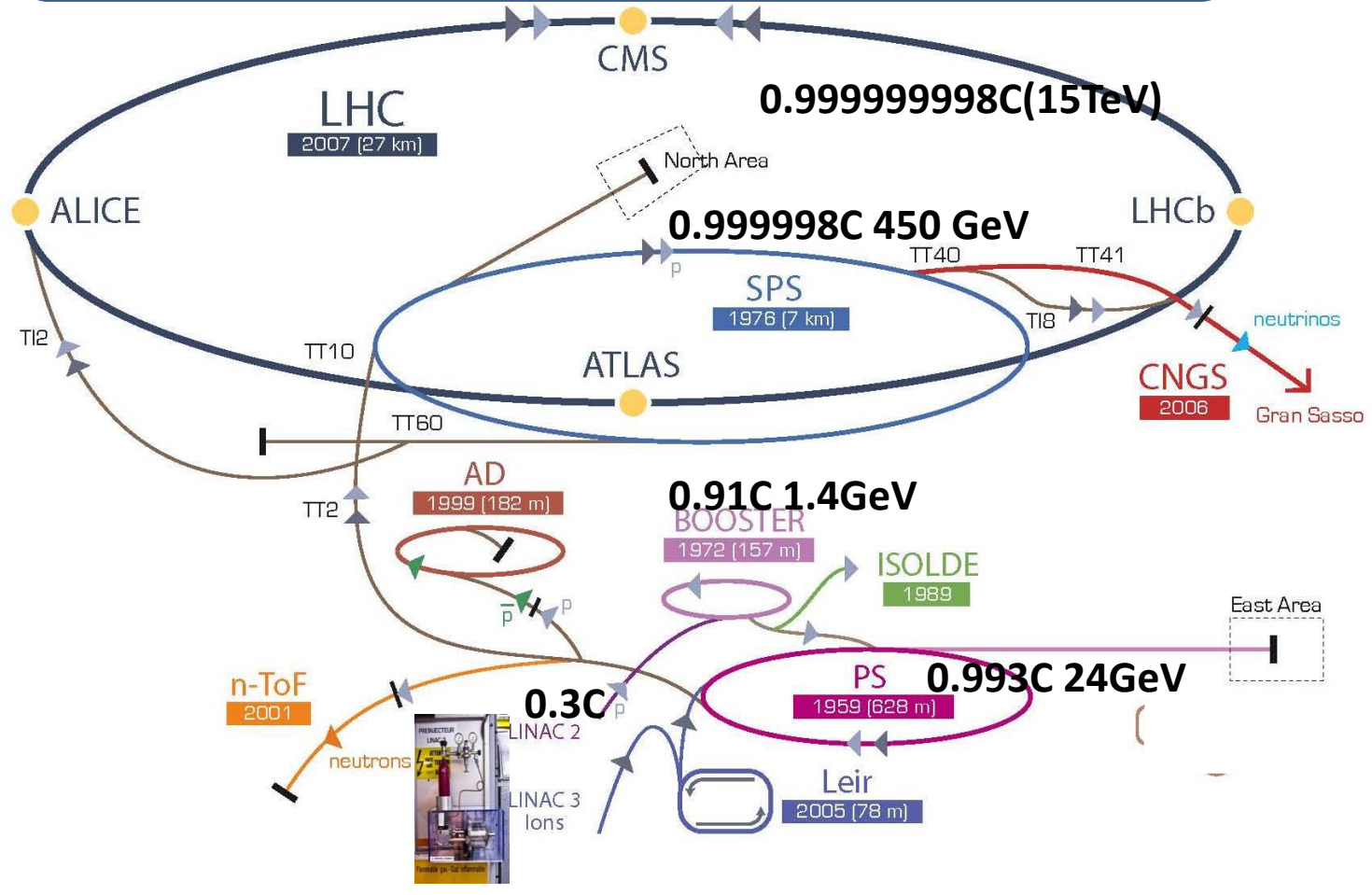


# Εισαγωγή στους ανιχνευτές σωματιδίων στο CERN

...και ίσως μερικές πιθανές ιδέες για τους μαθητές  
σας

Οι επιταχυντές στο CERN: αναπαραγουν σε **καθωρισμένο** χωρο την μορφη που ειχε η υλη ενα δισεκατομμυριοστο του sec μετα το Big Bang-οι ανιχνευτες την φωτογραφιζουν!



▶ p [proton]   ▶ ion   ▶ neutrons   ▶  $\bar{p}$  [antiproton]   ▶  $\leftrightarrow$  proton/antiproton conversion   ▶ neutrinos   ▶ electron

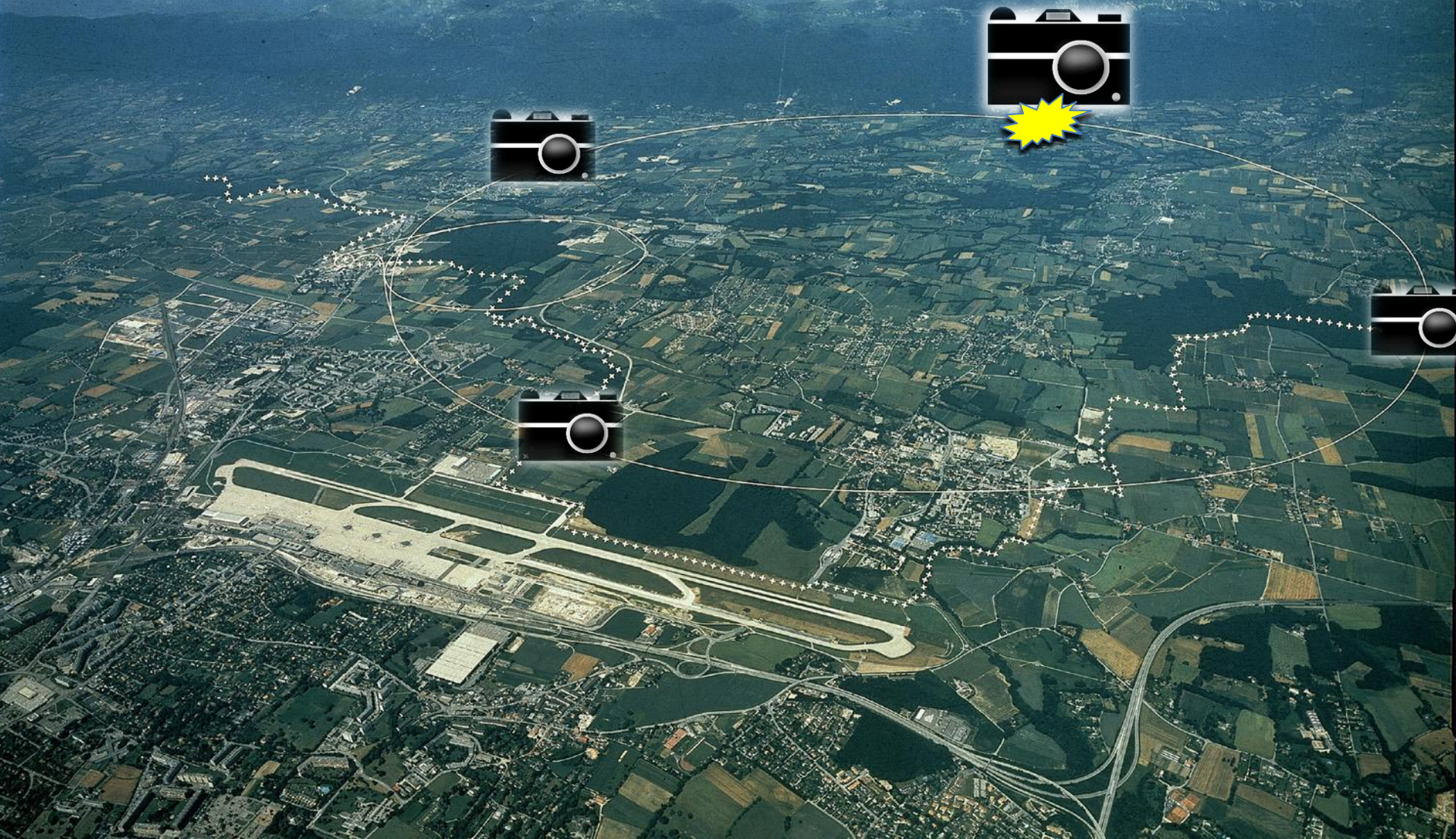
LHC Large Hadron Collider   SPS Super Proton Synchrotron   PS Proton Synchrotron

AD Antiproton Decelerator   CTF3 Clic Test Facility   CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso   ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice

LEIR Low Energy Ion Ring   LINAC LINear ACcelerator   n-ToF Neutrons Time Of Flight

