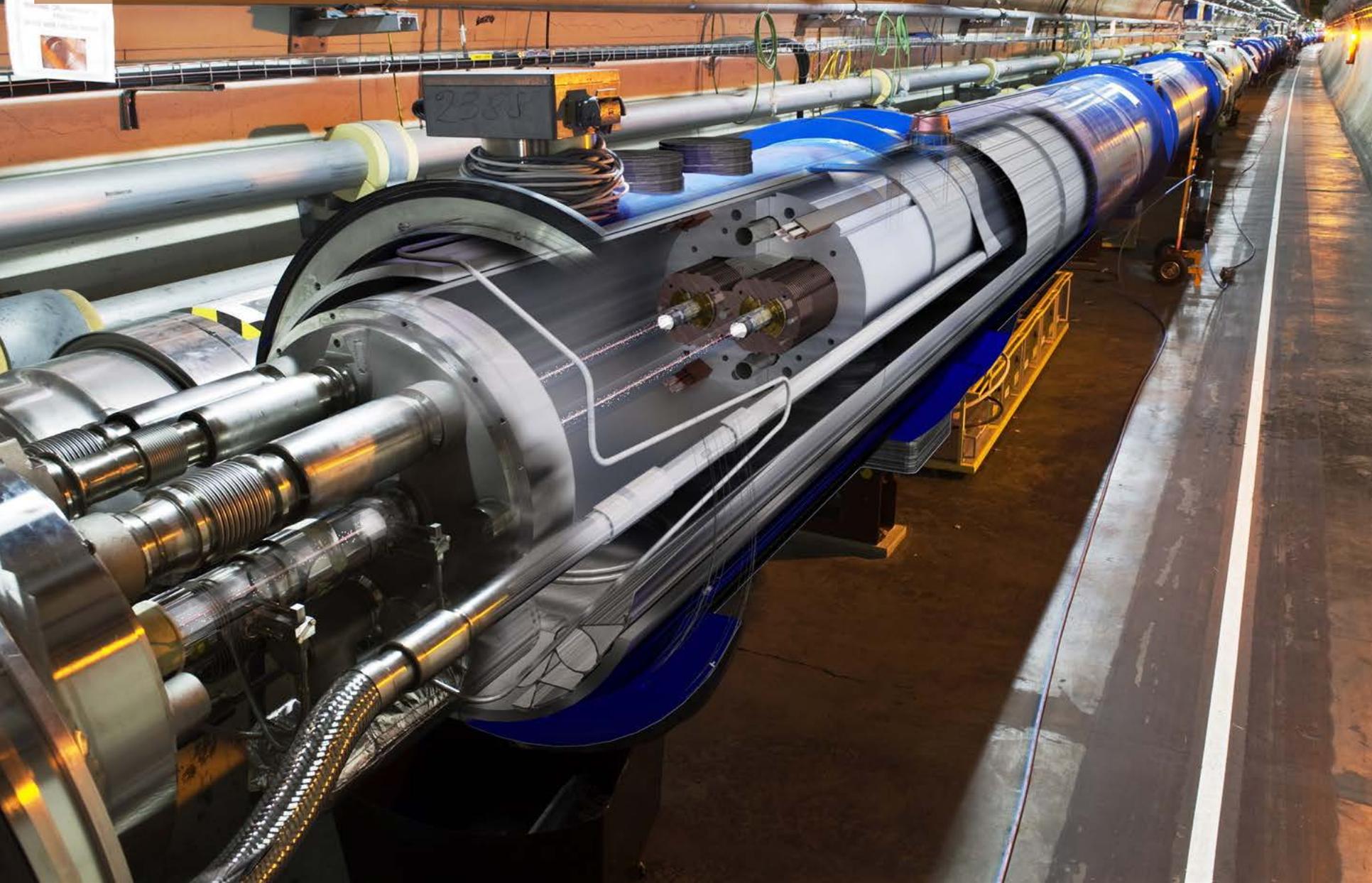
## Les outils:

- Un **accélérateur** ultra puissant: le LHC
  - Un tunnel de 27 km, un vide extrême
  - Des milliers d'aimants supraconducteurs
  - Une énergie et une luminosité jamais atteintes
- Des **détecteurs** énormes et sophistiqués
  - Quatre expériences de la taille d'une cathédrale
  - Des centaines de millions de canaux de mesure
  - Une acquisition de données traitant des pétaoctets par seconde
- Des systèmes **informatiques** en rapport
  - ~130 centres de calcul configurés en « grille »
  - Une puissance de calcul et une capacité de stockage capable de traiter 15 pétaoctets par années, analysées par des milliers de physiciens

# Le LHC entre l'aéroport et le Jura



# Dans le tunnel du LHC



28-Jun-2011 14:02:50

Fill #: 1901

Energy: 3500 GeV

I(B1): 1.32e+14

I(B2): 1.29e+14

	ATLAS	ALICE	CMS	LHCb
Experiment Status	PHYSICS	PHYSICS	PHYSICS	PHYSICS
Instantaneous Lumi (ub.s) <sup>-1</sup>	761.330	1.923	735.574	301.523
BRAN Luminosity (ub.s) <sup>-1</sup>	765.587	2.383	0.000	199.045
Fill Luminosity (nb) <sup>-1</sup>	40975.4	99.8	40007.0	12419.5
BKGD 1	0.057	0.686	4.533	0.798
BKGD 2	12.607	2.760	0.002	0.132
BKGD 3	8.057	2.699	5.366	1.144

LHCb VELO Position

IN

Gap: -0.0 mm

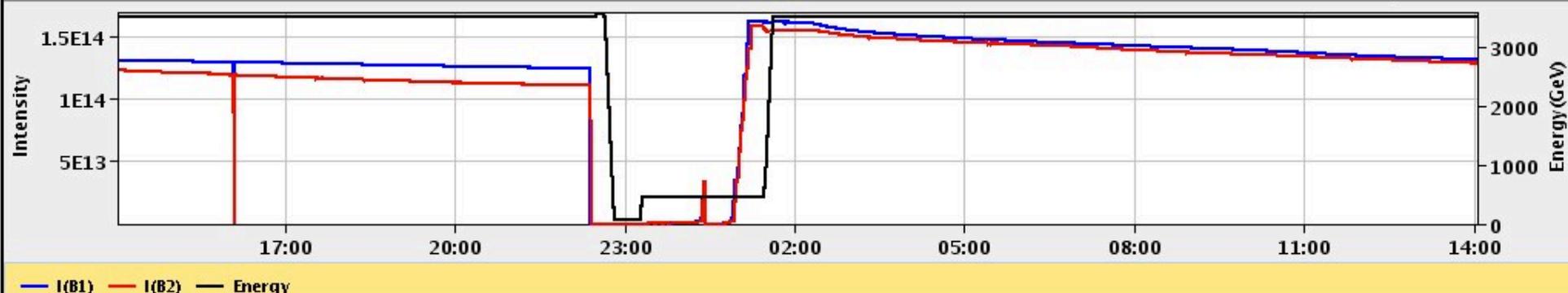
STABLE BEAMS

TOTEM:

