



Las partículas elementales: de la Grecia Antigua al LHC

*Nada sucede al azar,
sino que todo tiene una razón y una necesidad*



Granada, 18 Noviembre 2010

Jesús Marco de Lucas

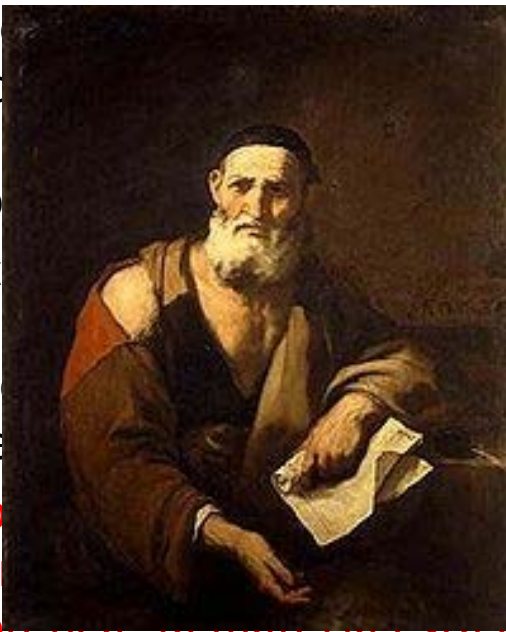
Profesor de Investigación del CSIC

Instituto de Física de Cantabria

Grecia Antigua: el Atomismo

El Atomismo (según Wikipedia)

- Un sistema filosófico que surgió en Grecia durante el siglo V a. C. según el cual el universo está constituido por combinaciones de pequeñas partículas indivisibles denominadas átomos (en griego significa *que no se puede dividir*).
- Según el **atomismo mecanicista** de Leucipo y Demócrito (siglos V y IV a. C.), los átomos son partículas que no tienen cualidad alguna y que no se pueden dividir. Los cuerpos están formados por una combinación de todos los átomos, pero los átomos difieren en su forma y peso.
- Aristóteles, en su obra *Metafísica*, se opone al atomismo, afirmando que la materia es continua, es decir, que no puede dividirse en partes irreductibles.



LHC: Large Hadron Collider

El LHC (según Wikipedia)

- El **Gran Colisionador de Hadrones**, es un acelerador y colisionador

de p

- Dise

de p

- Su p

cual

- Los c

alca

ener

inme

- El LHC

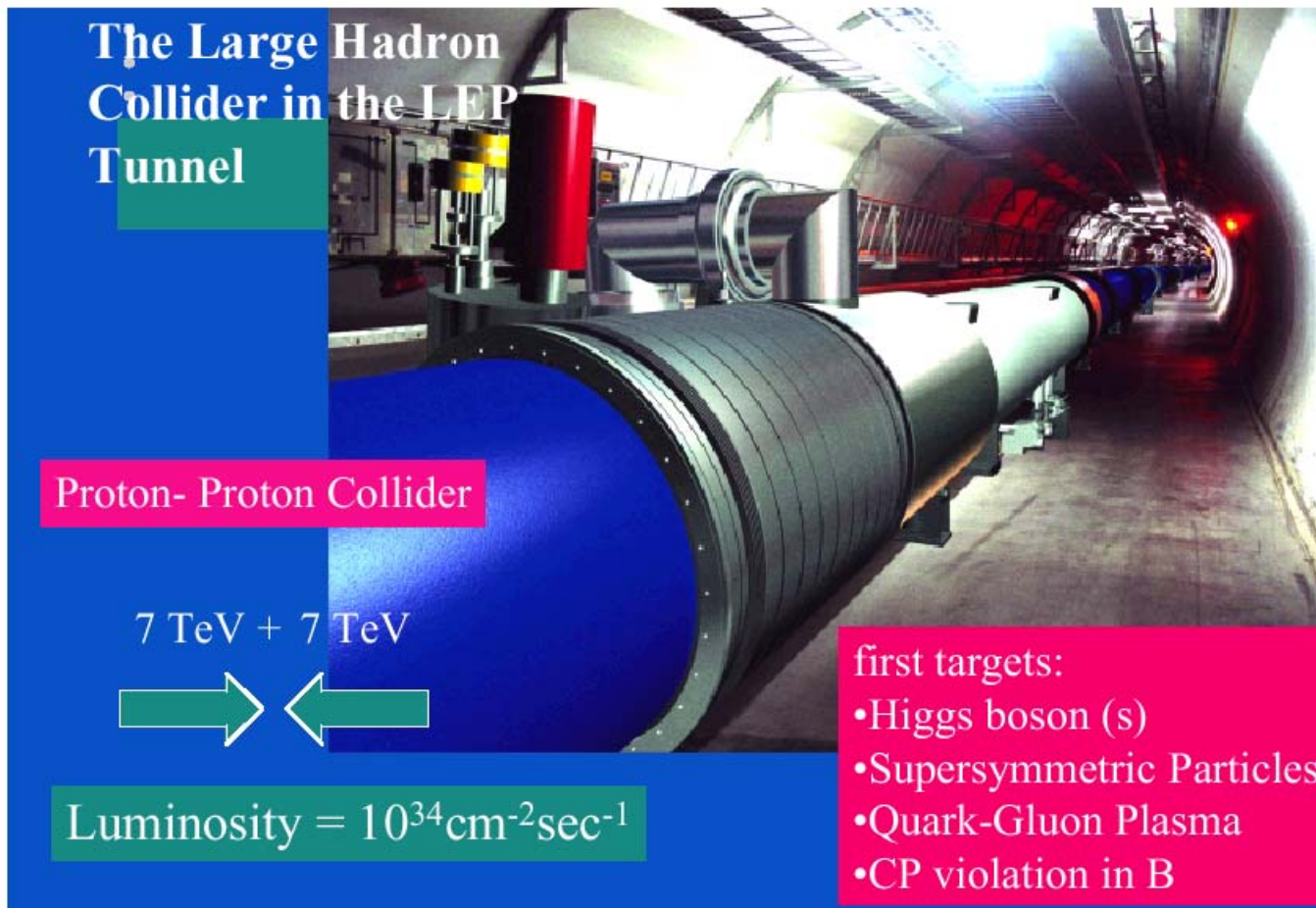
colis

tem

del c

- El LHC

mar



ilar

ndar, el
entales.

a
tanta
curridas

a de

encima

0 de

De la Grecia Antigua al LHC...