# Ο Large Hadron Collider

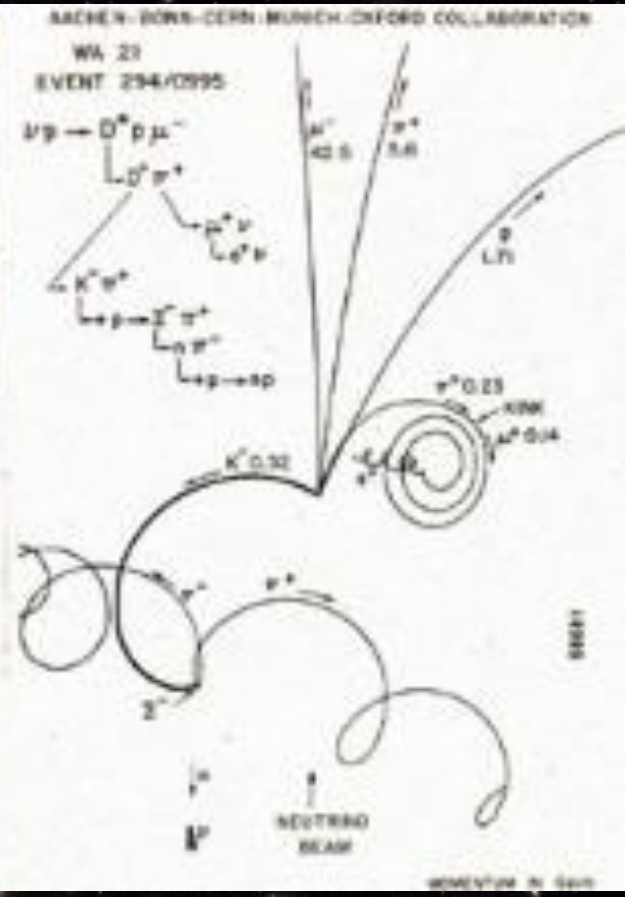
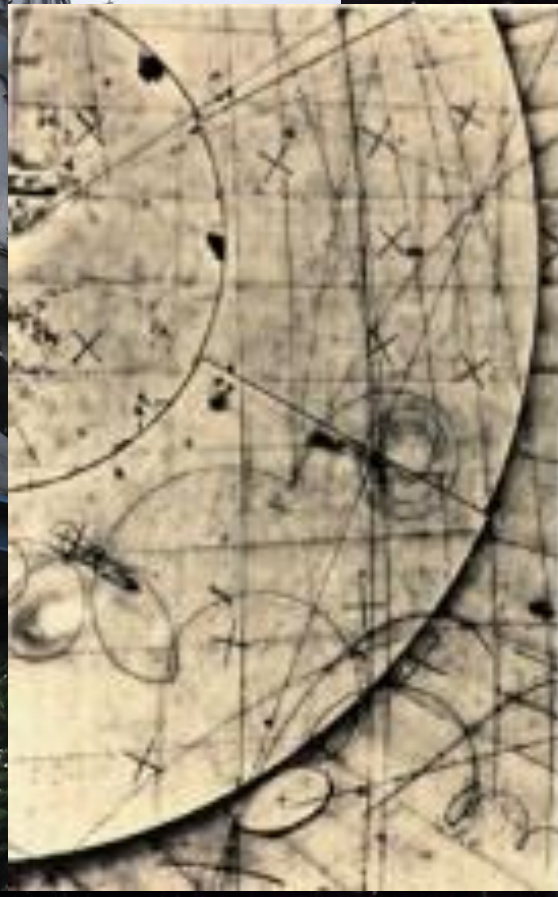
και οι ανιχνευτές/καμερες..