STANDBY

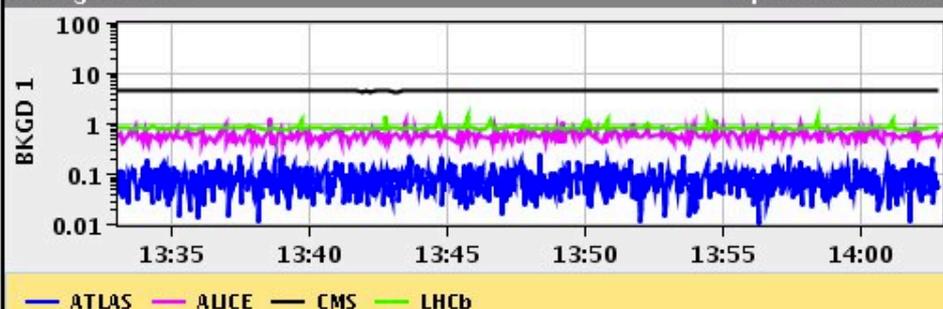
Performance over the last 24 Hrs

Updated: 14:02:45



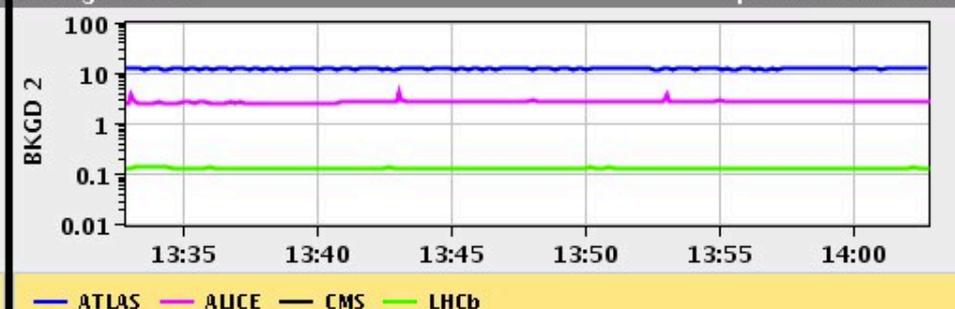
Background 1

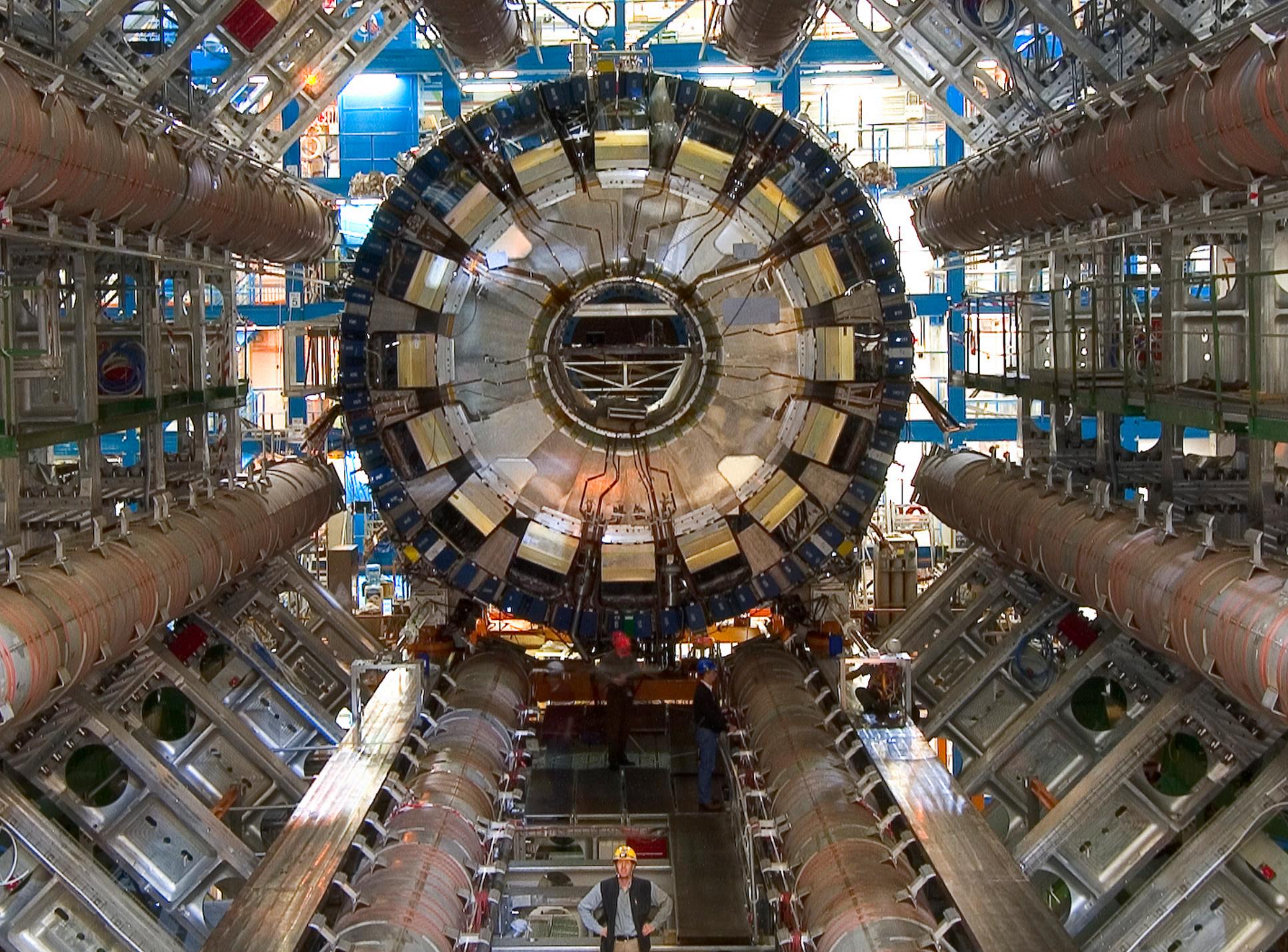
Updated: 14:02:56

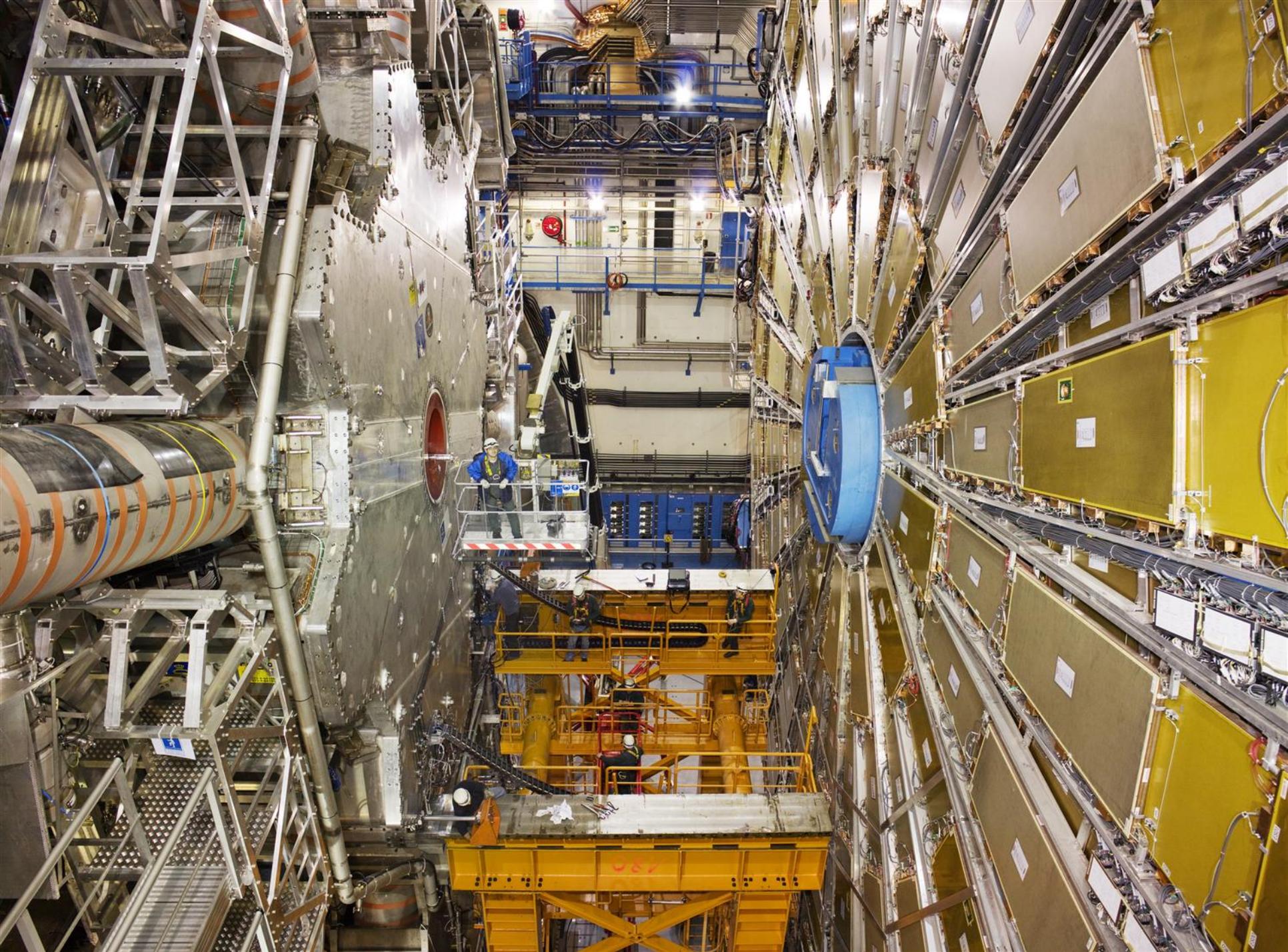


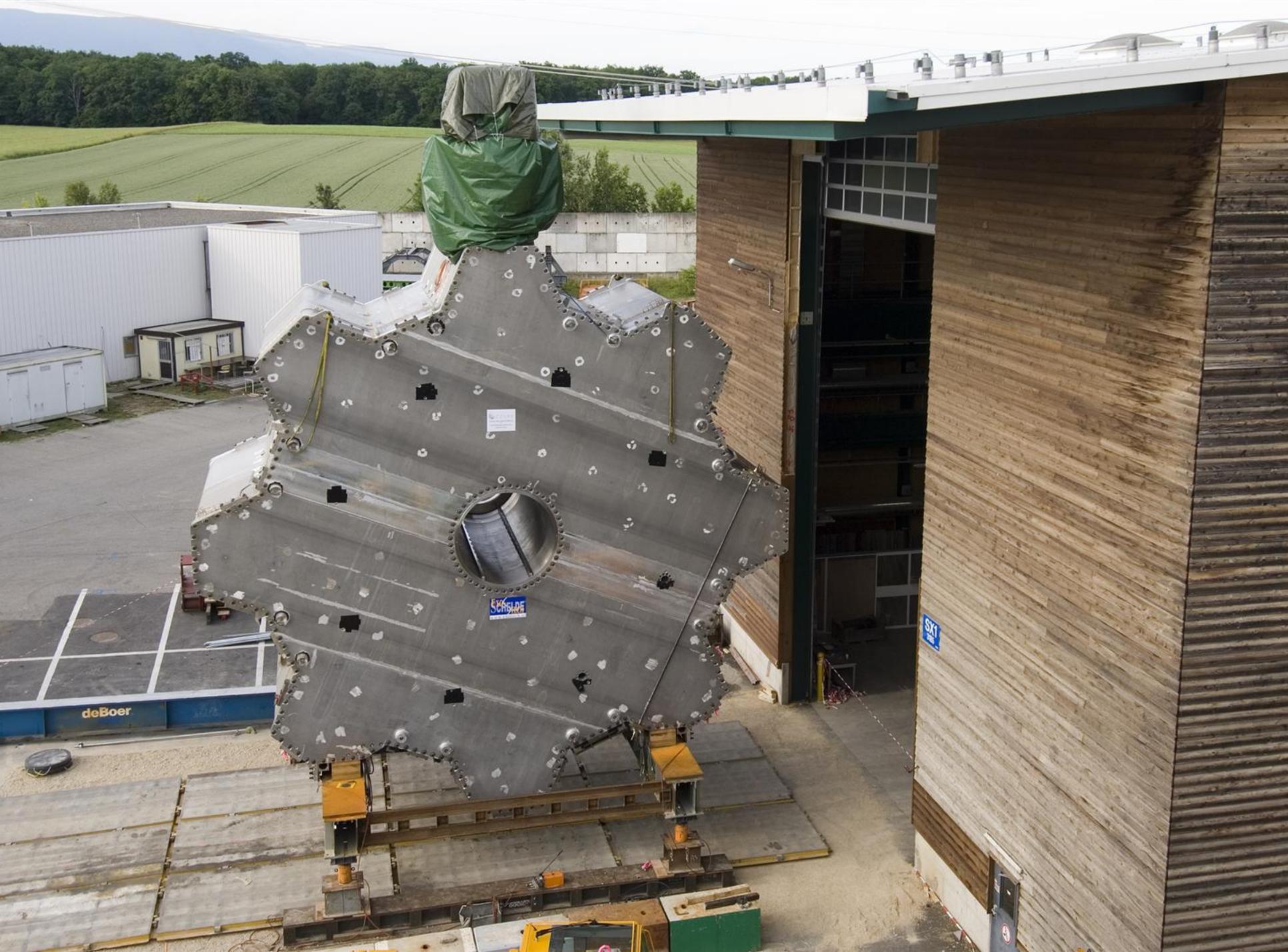
Background 2

Updated: 14:02:46









Green tarp covering a component on top of the structure.

SKRISLOPE

SK1

deBoer

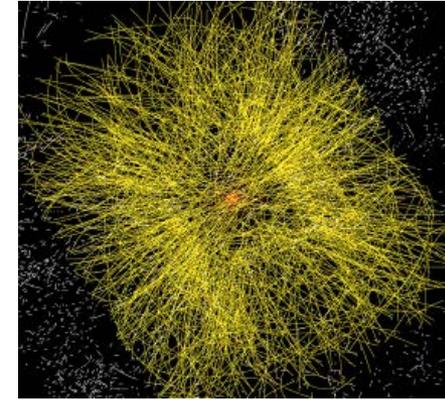