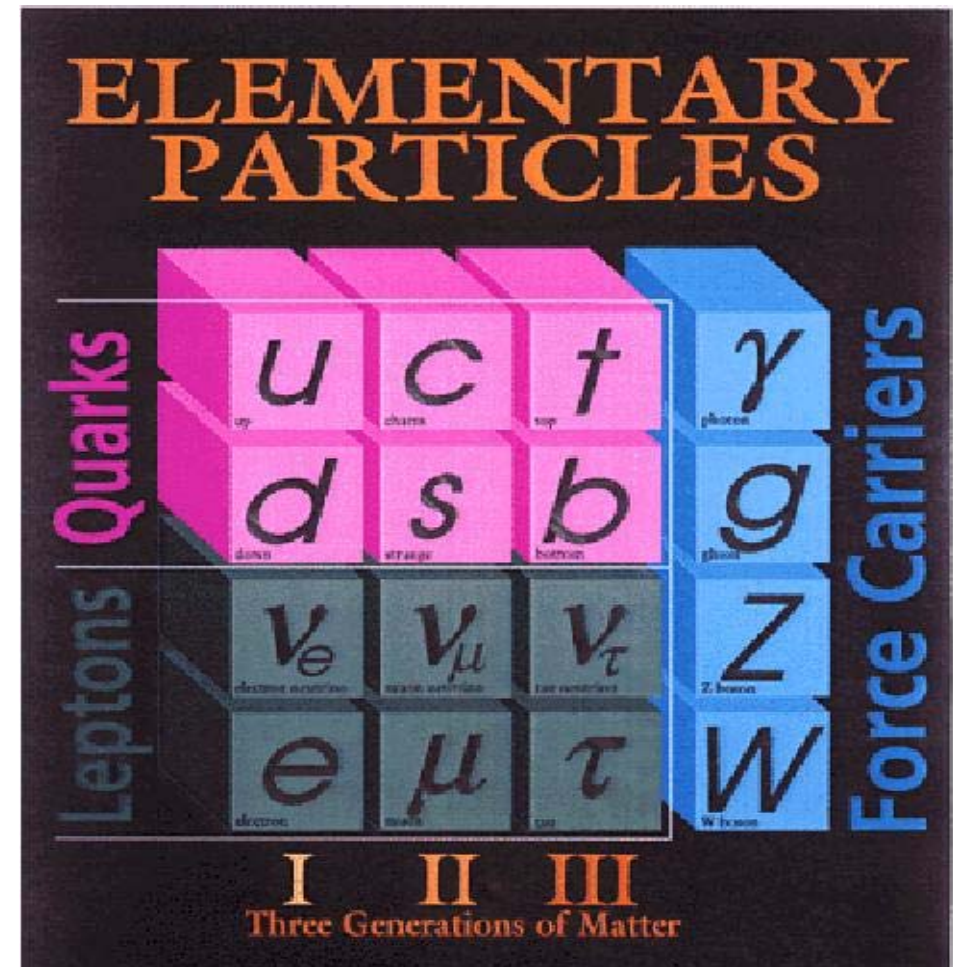
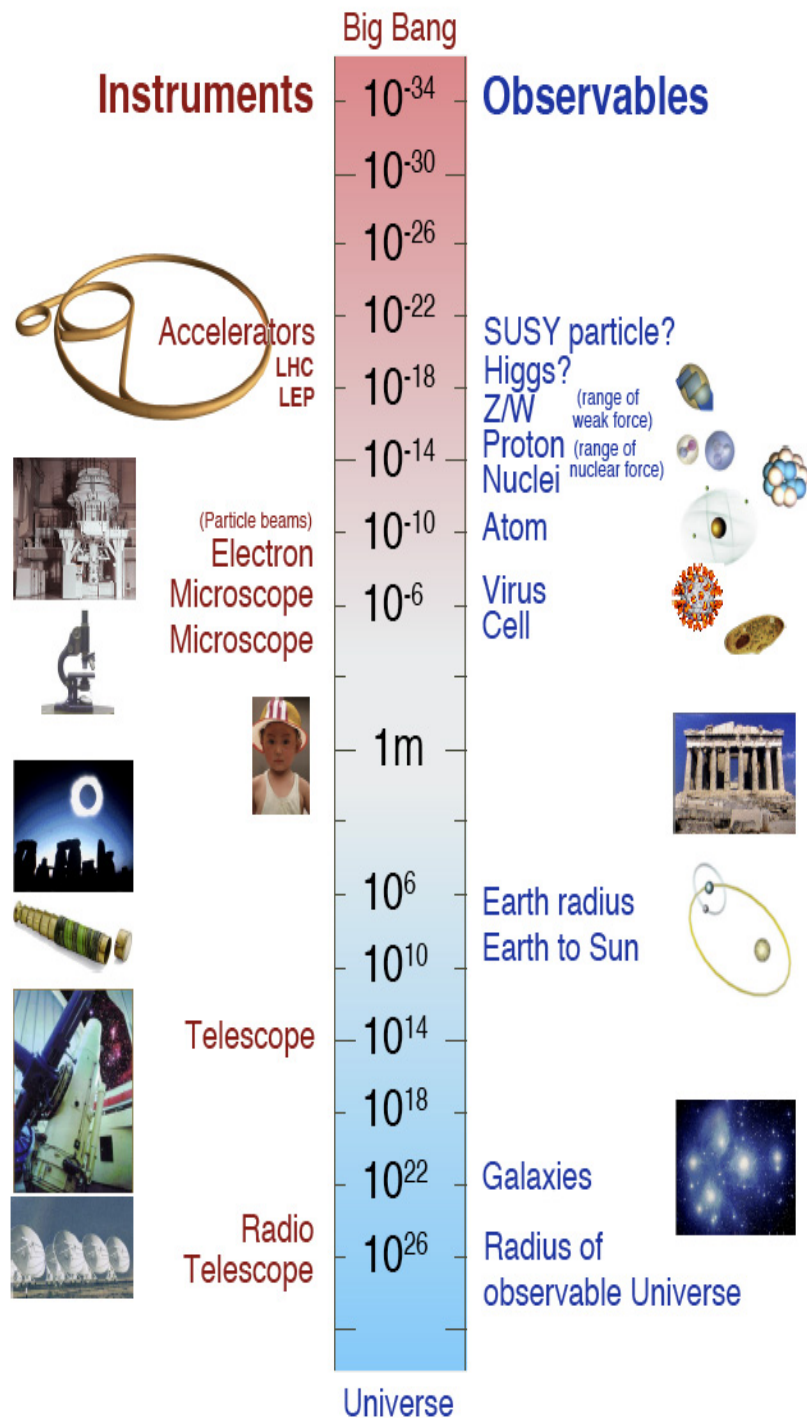
El nacimiento del atomismo (“a la occidental”):