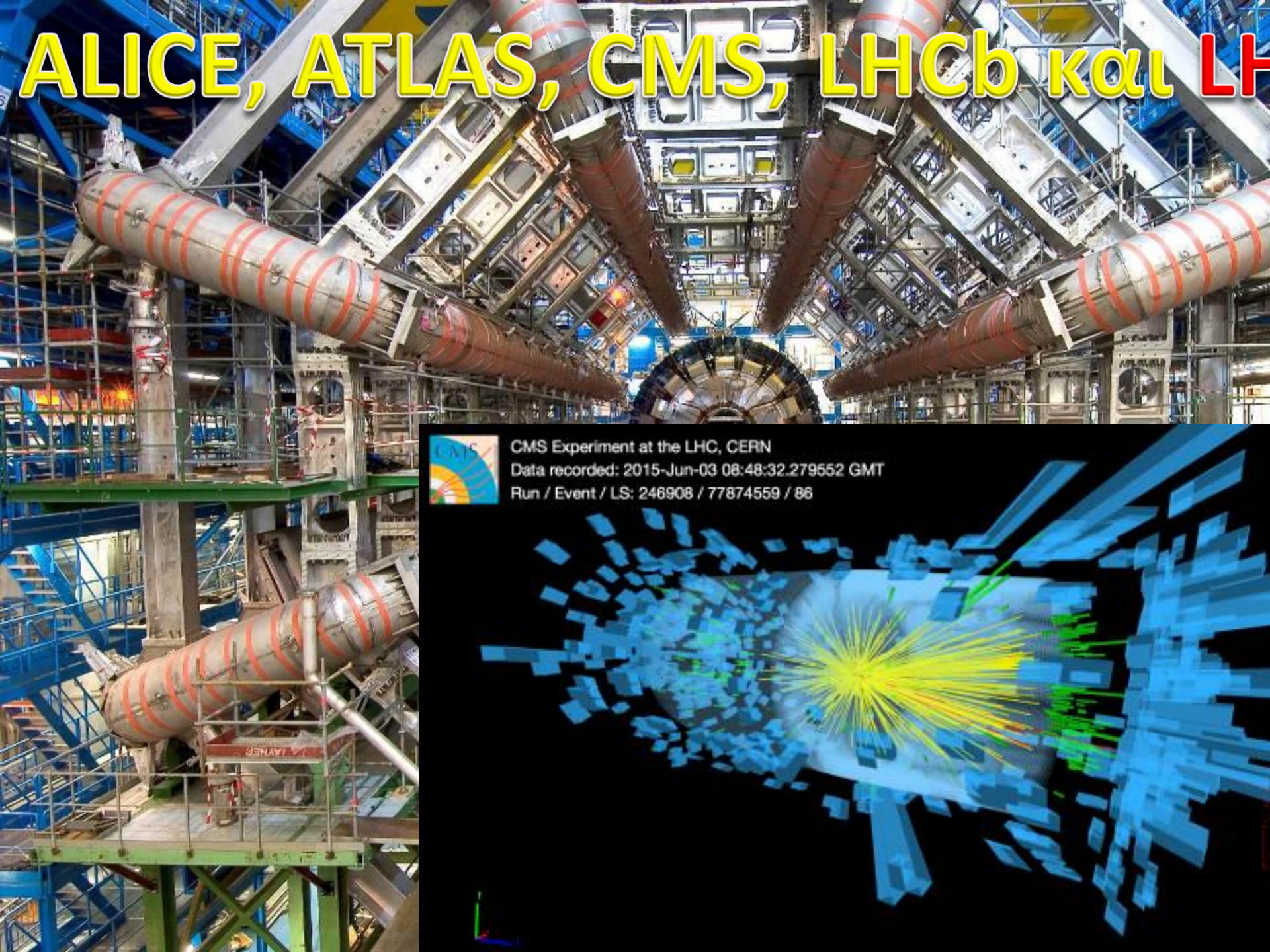


# Gargemelle PS και SPS



# BEBC και SPS

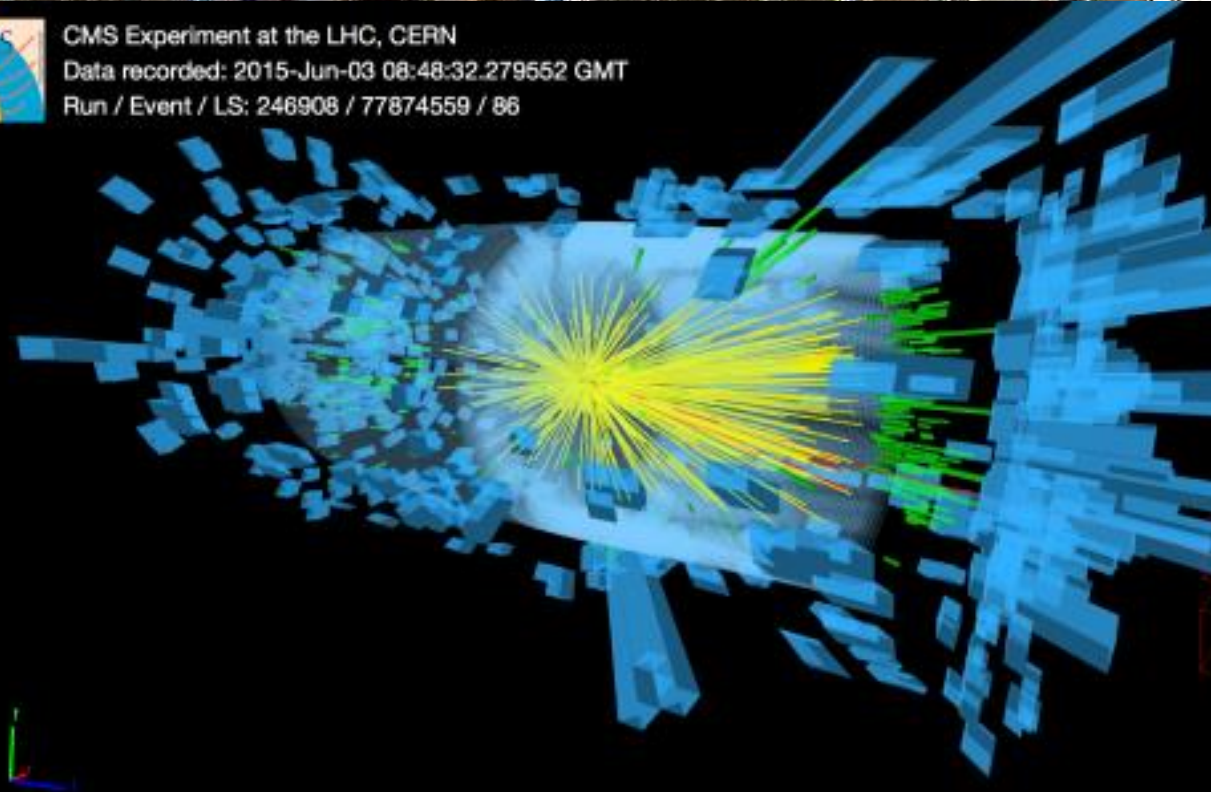




# ALICE, ATLAS, CMS, LHCb και LHC



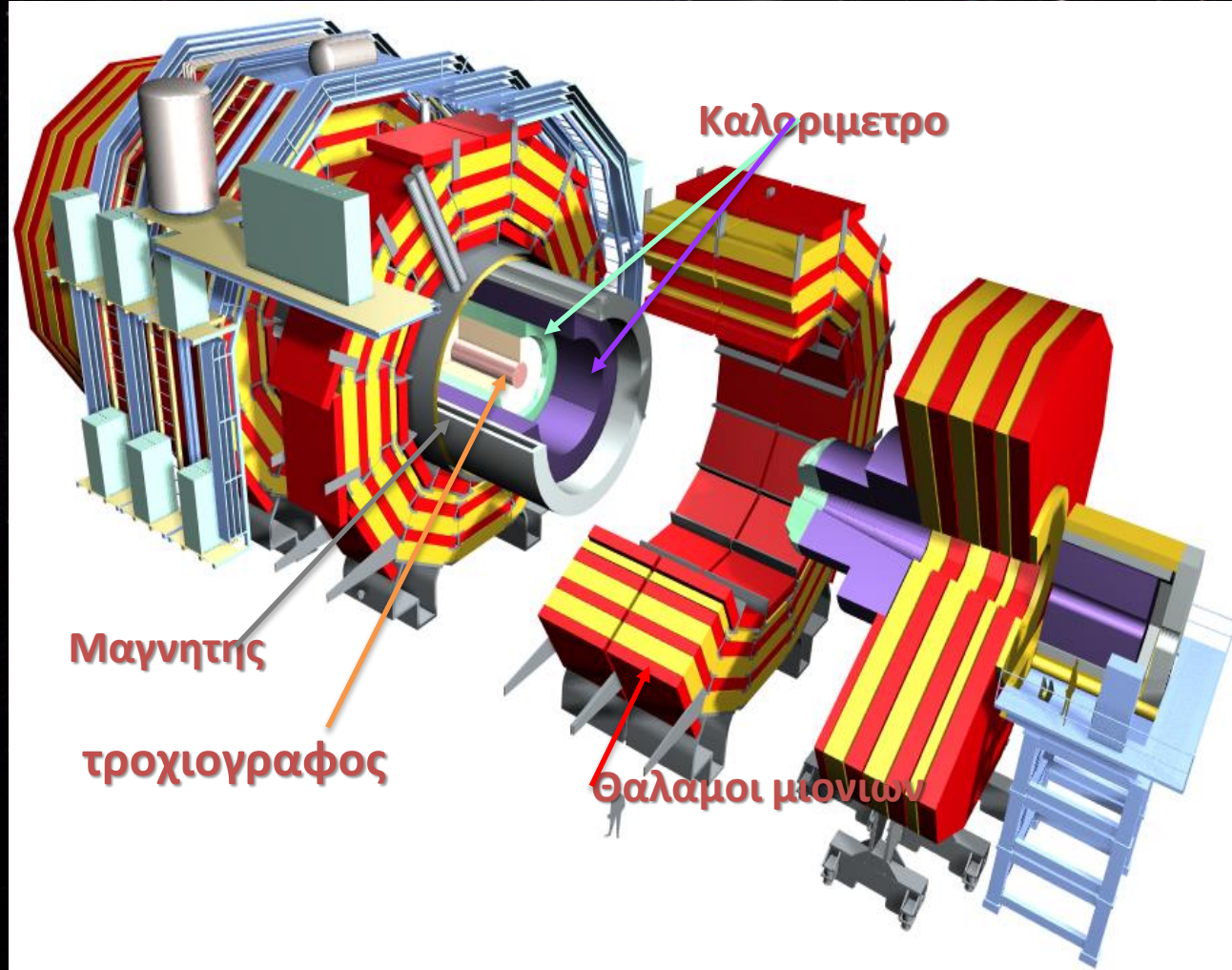
CMS Experiment at the LHC, CERN  
Data recorded: 2015-Jun-03 08:48:32.279552 GMT  
Run / Event / LS: 246908 / 77874559 / 86



# Οι ανιχνευτές-κάμερες

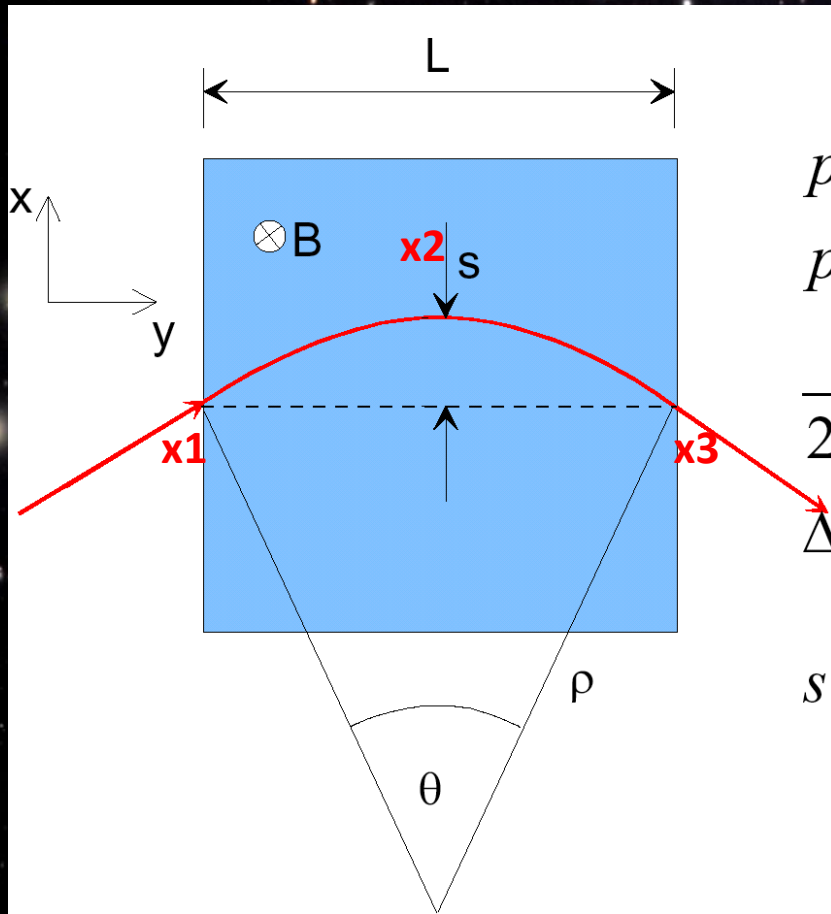
- Είναι οι «μηχανές» που χρησιμοποιούμε για να βρούμε γιατί ο κόσμος μας είναι έτσι.
- Γιατί τα σωματίδια έχουν διαφορετικές μαζές
- Τι είναι η σκοτεινή ύλη στο σύμπαν
- Εάν ισχύουν οι διαφορές θεωρίες που αποπειρώνται να συμπληρώσουν/αντικαταστήσουν το “standard model”
- Πώς ήταν η καυτή, πυκνή πρώτη μορφή της ύλης κλάσματα του δευτερολέπτου μετά την Μεγάλη Έκρηξη
- Εάν οι θεωρίες ενοποιηθείς μπορούν να επαληθευτούν