- Le LHC en 10 minutes (vidéo)
- Pourquoi ? – La motivation scientifique
- Qui ? – Le CERN et la communauté des physiciens de particules
- Comment ? – Nos outils de recherche
- **Essentiel: le traitement des données**
- Les premiers résultats

# Le défi



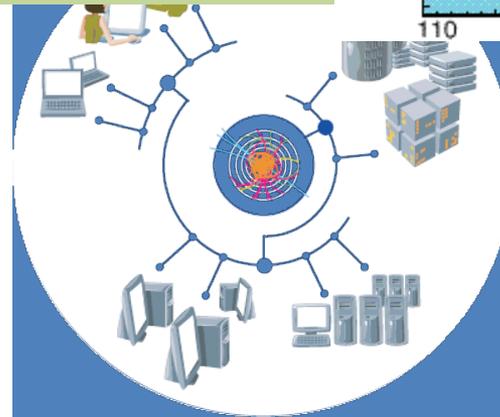
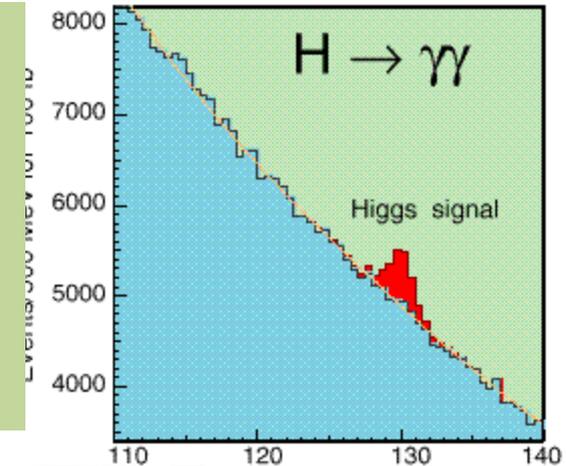
# Le défi

- Signal/bruit de fond:  $10^{-13}$
- Volume de données
  - Après filtres en ligne (1 sur  $10^6$ )
  - ➔ **15 pétaoctets de données par année**