- ✚ En respuesta al desafío de Parmenides, que argumentaba que es imposible un cambio sin que algo surja de la nada... (en consecuencia, no puede haber cambio real, es mera ilusión)
- ✚ La respuesta del atomismo: existen principios materiales persistentes que se reordenan para dar un mundo en cambio: los átomos.
- ✚ La idea surge de la discusión sobre un límite inferior de divisibilidad, para responder a la paradoja de Zenon.
- ✚ Hay dos componentes fundamentales: los átomos y el vacío

Leucipo y Demócrito basaban su propuesta en la argumentación (lógica), la intuición y sentido común, y la experiencia sensorial

Necesitaríamos recorrer casi completa la historia de la Ciencia para llegar hasta el LHC... y en paralelo la historia de los “inventos”

La escala de la naturaleza y el Modelo Estándar



Y el vacío...?

Entender el LHC

- ❖ ¿Qué es el CERN?
- ❖ ¿Cómo funciona el acelerador LHC?
- ❖ ¿Qué experimentos se realizan en él?
- ❖ ¿Qué se está haciendo ahora mismo?
- ❖ ¿Qué se ha logrado hasta ahora?
- ❖ ¿Qué se espera hacer en los próximos años?

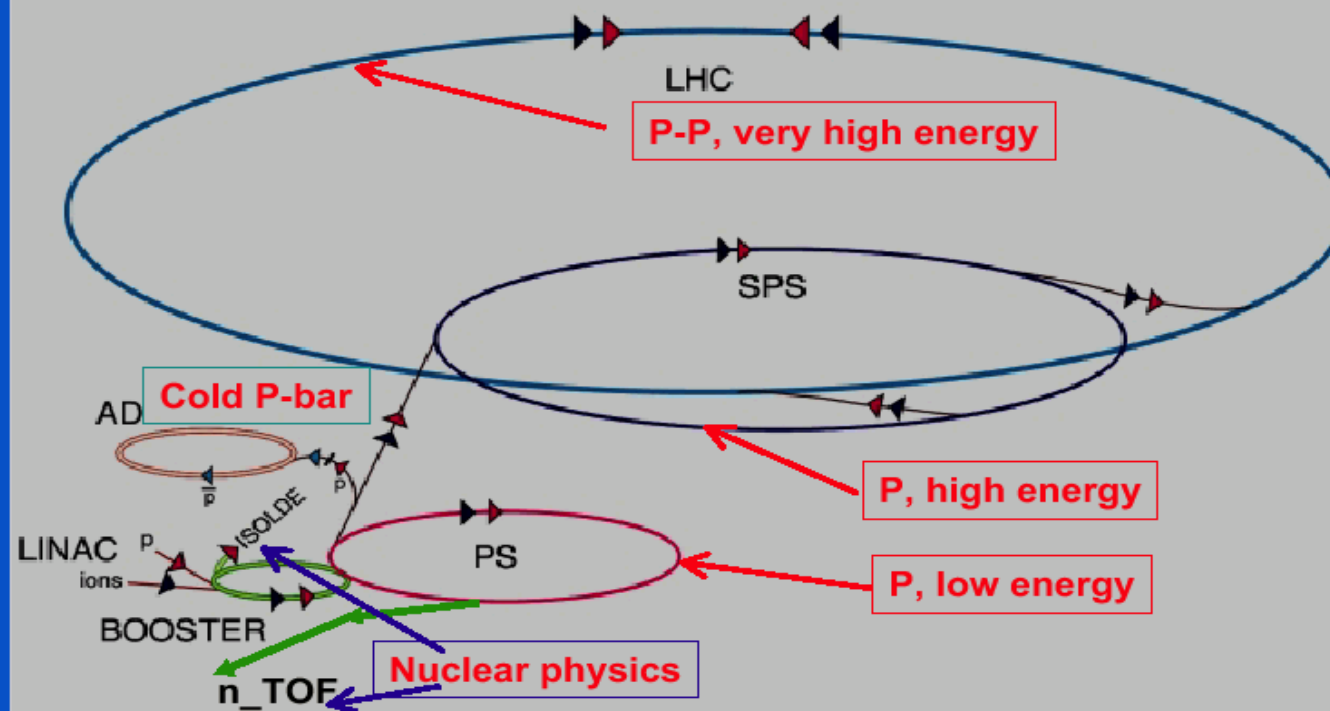
¿Qué es el CERN?