# Οι ανιχνευτές-καμερες είναι κατως ετσι...





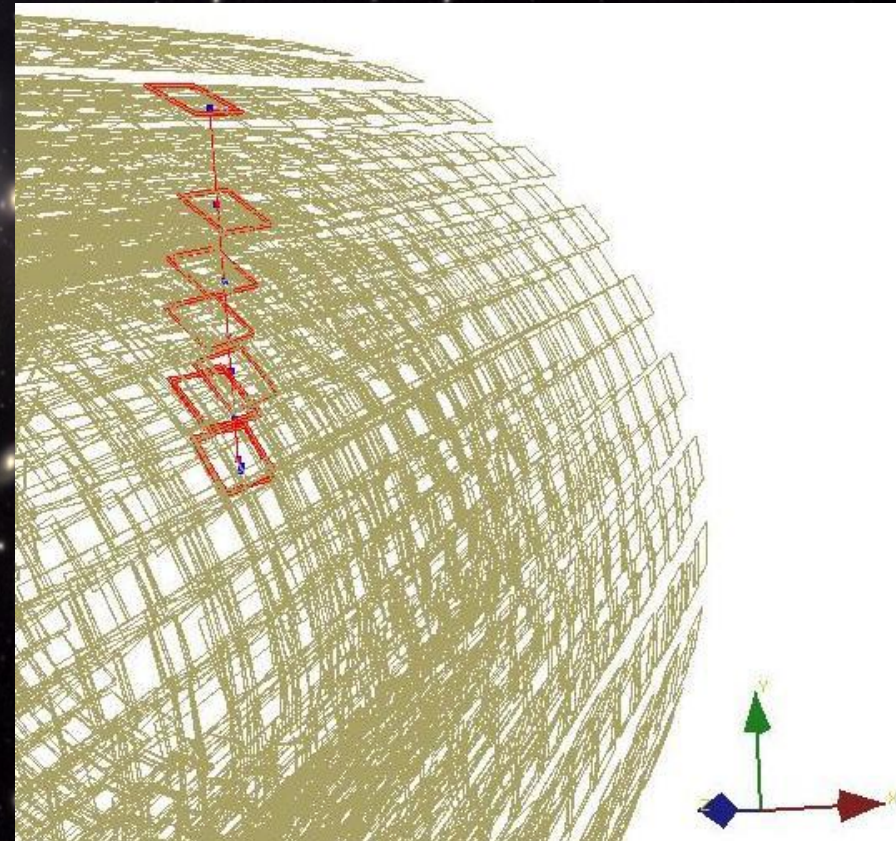
# Οι ανιχνευτές-καμερες Τροchioγραφος



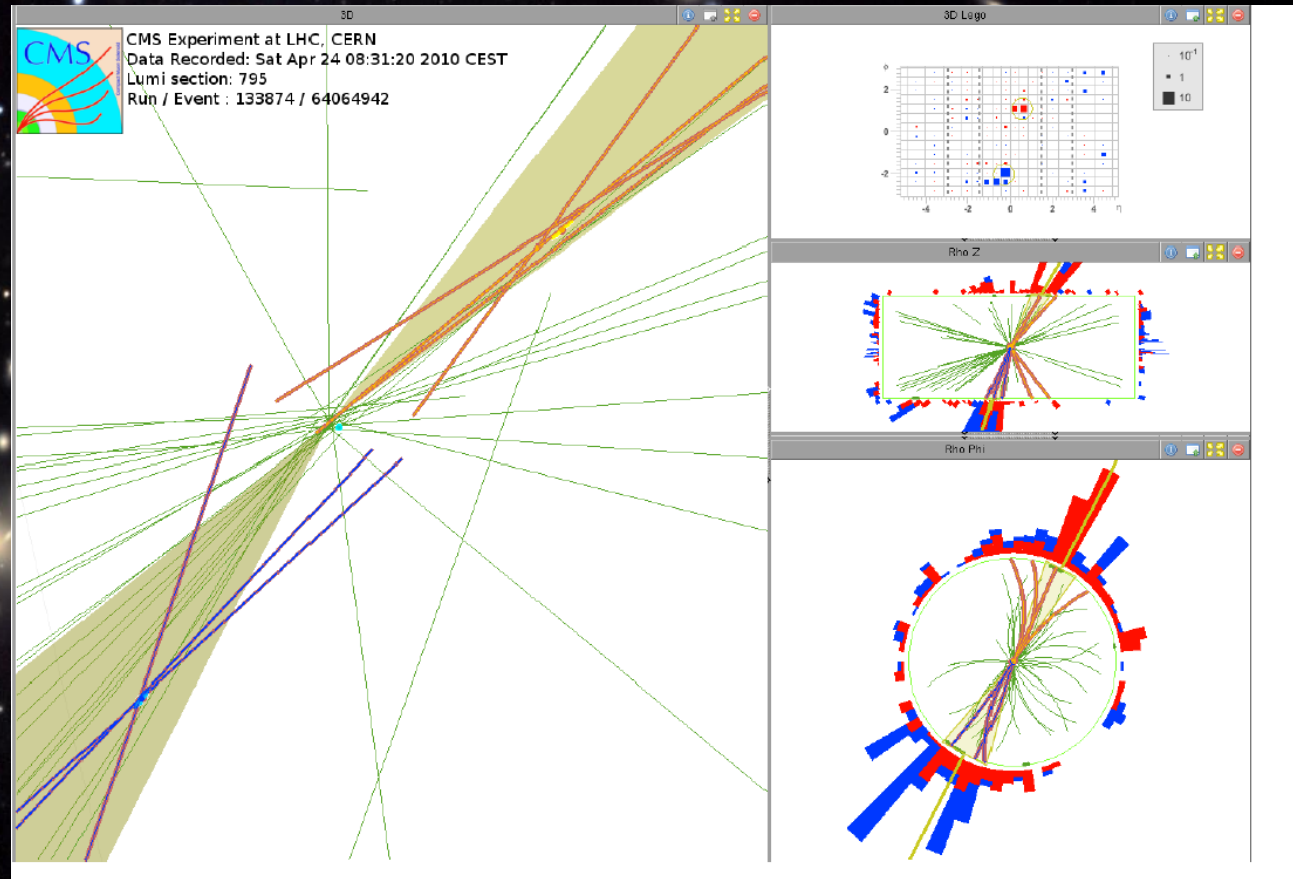
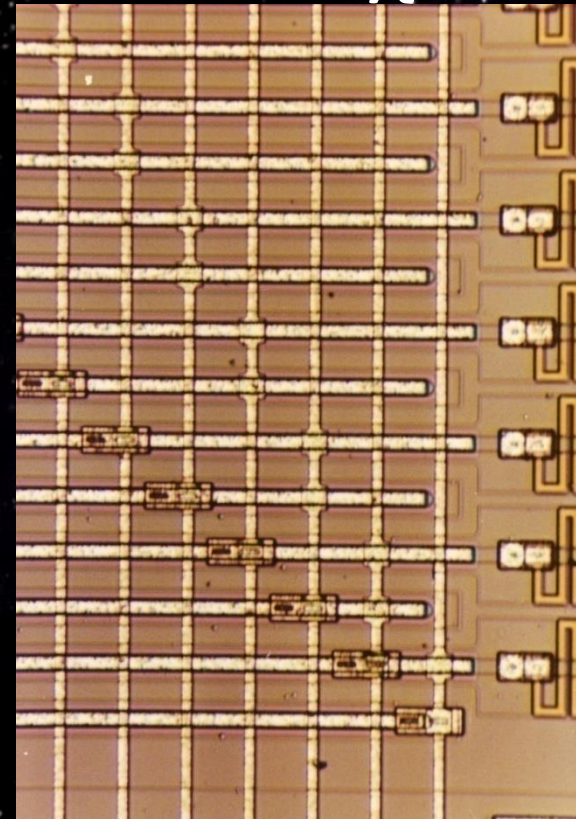
καμπυλότητα

$$\kappa = \frac{1}{\rho}$$

$$p_T = qB\rho$$

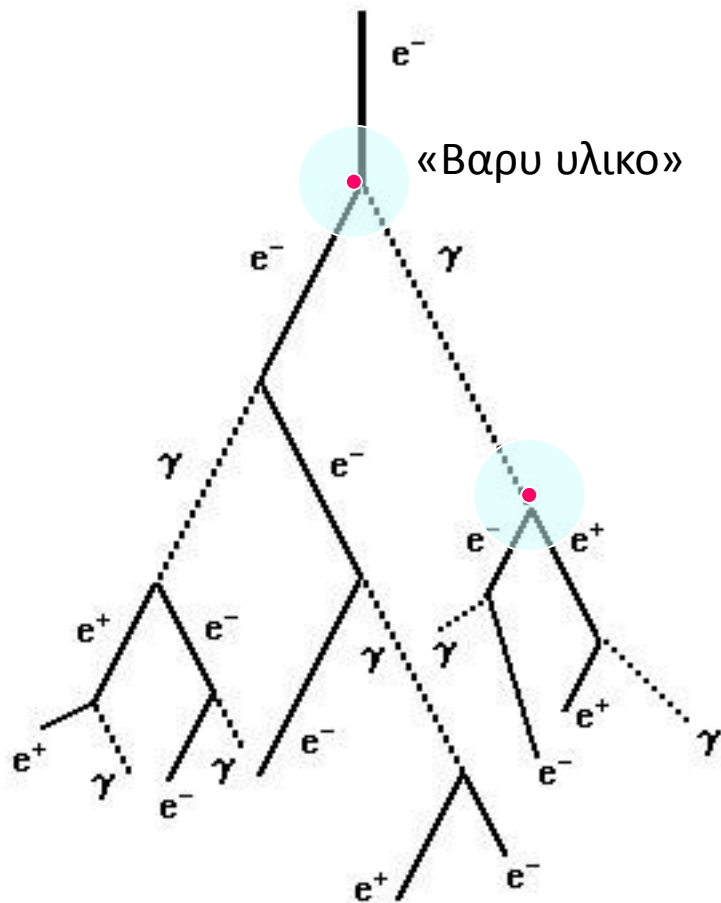


# Οι ανιχνευτές-καμερες Τροχιογραφος



- Μετρηση του τυπου: 20-200 $\mu$ m
- Σφαλμα  $\sim$  2 $\mu$ m
- Γρηγορα!  $\sim$  10ns