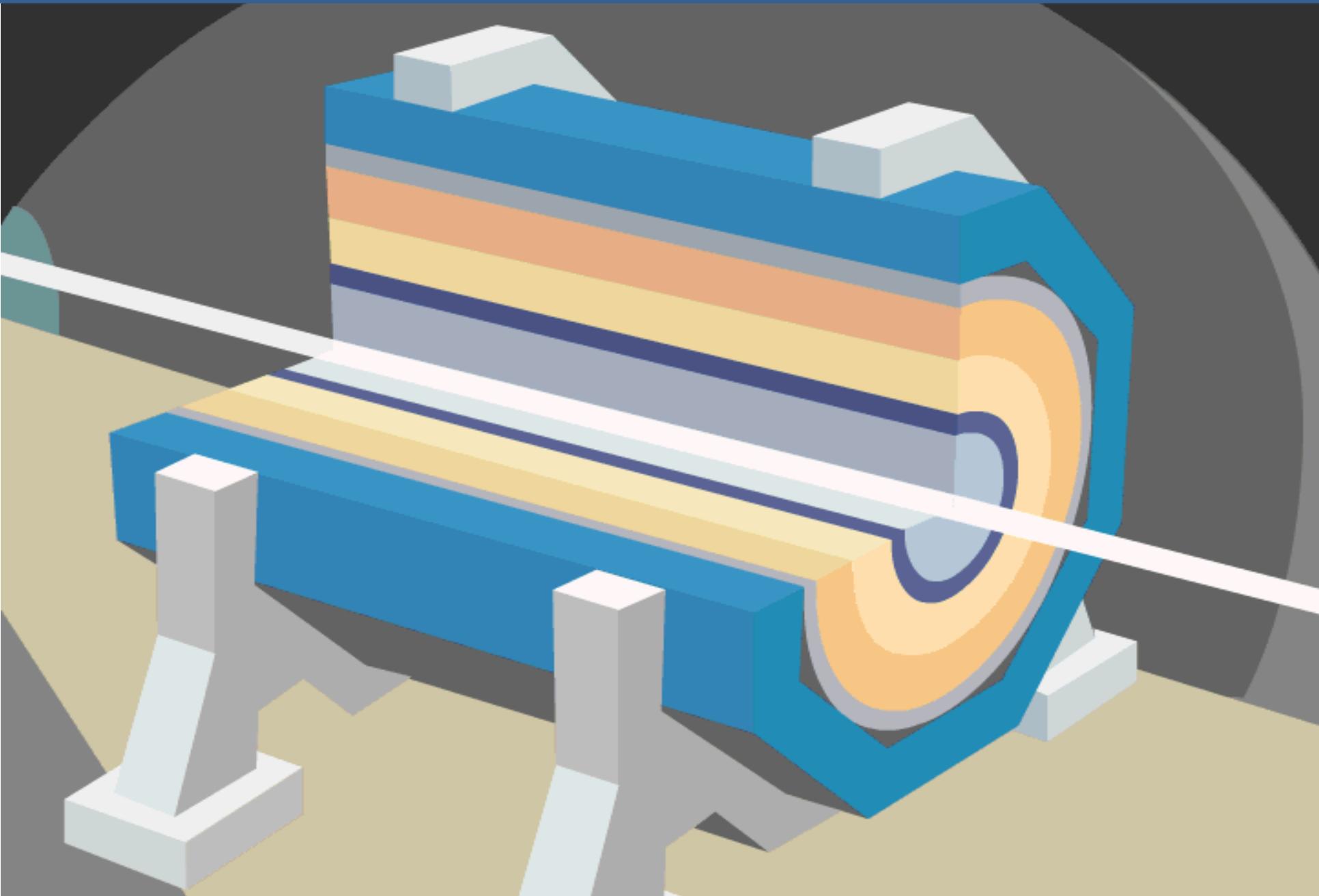


- **>200k**  
➔ **100k of (today's) fastest CPUs**  
➔ **45 PB of disk storage**
- **>150 PB**

- Contributions locales dans les pays participants, choix indépendant des technologies
- Mais: efficacité ...  
➔ **Technologie de la « Grille »**