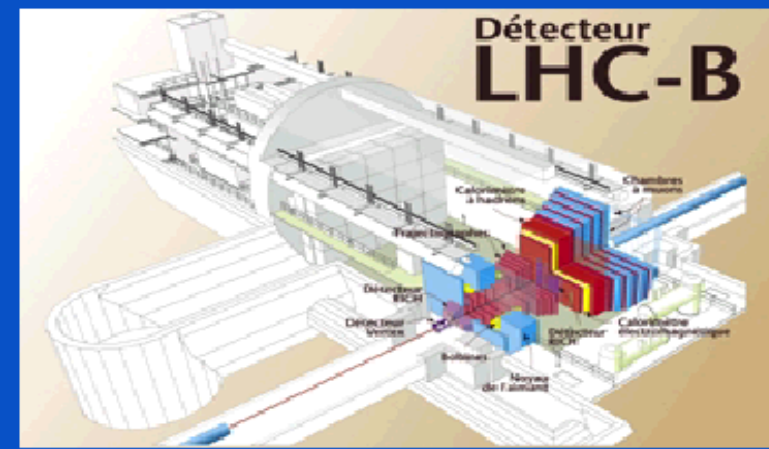
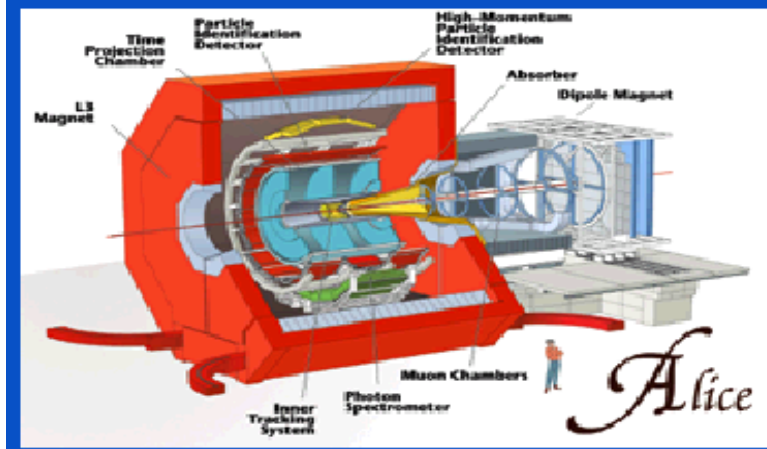
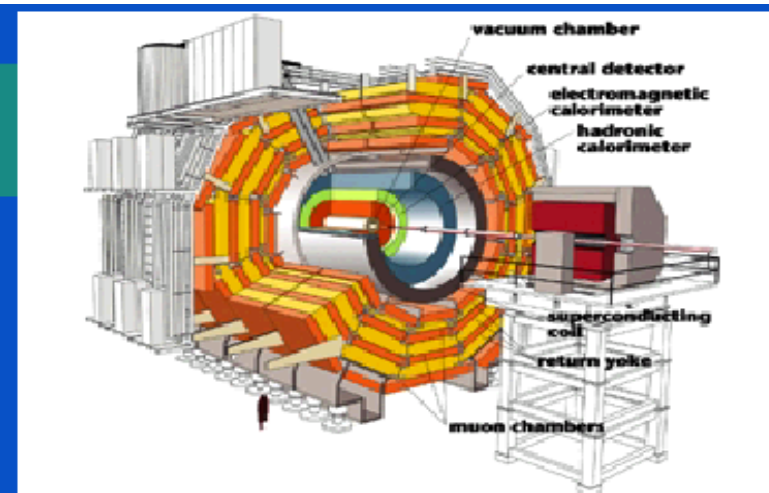
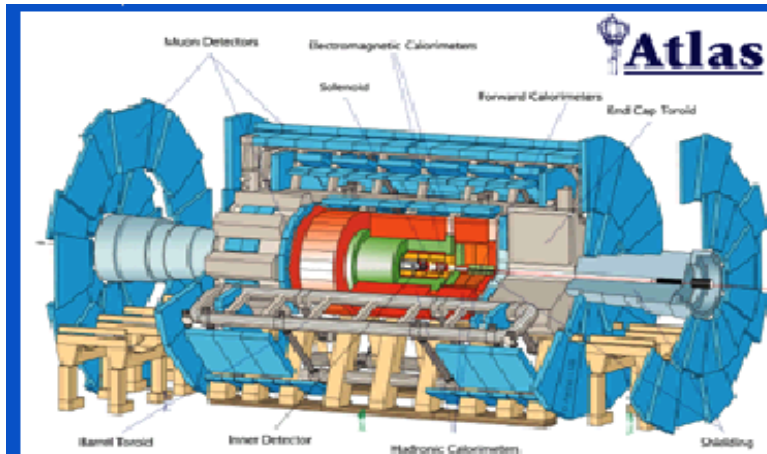
¿Qué es el LHC?

Accelerator chain of CERN

Accelerator chain of CERN (operating or approved projects)