# Οι ανιχνευτες-καμερες Καλοριμετρα



## Ηλεκτρομαγνητικα

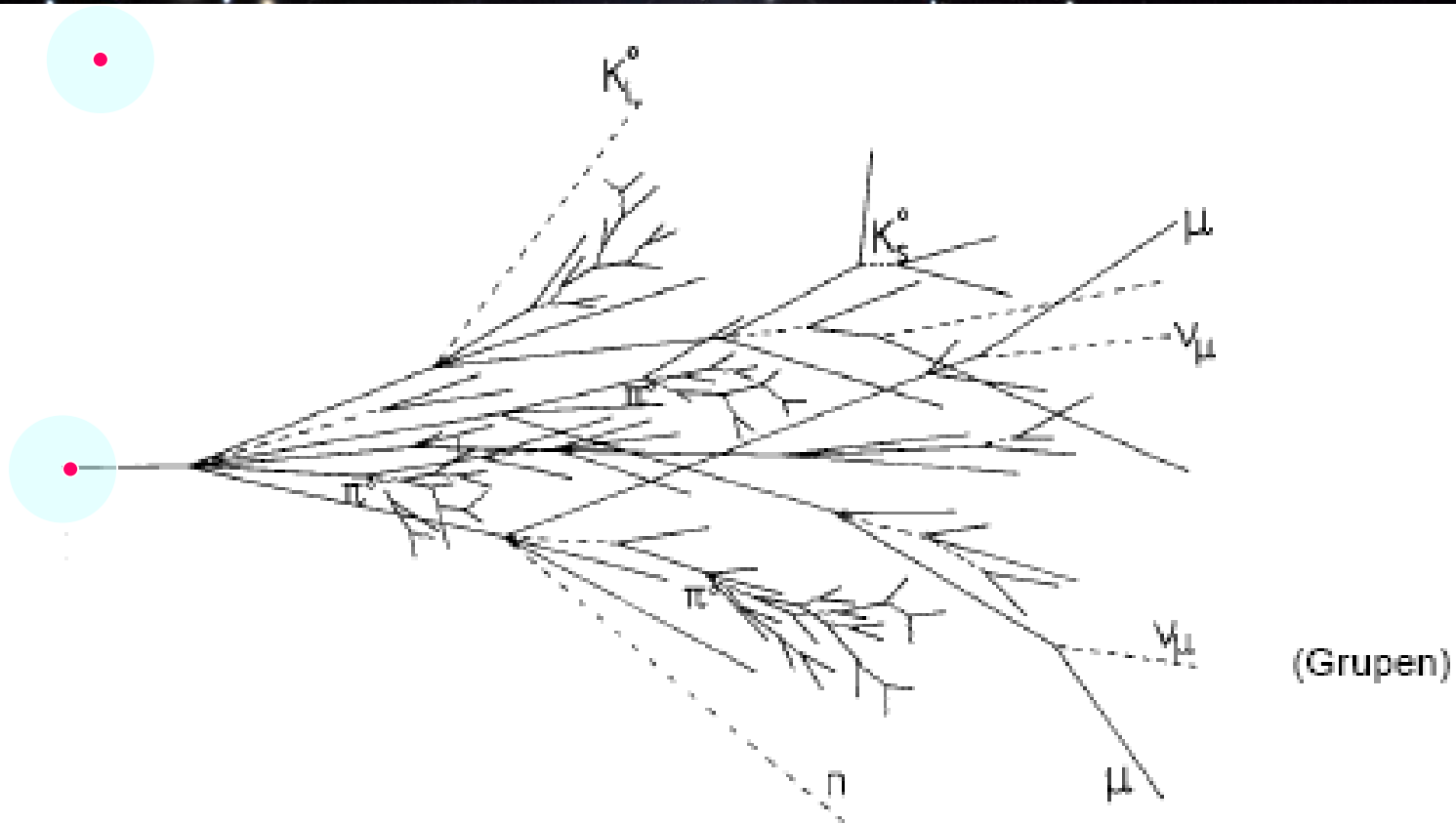
Διδυμη γεννηση, ακτινοβολια πεδησεως σκεδαση κτλ-η αρχικη ενεργεια του σωματιδιου «μεταφραζεται» σε φωτονια και ηλεκτρονια που «φωτογραφιζονται»

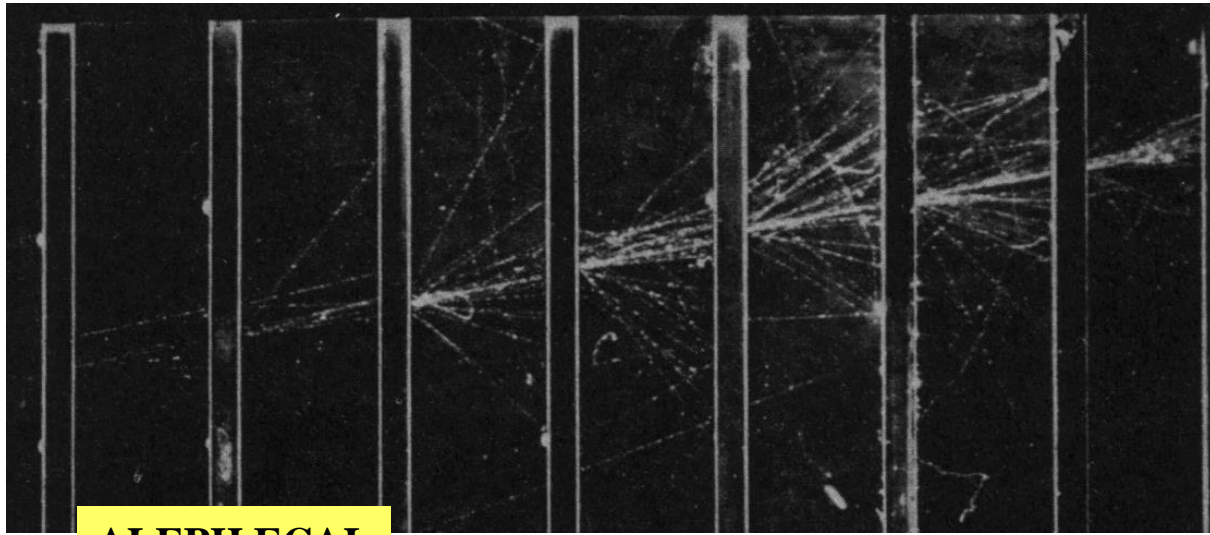
# Οι ανιχνευτές-καμερες Καλοριμετρα

Αδρονικα

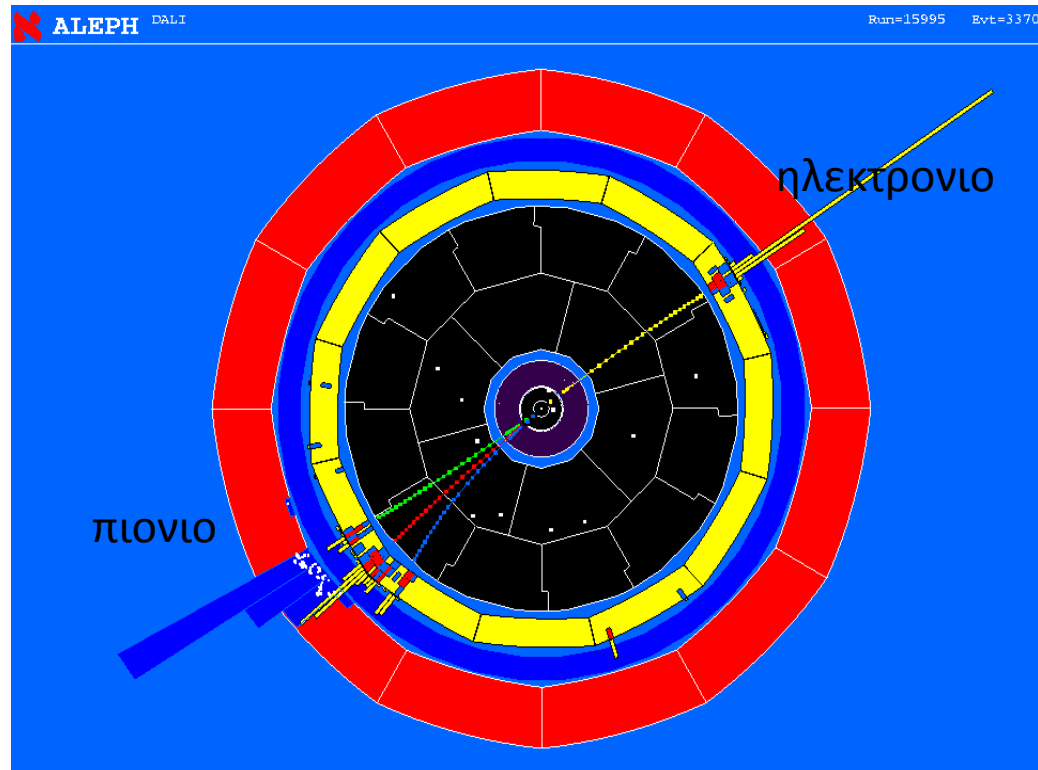
Αδρονικο κομματι καταλωνισμου+ Ηλεκτρομαγνητικο