# Collisions de particules dans le LHC



# Filtrage immédiat des événements

~ 300.000 MB/s  
from all sub-detectors

~ 300MB/s  
Raw Data

*Trigger and data acquisition*



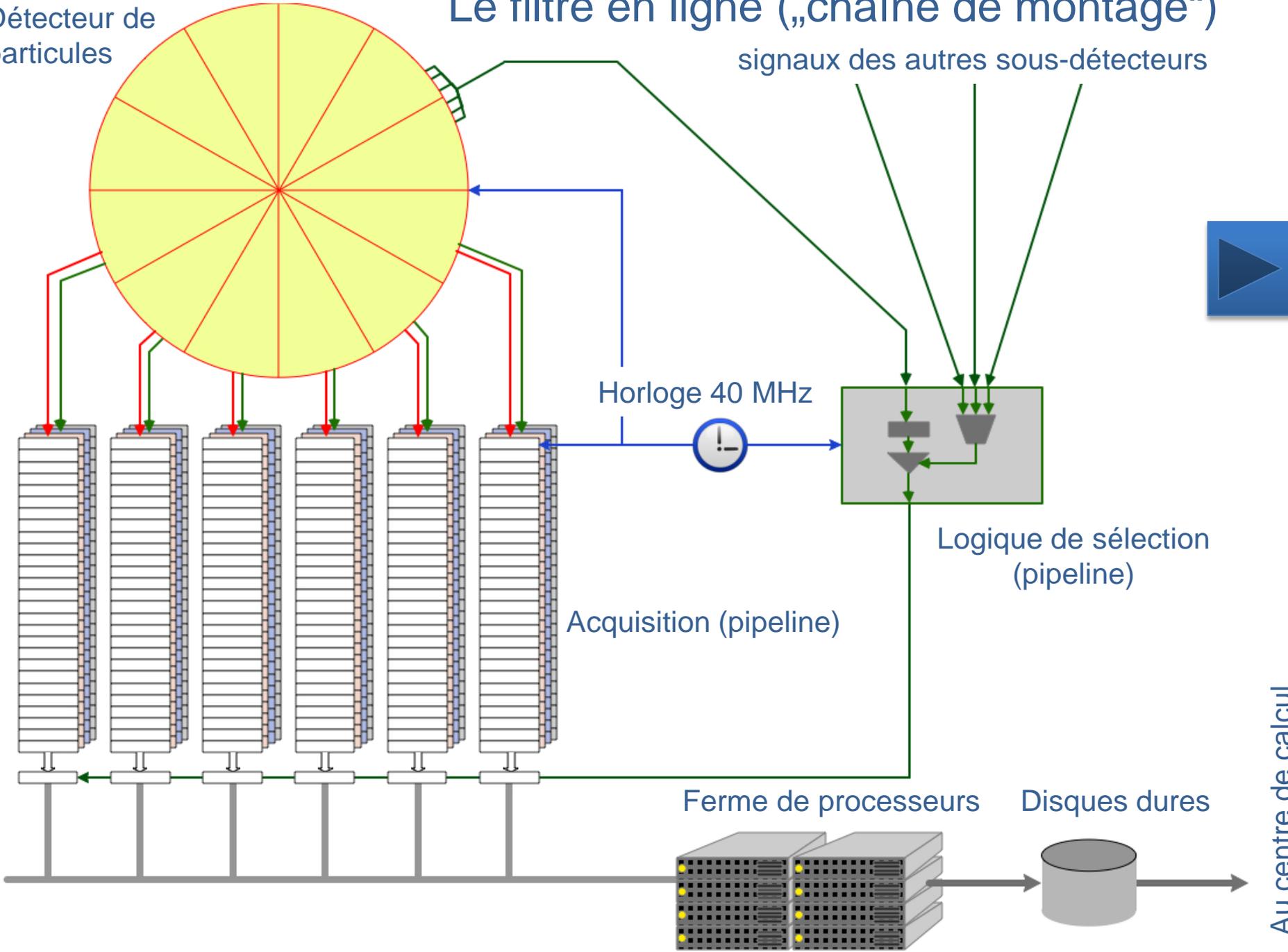
*Event filter computer farm*



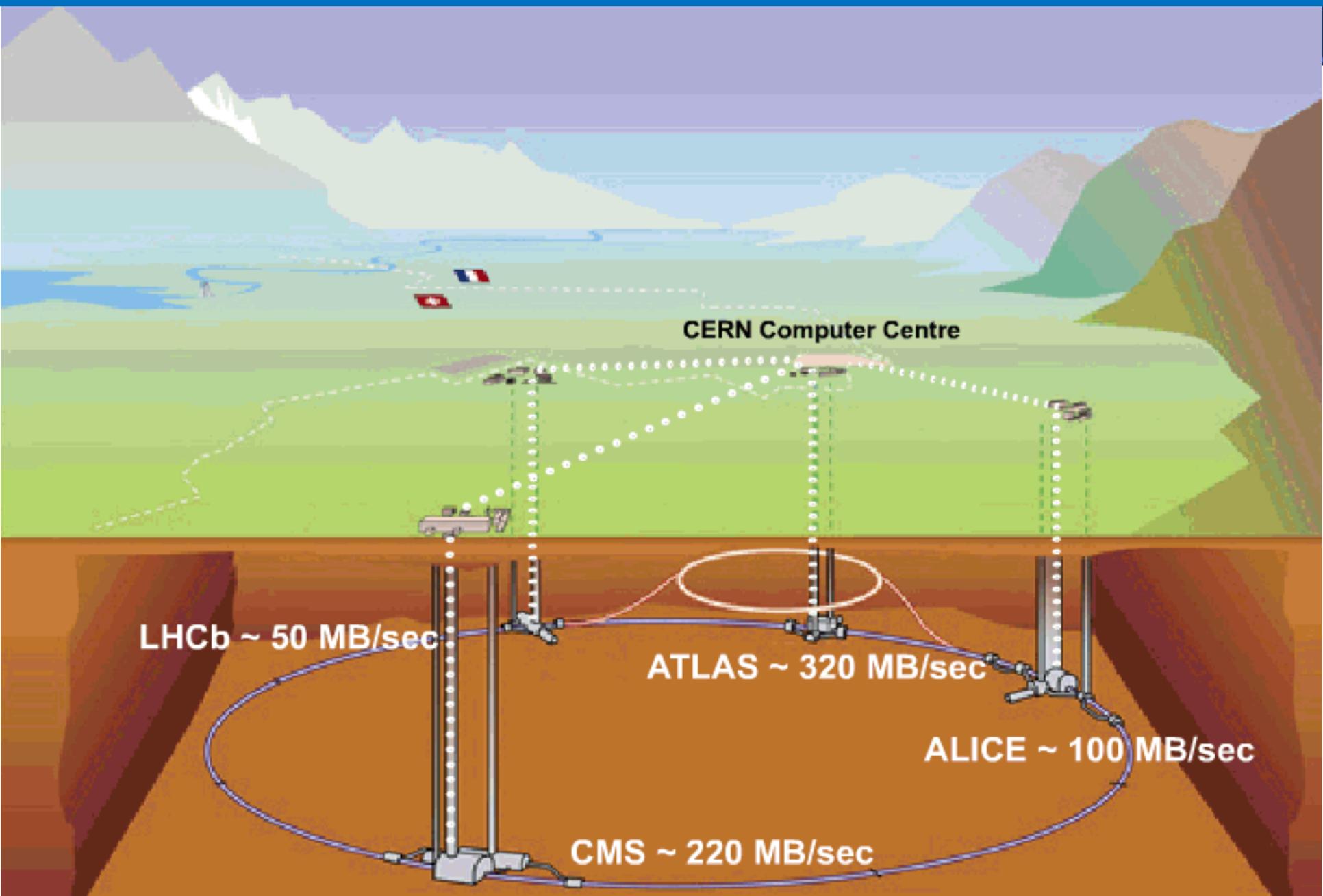
Détecteur de particules

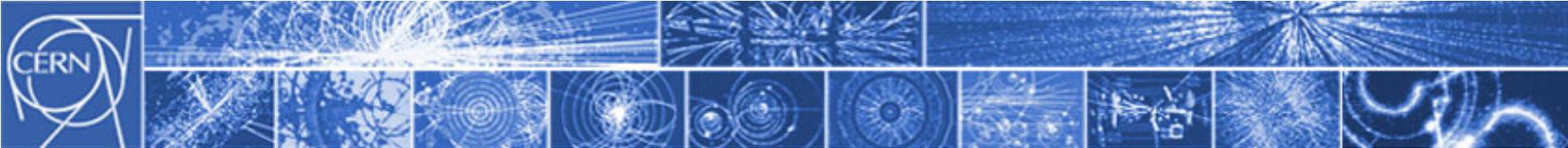
# Le filtre en ligne („chaîne de montage“)