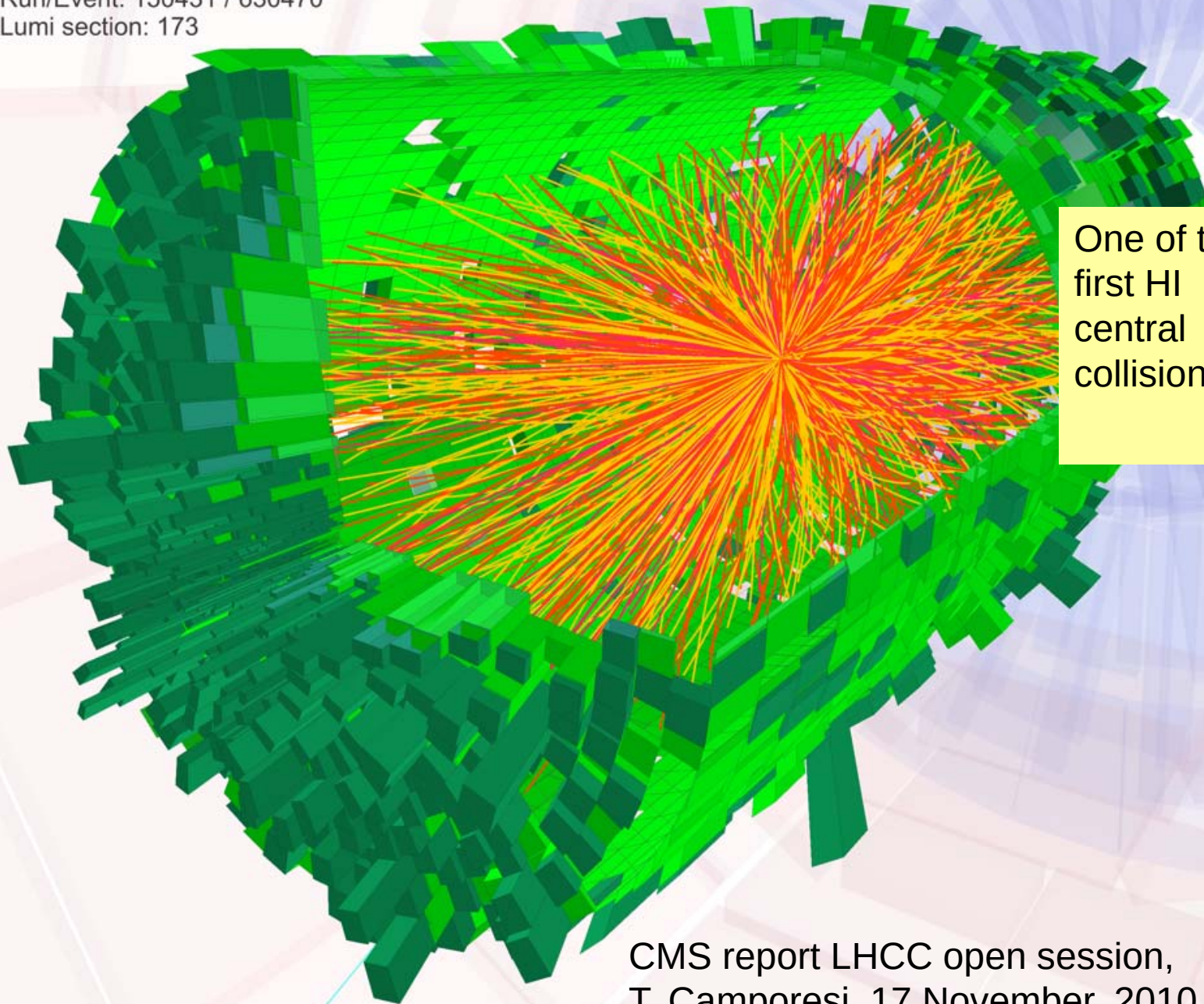


Experimentos de LHC





CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Mon Nov 8 11:30:53 2010 CEST
Run/Event: 150431 / 630470
Lumi section: 173

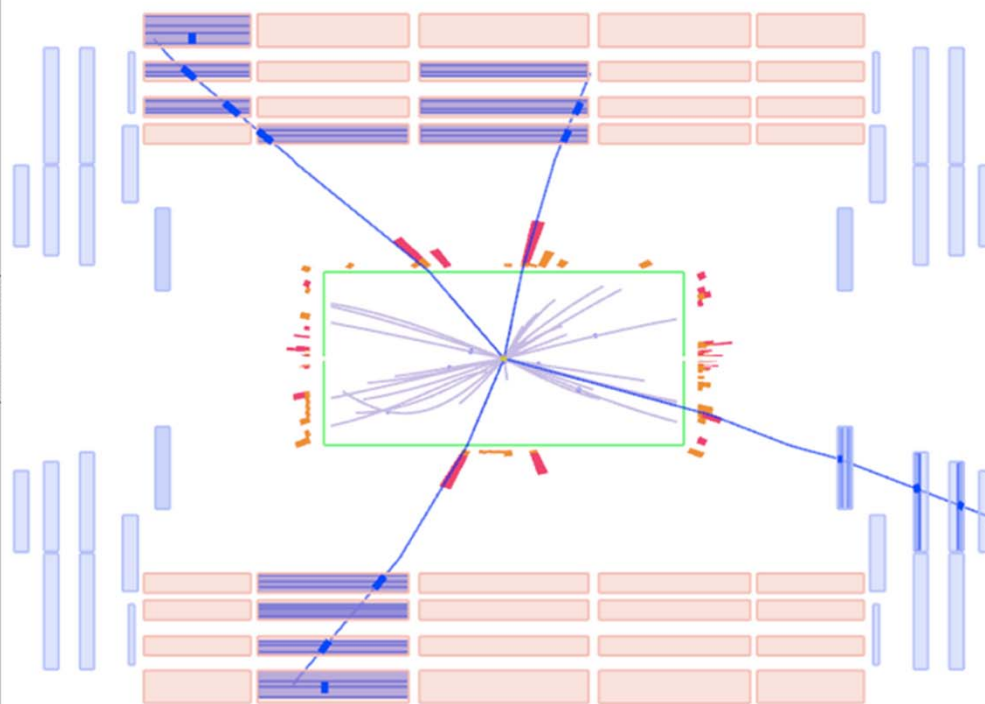
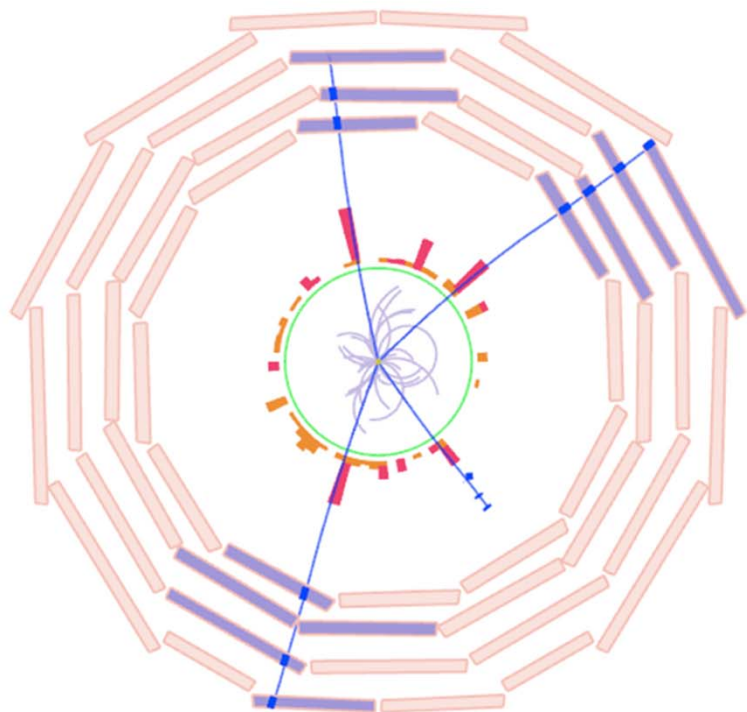