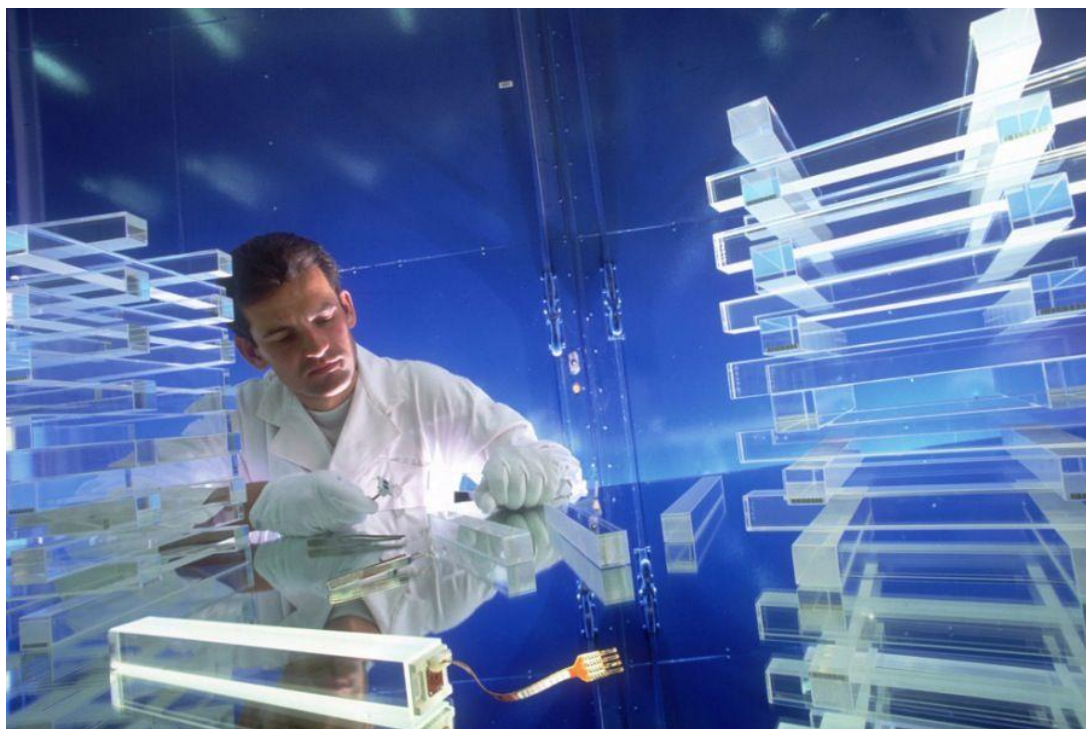
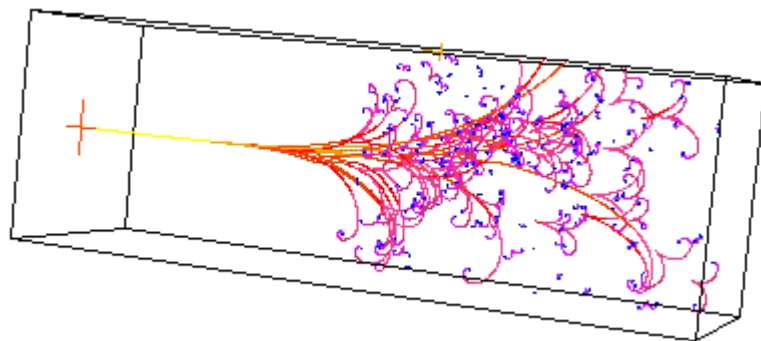
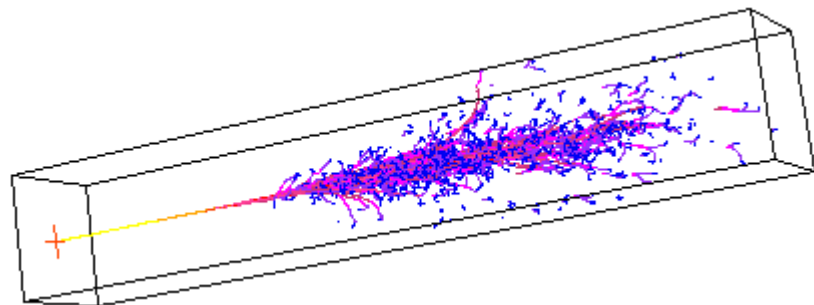
«Βαρυ υλικο»





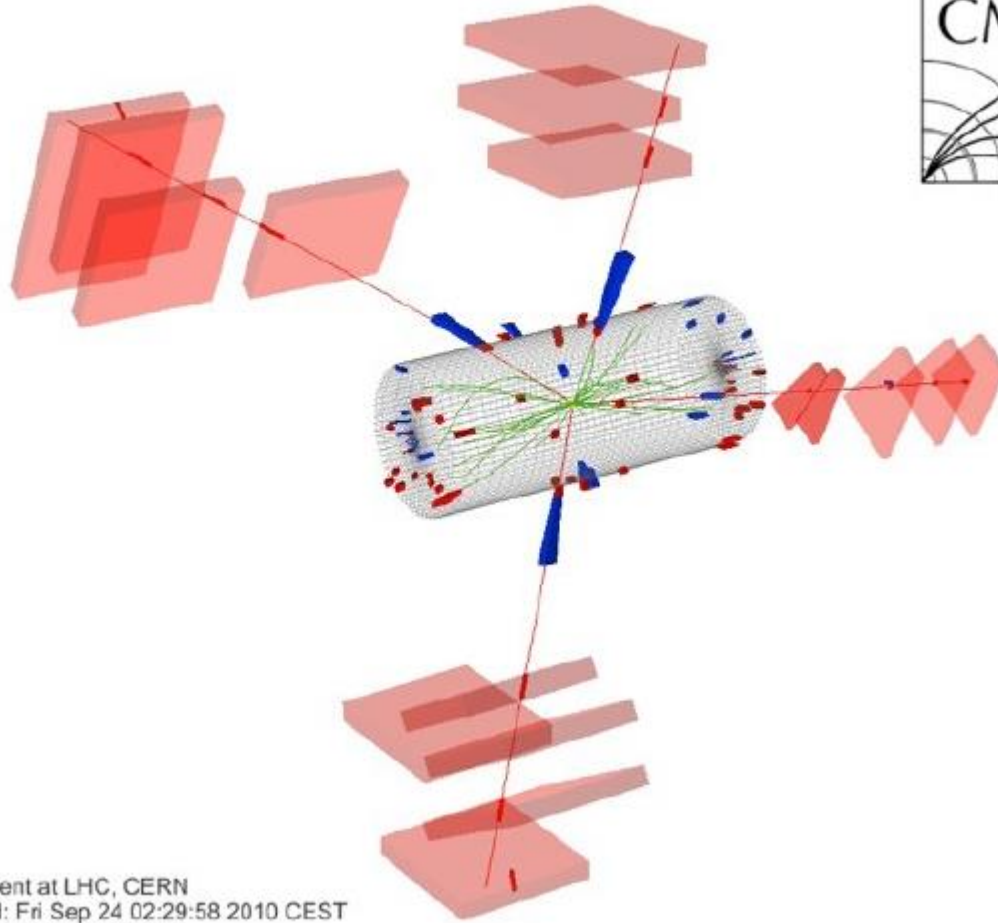
ALEPH ECAL





# Οι ανιχνευτές-θαλαμοι μιονιων

3D view



CMS Experiment at LHC, CERN  
Data recorded: Fri Sep 24 02:29:58 2010 CEST  
Run/Event: 146511 / 504867308

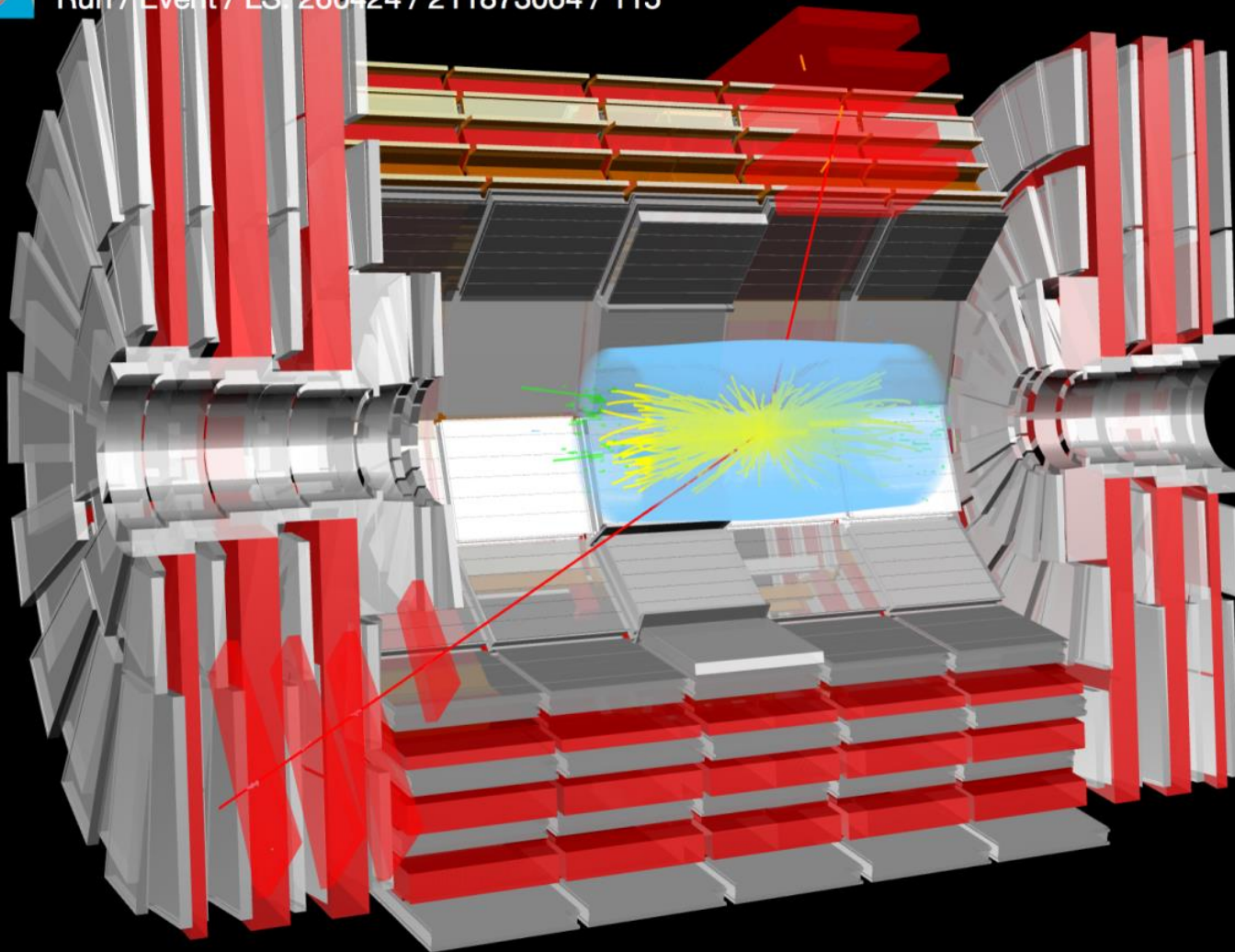
# Οι ανιχνευτες-θαλαμοι μιονιων



CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2015-Oct-30 19:23:54.631552 GMT