signaux des autres sous-détecteurs

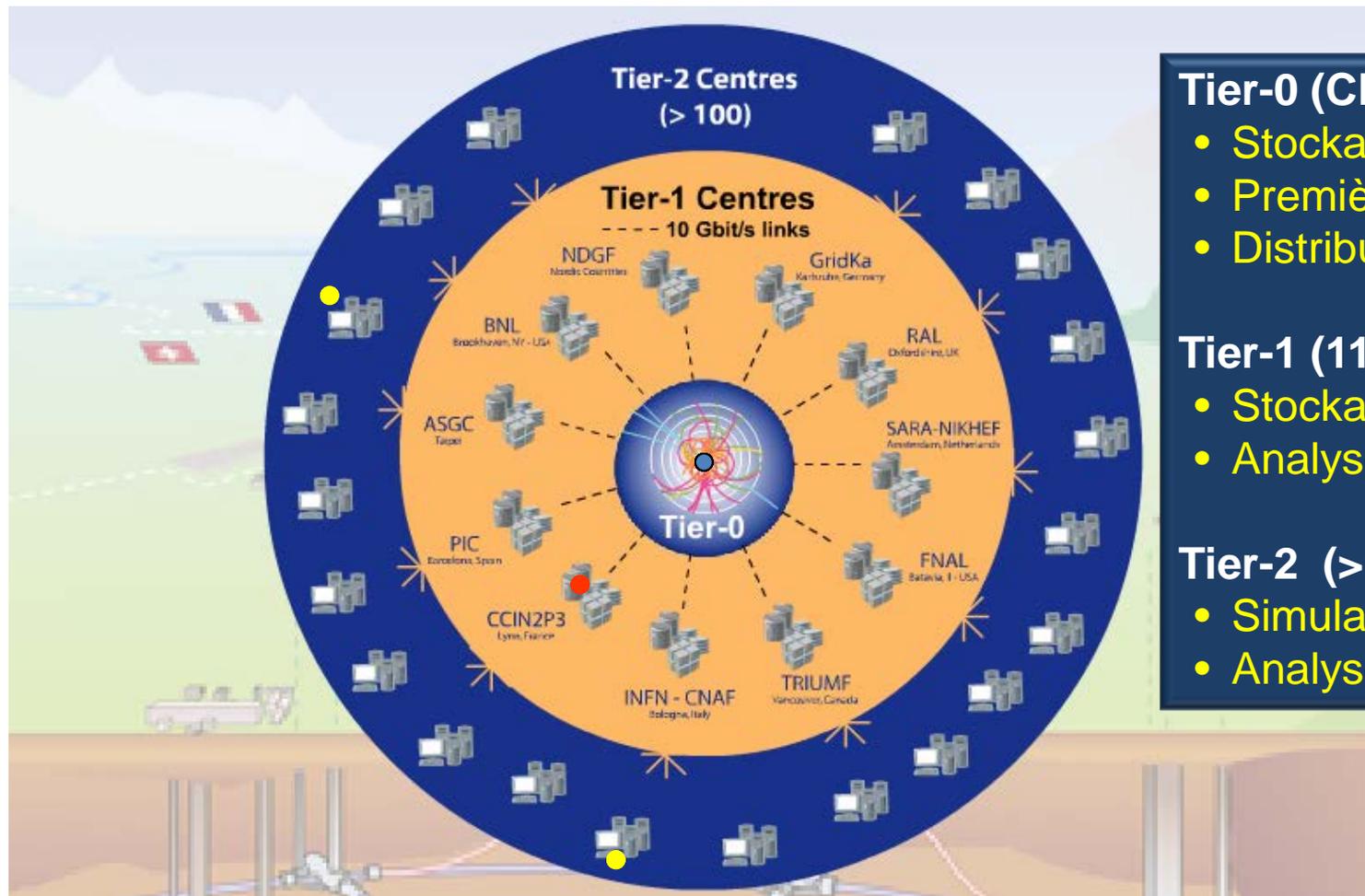


# Transfert des données au centre de calcul et stockage





# Tier 0 – Tier 1 – Tier 2



## Tier-0 (CERN):

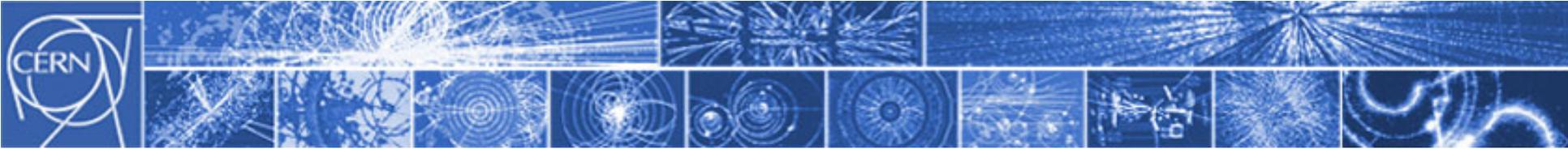
- Stockage des données
- Première reconstruction
- Distribution

## Tier-1 (11 centres):

- Stockage redondante
- Analyse

## Tier-2 (>120 centres):

- Simulation
- Analyse



## Capacité du centre de calcul du CERN (Tier 0)

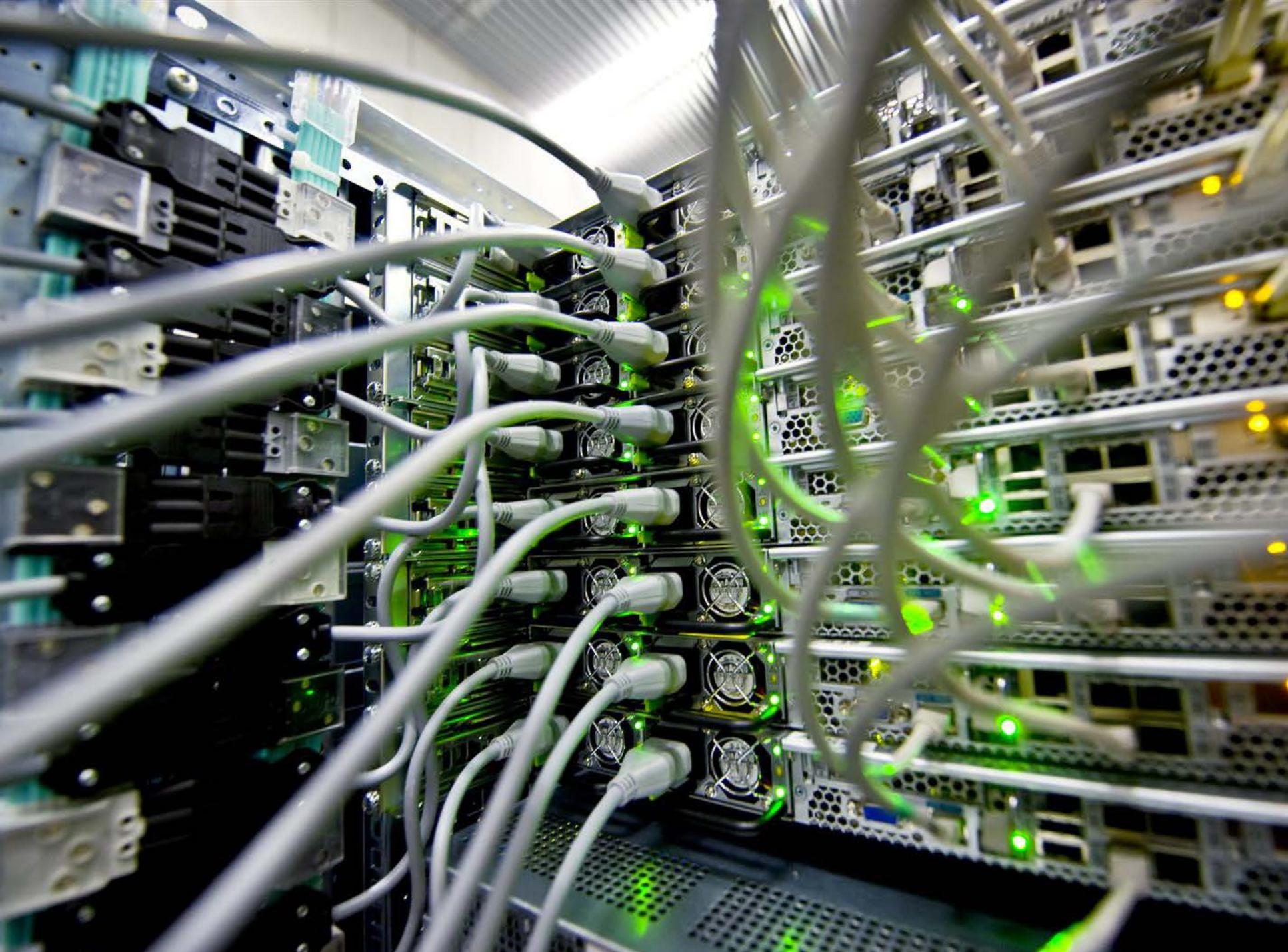
- Serveurs de calcul:
  - ~8000 systèmes
  - 51'000 CPUs (cœurs)
- Stockage sur disques:
  - 45 pétaoctets
  - 54'000 unités
- Stockage su bandes:
  - Capacité: 34 pétaoctets
  - Utilisé: 24 pétaoctets



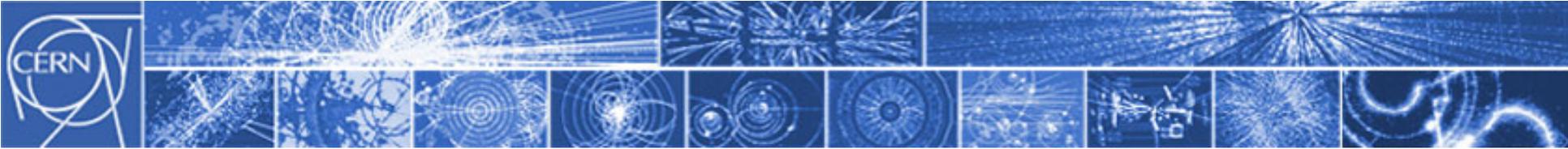
- Représente ~15% de la capacité totale



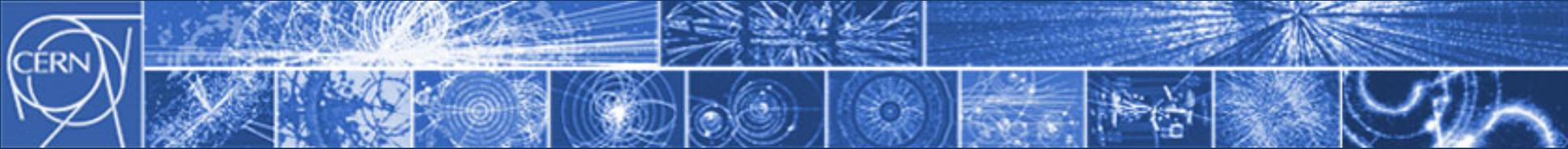








- Le LHC en 10 minutes (vidéo)
- Pourquoi ? – La motivation scientifique
- Qui ? – Le CERN et la communauté des physiciens de particules
- Comment ? – Nos outils de recherche
- Essentiel: le traitement des données
- **Les premiers résultats**

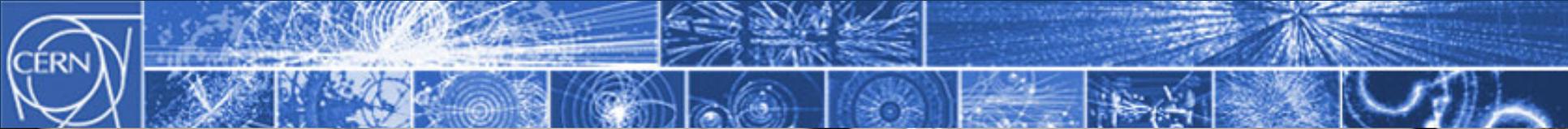


# Exemple expérience ATLAS:

(~2900 physiciens, 174 universités, 34 pays)