One of the
first HI
central
collisions

CMS report LHCC open session,
T. Camporesi, 17 November, 2010



A beautiful ZZ event

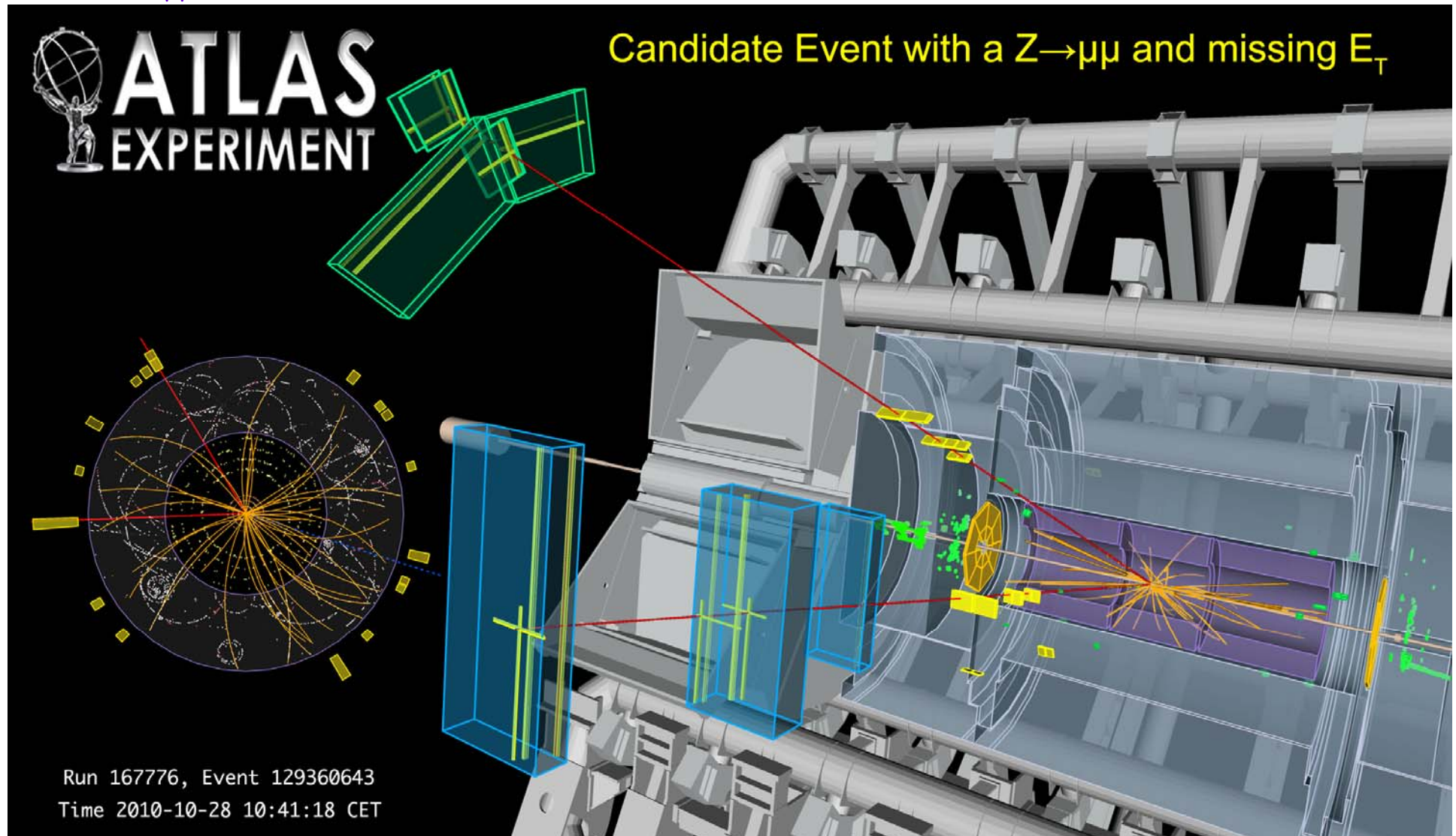


Invariant Masses

$\mu_0 + \mu_1$: 92.15 GeV (total(Z) p_T 26.5 GeV, ϕ -3.03),
 $\mu_2 + \mu_3$: 92.24 GeV (total(Z) p_T 29.4 GeV, ϕ +.06),
 $\mu_0 + \mu_2$: 70.12 GeV (total p_T 27 GeV),
 $\mu_3 + \mu_1$: 83.1 GeV (total p_T 26.1 GeV).