Run / Event / LS: 260424 / 211873064 / 115





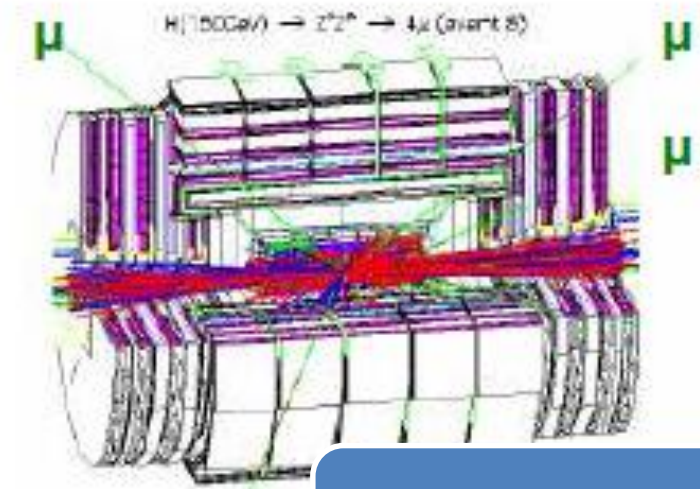
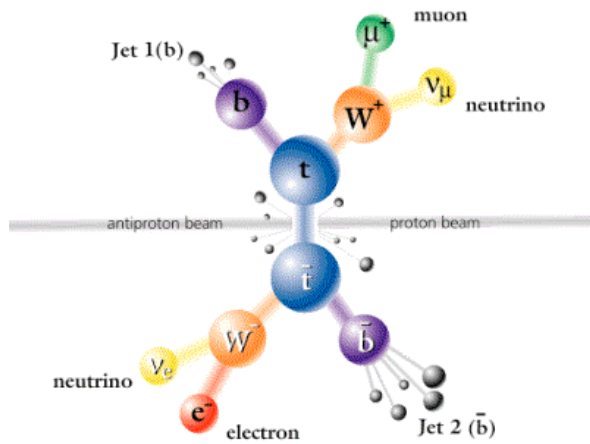
Οι συγχρονοι μεγαλοι ανιχνευτες στο CERN: φωτογραφιζουν με μεγαλη χρονο-χωρικη ακριβεια την συμπεριφορα της υλης στις συνθηκες αμεσως μετα το Big Bang (“αμεσως “  $<10^{-9}$  sec)

- Οι ανιχνευτες ειναι πραγματικα μεγαλοι....

Ονομα	Βαρος (tn)	Μεγεθος (z,r)	Αρχικο κοστος (MCHF)	Ανθρωποι
ALICE	10000	26,16	~300	~1500
ATLAS	7000	44,22	~550	~3000
CMS	13000	21,16	~550	~3700
LHCb	4500	20, 5+	~300	~800

...γιατι πρεπει να «φωτογραφισουν» πολυ «μικρα» αντικειμενα ( $< 10^{-16}$  sec) , μιλαμε για αποστασεις μικρομετρου και χρονους ζωης φραγματα του psec. Οι ζητουμενες φωτογραφιες ειναι του μποζονιου Higgs, υπερσυμμετρικων σωματιδιων, mini μαυρες τρυπες, βαρυτονια η αλλες μορφες της υλης (quark – gluon plasma...)

# Θεωρια



# CMS «γεγονος»

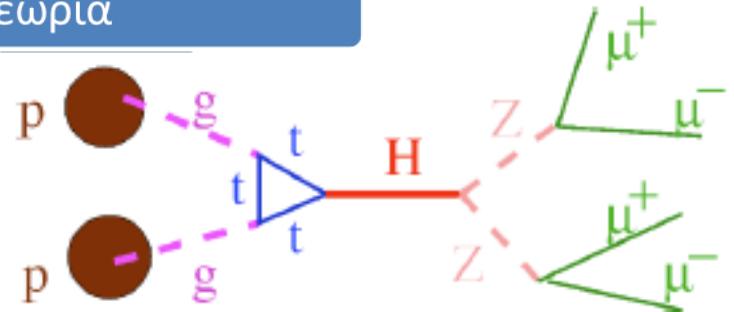


# CMS

$H \rightarrow \mu\mu\mu\mu$   
 $m(H) = 150\text{GeV}$   
 + 20 Min bias

CMS  
 “φωτογραφίζοντας”

# Θεωρια



# CMS

~13000 t

Υπεραγωγίμο σωληνοειδές

EM Καλοριμετρο

ECAL

Scintillating  
PbWO<sub>4</sub> crystals

Αδρονικο Καλοριμετρο

Plastic scintillator/brass  
sandwich

«Ζυγος» σιδηρου

15 m

τροχιογραφος

Silicon Microstrips  
Pixels

Total weight : 13,000 t ..  
Overall diameter : 15 m  
Overall length : 21.6 m  
Magnetic field : 4(3.8) Tesla

Θαλαμοι μιονιων

Θαλαμοι μιονιων

Drift Tube  
Chambers

Resistive Plate  
Chambers

Cathode Strip Chambers and  
Resistive Plate Chambers

22 m



# Οι 4 «μεγαλοι» ανιχνευτες του LHC:

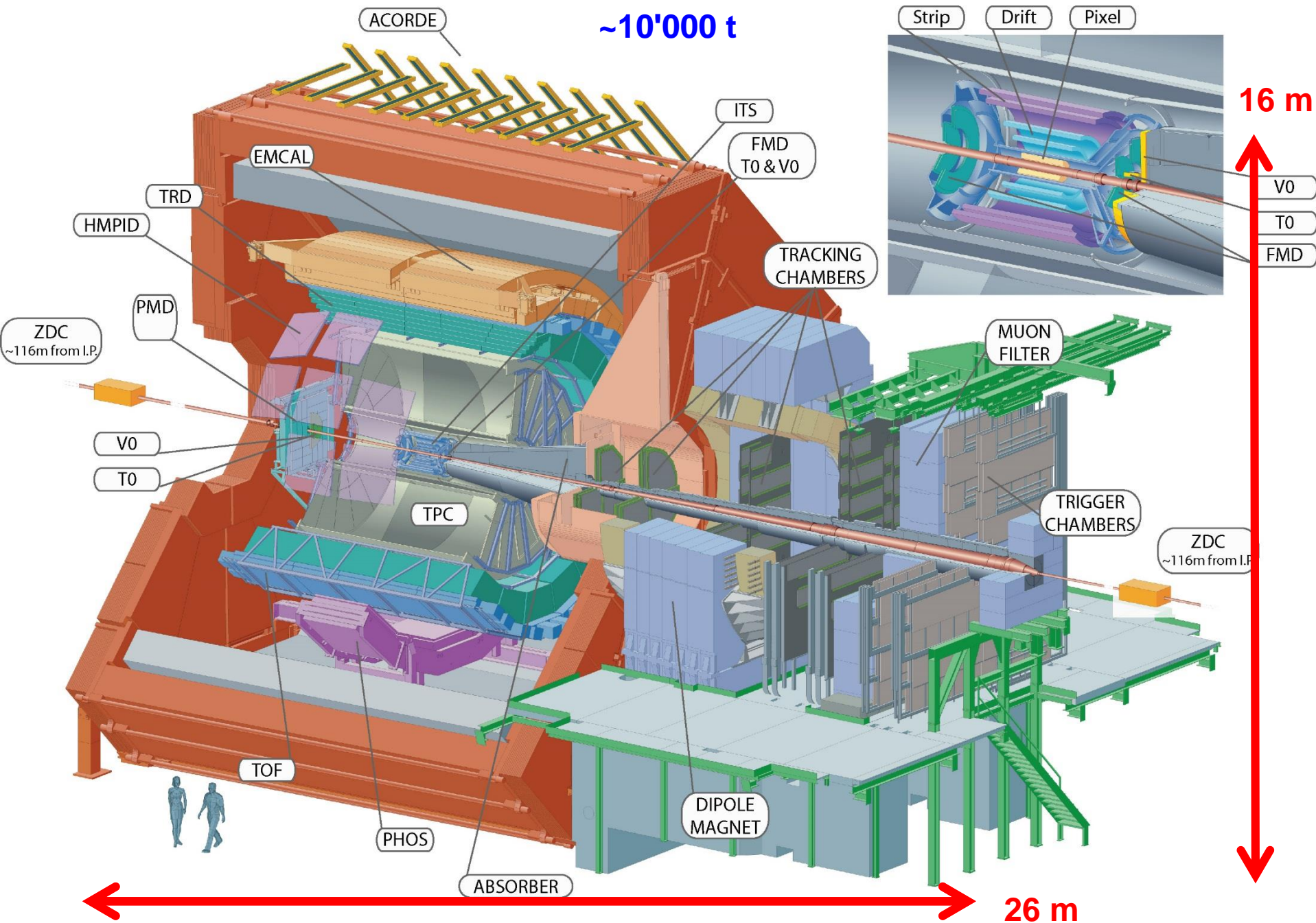
Εχουν ολοι τα ιδια περιπου κομματια (υπανιχνευτες)....