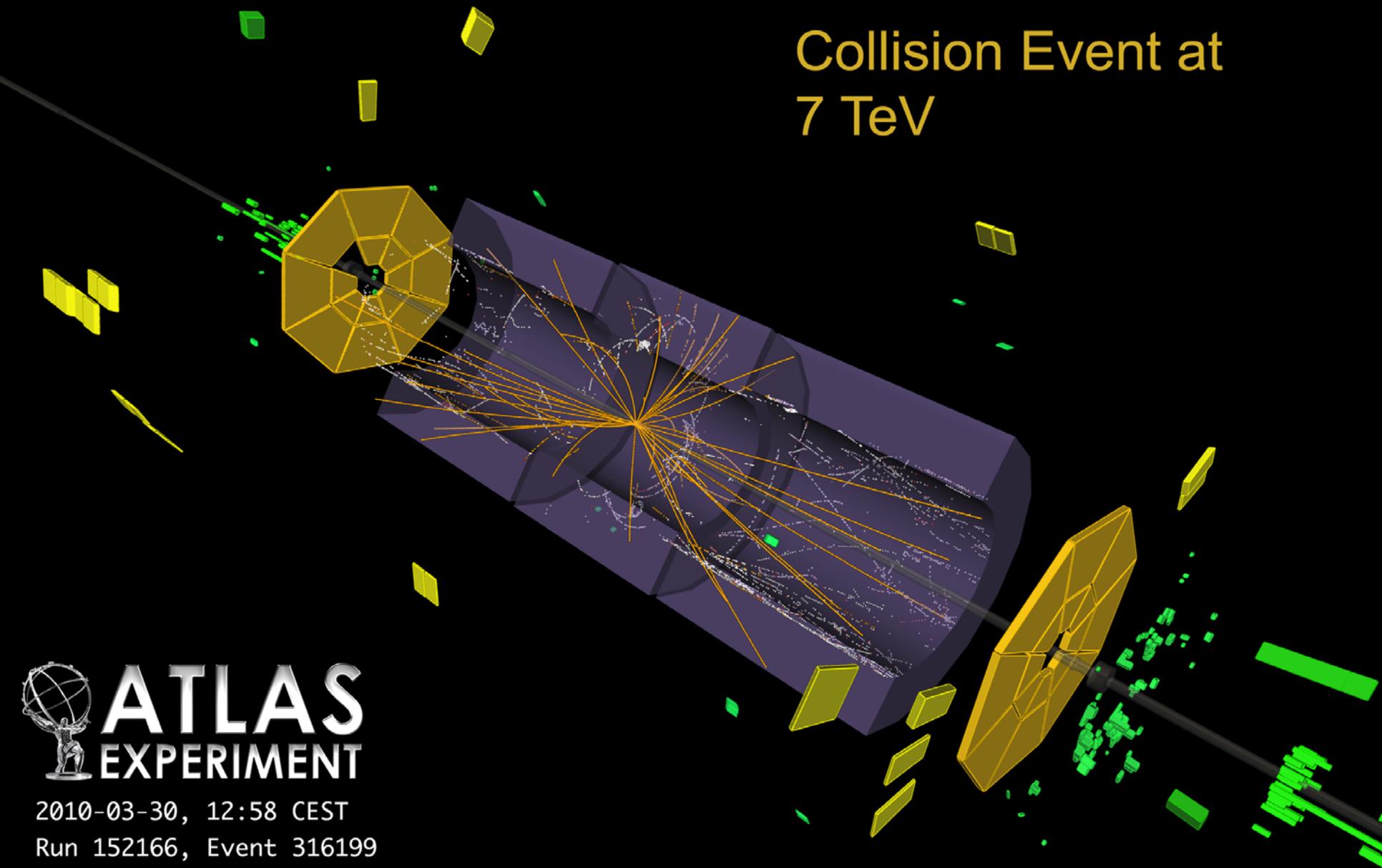
Après plus de 20 ans de planification,  
développement et réalisation ... ,

... le grand  
moment



# 30 March 2010, first high energy collisions

## Collision Event at 7 TeV



2010-03-30, 12:58 CEST  
Run 152166, Event 316199

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

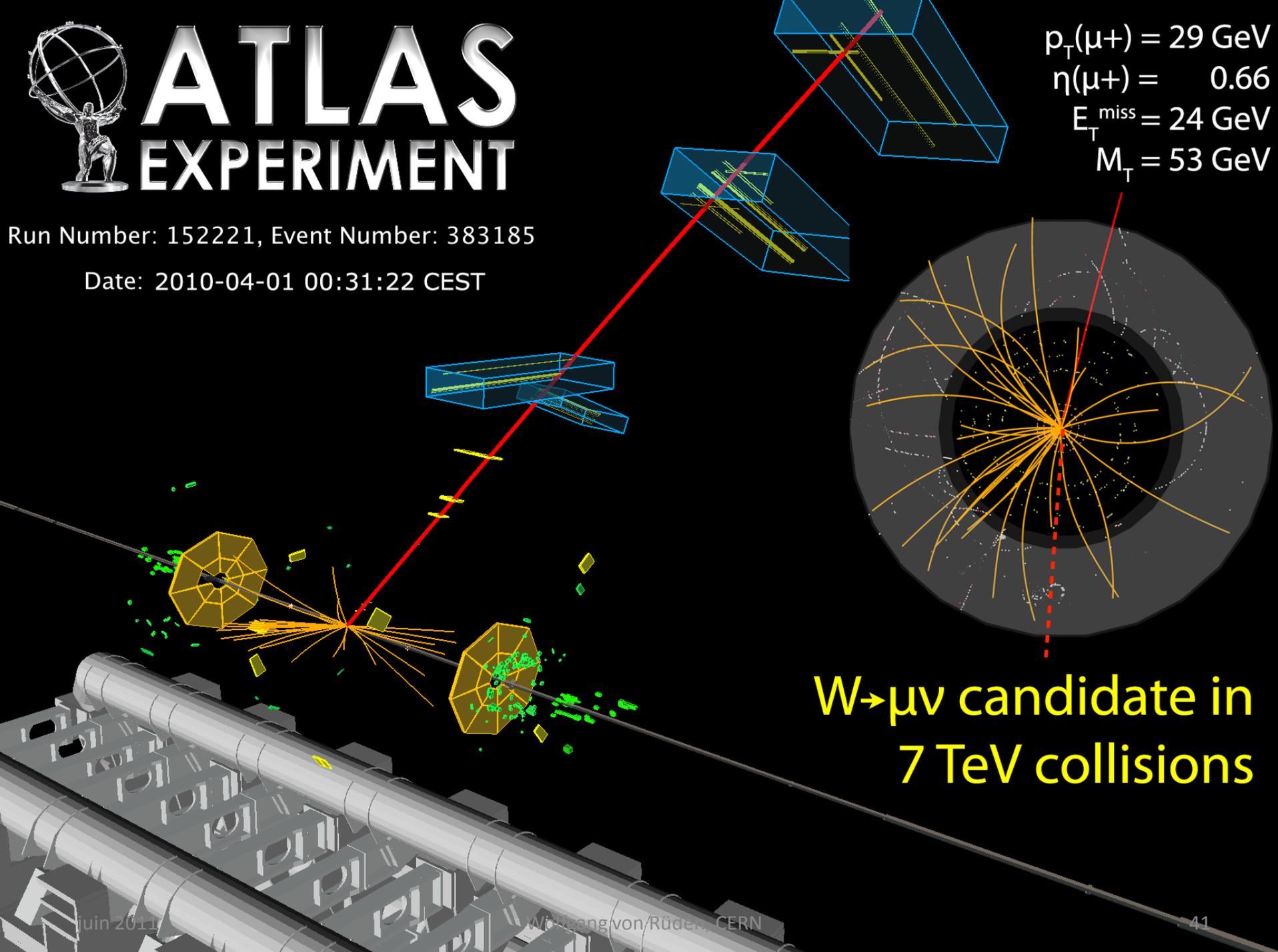


# ATLAS EXPERIMENT

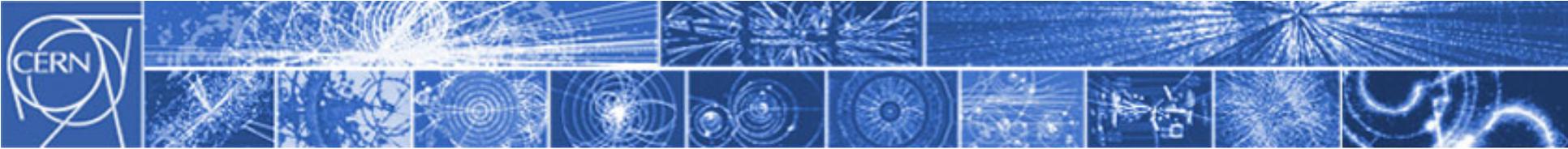
Run Number: 152221, Event Number: 383185