Candidate for $ZZ \rightarrow \mu\mu\nu\nu$

$m_{\mu\mu}$ 94 GeV, $E_T^{\text{miss}} = 161$ GeV



17 Nov 2010

Pippa Wells, ATLAS

12



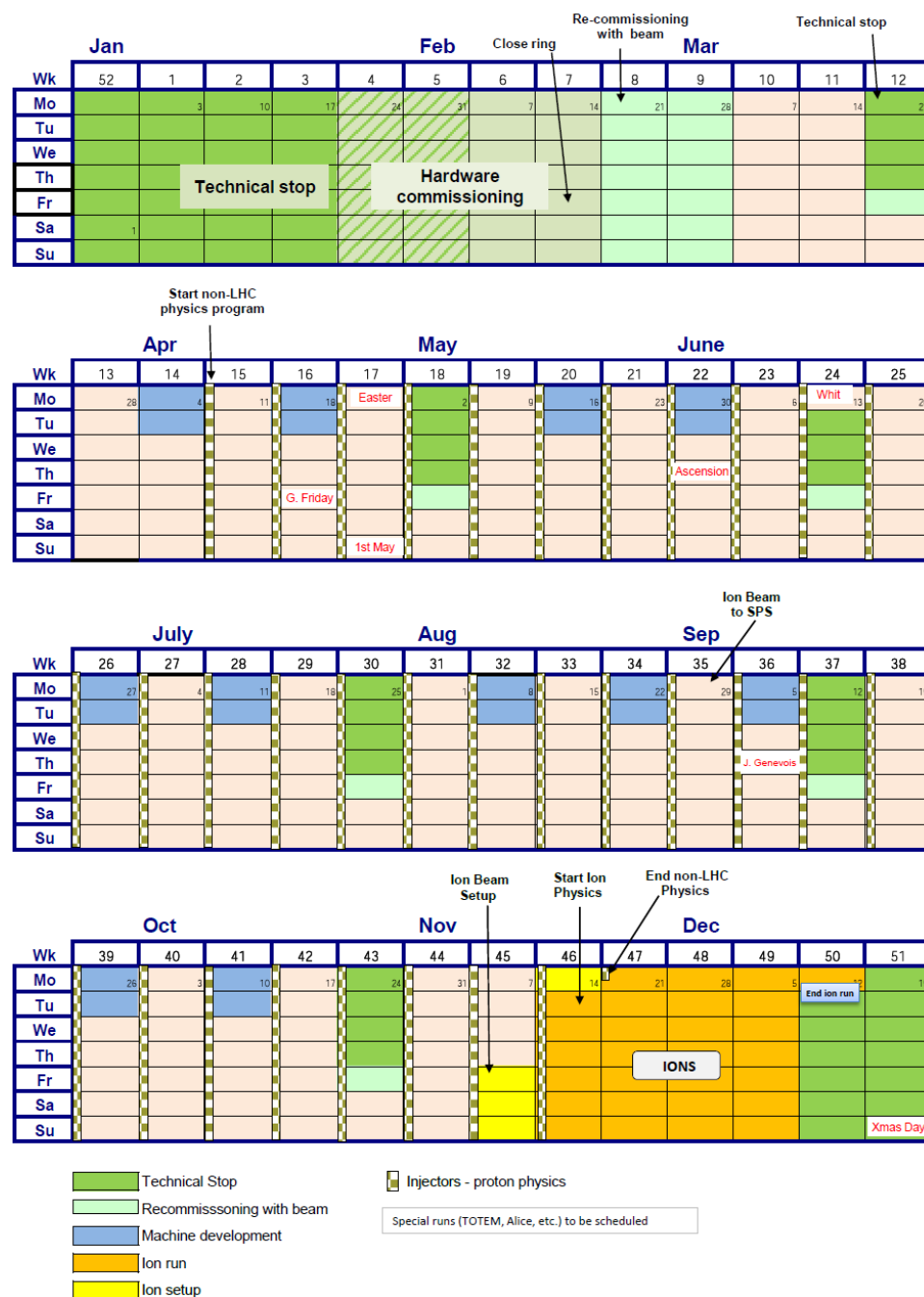
Physics publications

- First Measurement of the Cross Section for Top-Quark Pair Production in Proton-Proton Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV, [arXiv:1010.5994](#), Submitted to PLB.
- Search for Quark Compositeness with the Dijet Centrality Ratio in pp Collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV, [arXiv:1010.4439](#), accepted by PRL
- Search for Dijet Resonances in 7 TeV pp Collisions at CMS, [arXiv:1010.0203](#), accepted by PRL
- Observation of Long-Range, Near-Side Angular Correlations in Proton-Proton Collisions at the LHC, [JHEP 09 \(2010\) 091](#)
- First Measurement of the Underlying Event Activity at the LHC with $\sqrt{s} = 0.9$ TeV, [EPJC Online first 6th Nov, DOI 10.1140/epjc/s10052-010-1453-9](#)
- Measurement of the charge ratio of atmospheric muons with the CMS detector, [PLB 62 \(2010\) 83](#)
- Transverse-momentum and pseudorapidity distributions of charged hadrons in pp collisions at $s = 7$ TeV, [PRL 105 \(2010\) , 022002](#)
- First Measurement of Bose-Einstein Correlations in proton-proton Collisions at $s = 0.9$ and 2.36 TeV at the LHC, [PRL 105 \(2010\) , 032002](#)
- Transverse momentum and pseudorapidity distributions of charged hadrons in pp collisions at $s = 0.9$ and 2.36 TeV, [JHEP 02 \(2010\) 041](#)

2011

- Beam back around 21st February
- 2 weeks re-commissioning with beam (at least)
- 4 day technical stop every 6 weeks
- Count 1 day to recover from TS (optimistic)
- 2 days machine development every 2 weeks or so
- 4 days ions set-up
- 4 weeks ion run
- End of run – 12th December

~200 days proton physics



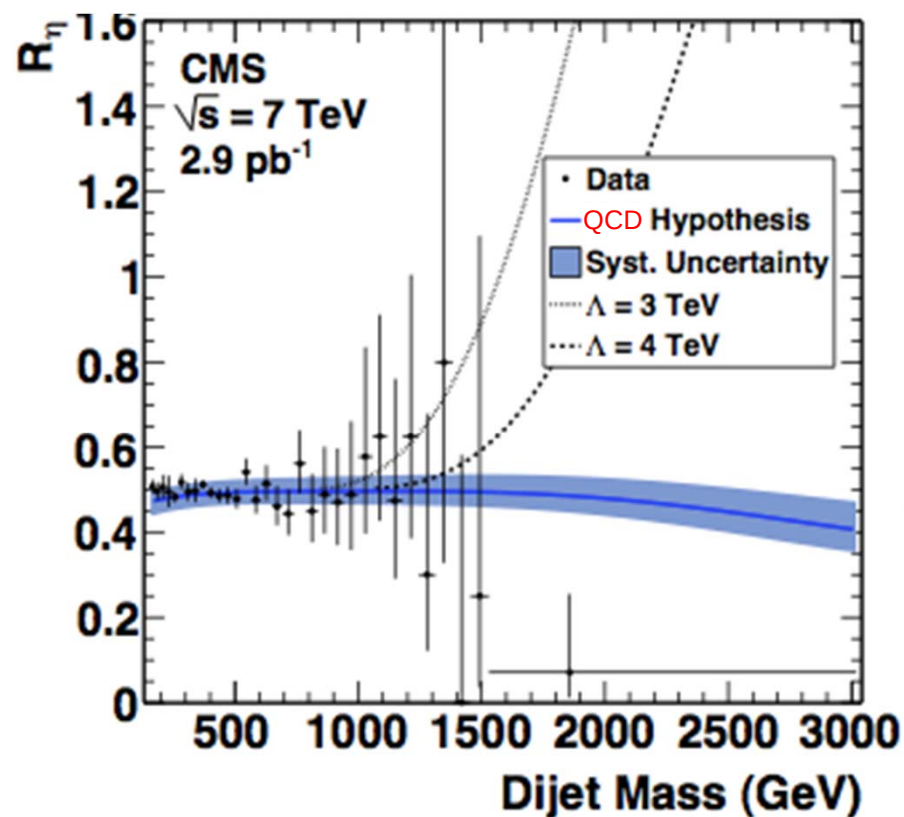
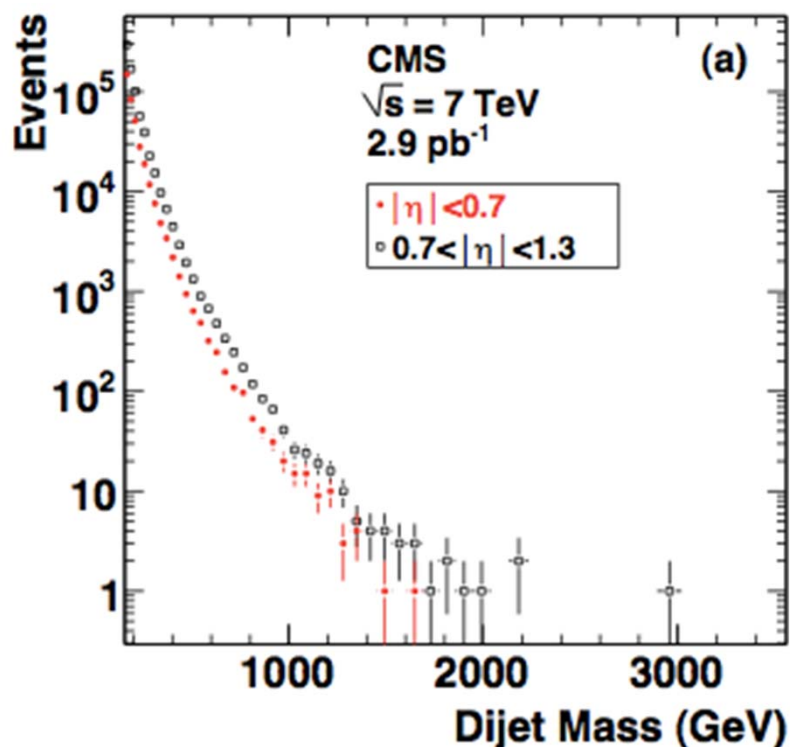


Quark compositeness/QCD

Centrality
ratio

$$R_{\eta} = \frac{\sum_{|\eta| < 0.7} \text{Dijets}}{\sum_{0.7 < |\eta| < 1.3} \text{Dijets}}$$

Contact interaction: excluded for $\Lambda < 4$ TeV (higher than expected ~ 2.9 TeV- due to fewer-than-expected events at high Dijet mass)



2011: “reasonable” numbers

- 4 TeV (to be discussed at Chamonix)
- 936 bunches (75 ns)
- 3 micron emittance
- 1.2×10^{11} protons/bunch
- $\beta^* = 2.5$ m, nominal crossing angle

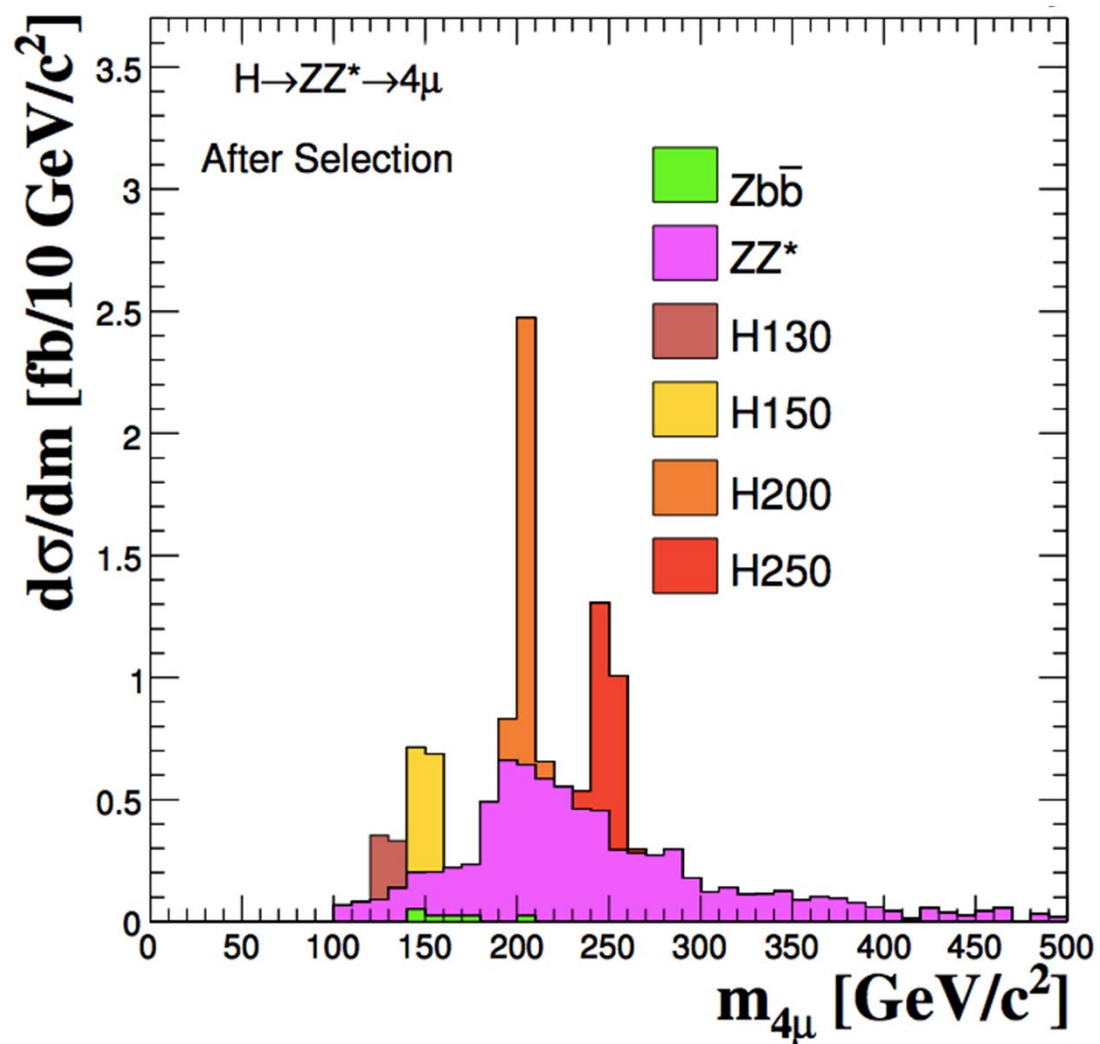
Peak luminosity	6.4×10^{32}
Integrated per day	11 pb^{-1}
200 days	2.2 fb^{-1}
Stored energy	72 MJ

Usual warnings apply – see problems, problems above



4 μ mass

PAS HIG 008-3





Higgs search perspectives

5 to 10 fb⁻¹ of accumulated lumi become very interesting



With 5 fb⁻¹ can exclude or have 3 σ evidence from 114 to 600 GeV