Date: 2010-04-01 00:31:22 CEST

$p_T(\mu^+) = 29 \text{ GeV}$   
 $\eta(\mu^+) = 0.66$   
 $E_T^{\text{miss}} = 24 \text{ GeV}$   
 $M_T = 53 \text{ GeV}$



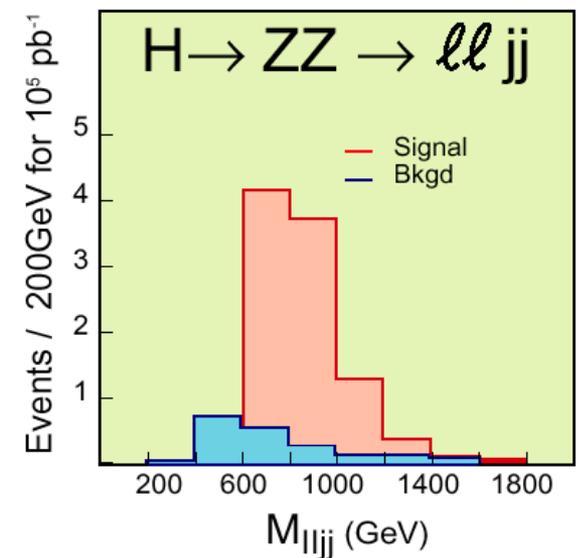
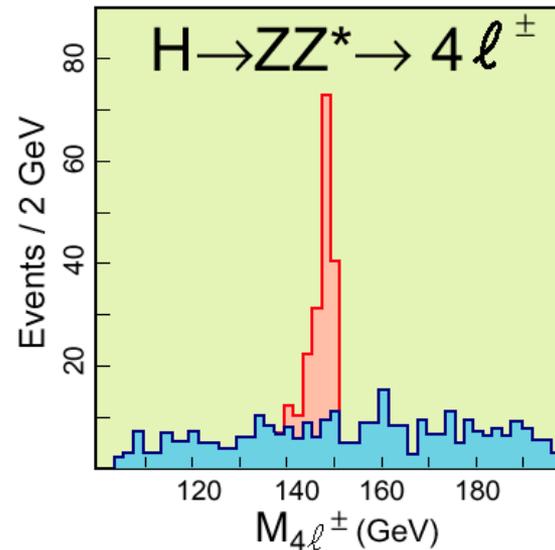
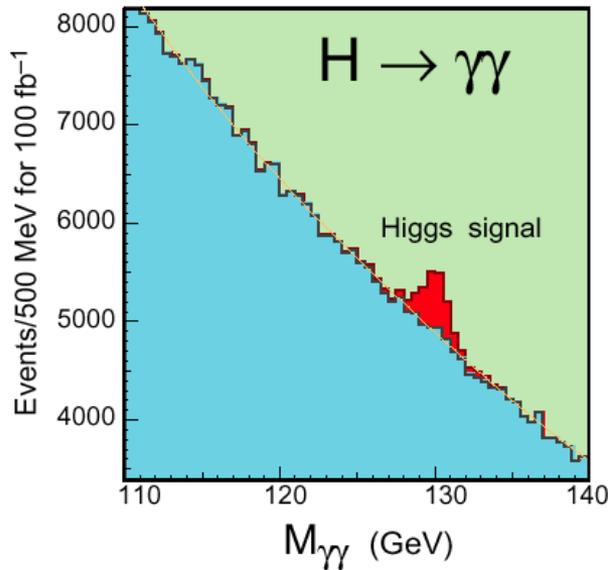
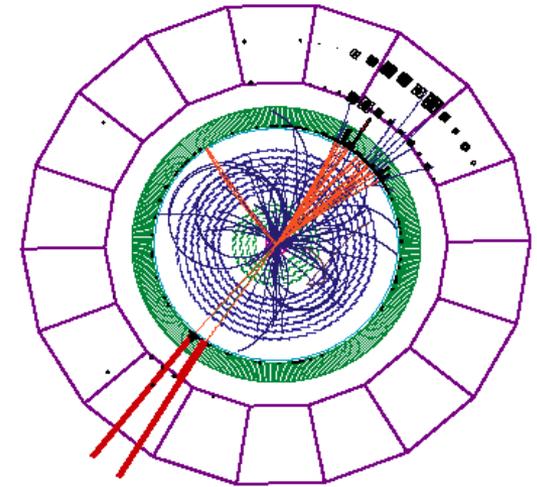
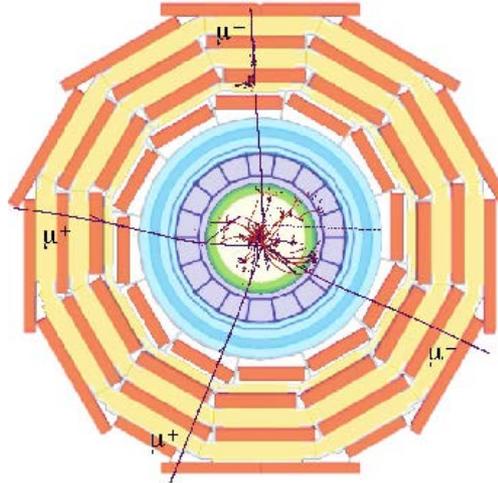
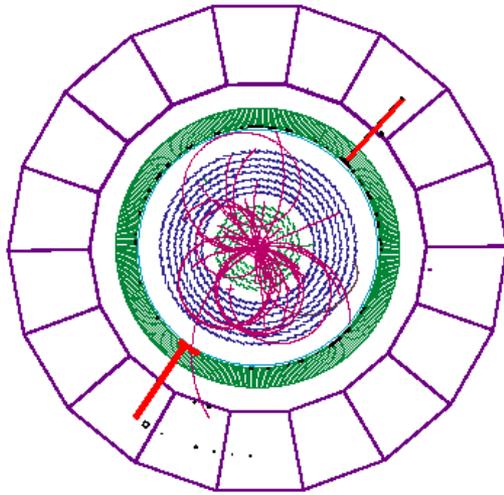
**$W \rightarrow \mu\nu$  candidate in  
7 TeV collisions**



## Depuis Mars 2010 ...

- Les 4 expériences ont pu prendre une quantité impressionnante de données (~20 pétaoctets en 2010).
- Les détecteurs ont été calibrés et le modèle standard de la physique des particules a été confirmé.
- En 2011, nous avons dépassé déjà la quantité de données envisagée.
- Des découvertes sont attendues d'ici 6 à 12 mois

# The (SM) Higgs in the detector



6/28/2011 2:51:13 pm

Running jobs: 103577.0  
Transfer rate: 8.35 GiB/sec

# Merci!

North Atlantic Ocean



© 2011 Europa Technologies  
US Dept of State Geographer  
© 2011 Tele Atlas  
© 2011 Google

dashboard

©2010 Google

51°08'01.54" N 1°54'14.67" W elev -61 m

Eye alt 8048.79 km