Υπανιχνευτης	ALICE	ATLAS	CMS	LHCb
Vertex detector/Tracker	✓	✓	✓	✓
Καλοριμετρο	✓	✓	✓	✓
Muon detector	✓	✓	✓	✓
Διαφορα	!!!!!!!	✓	✓	!!!!!!!

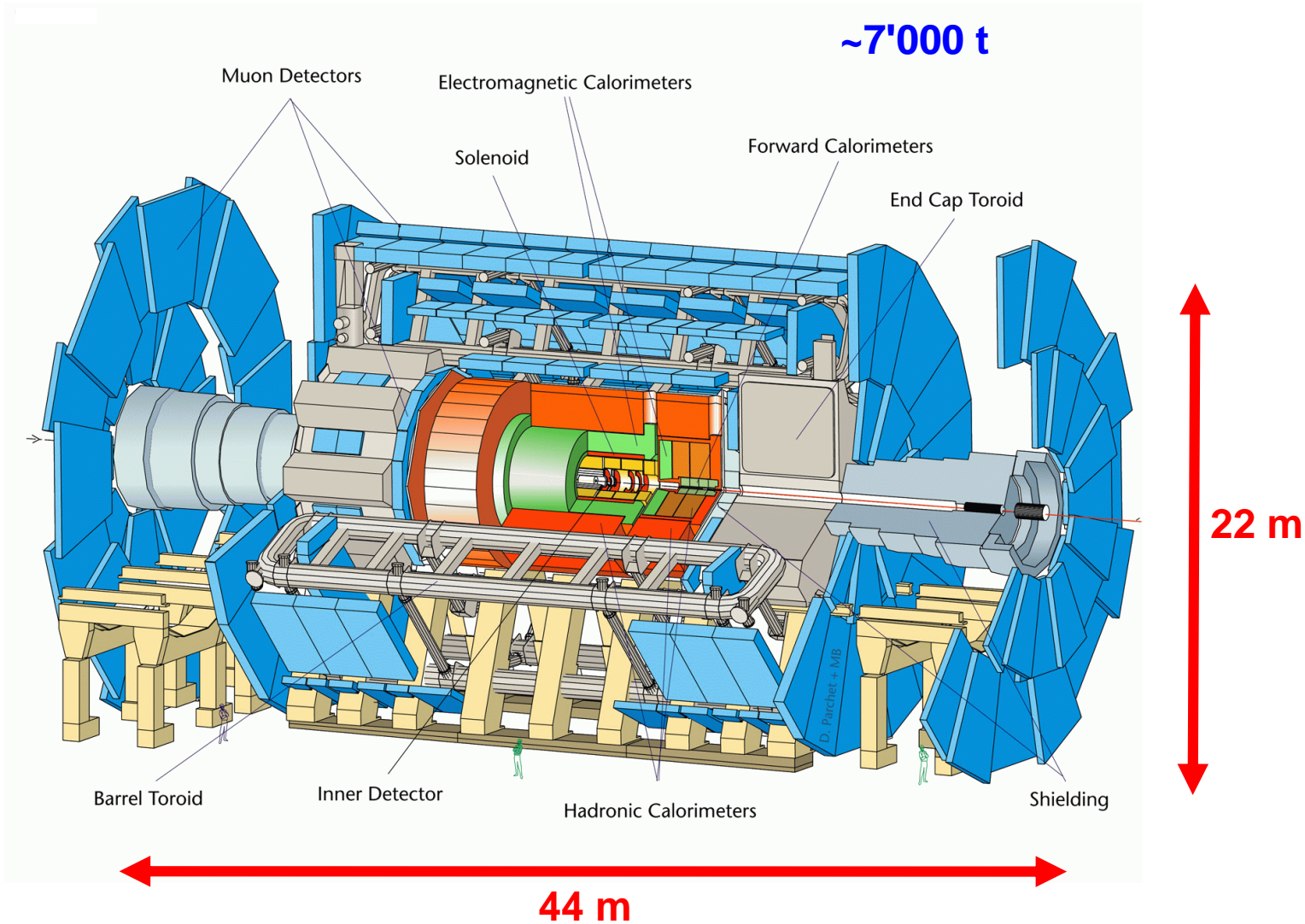
Ολοι εχουν εναν καταγραφεα τροχιων (Tracker στα Ελληνικα!) για να «βλεπουν» την διαδρομη των φορτισμενων σωματιδιων στο χωρο

Ολοι εχουν ενα καλοριμετρο (Ηλεκτρομαγνητικο και Αδρονικο) για να μετρουν την ενεργεια

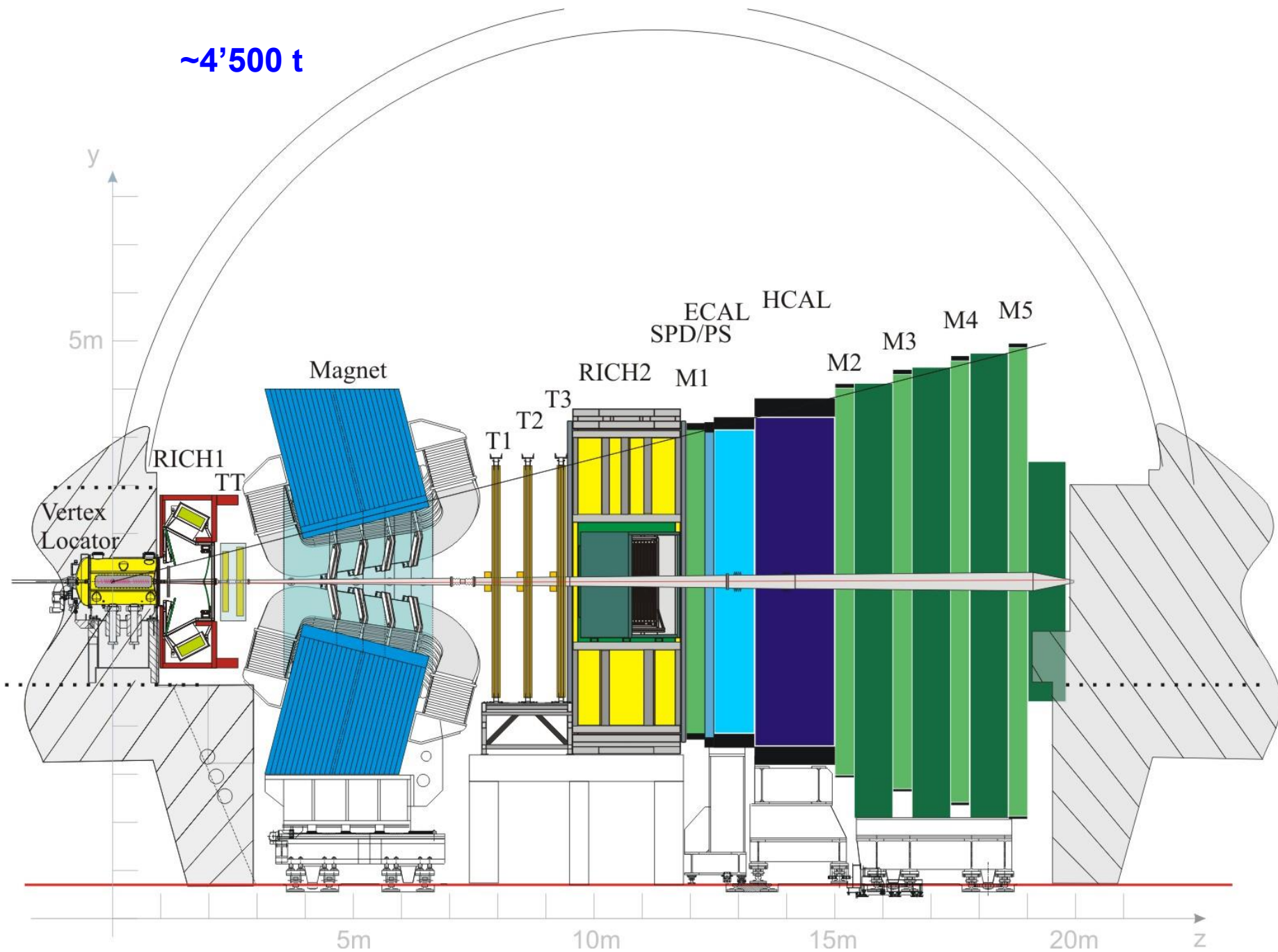
Ολοι εχουν ανιχνευτες μιονιων-γιατι τα μιονια δεν «πεθαινουν» στα καλοριμετρα και η ανιχνευση τους ειναι πολυ σημαντικη



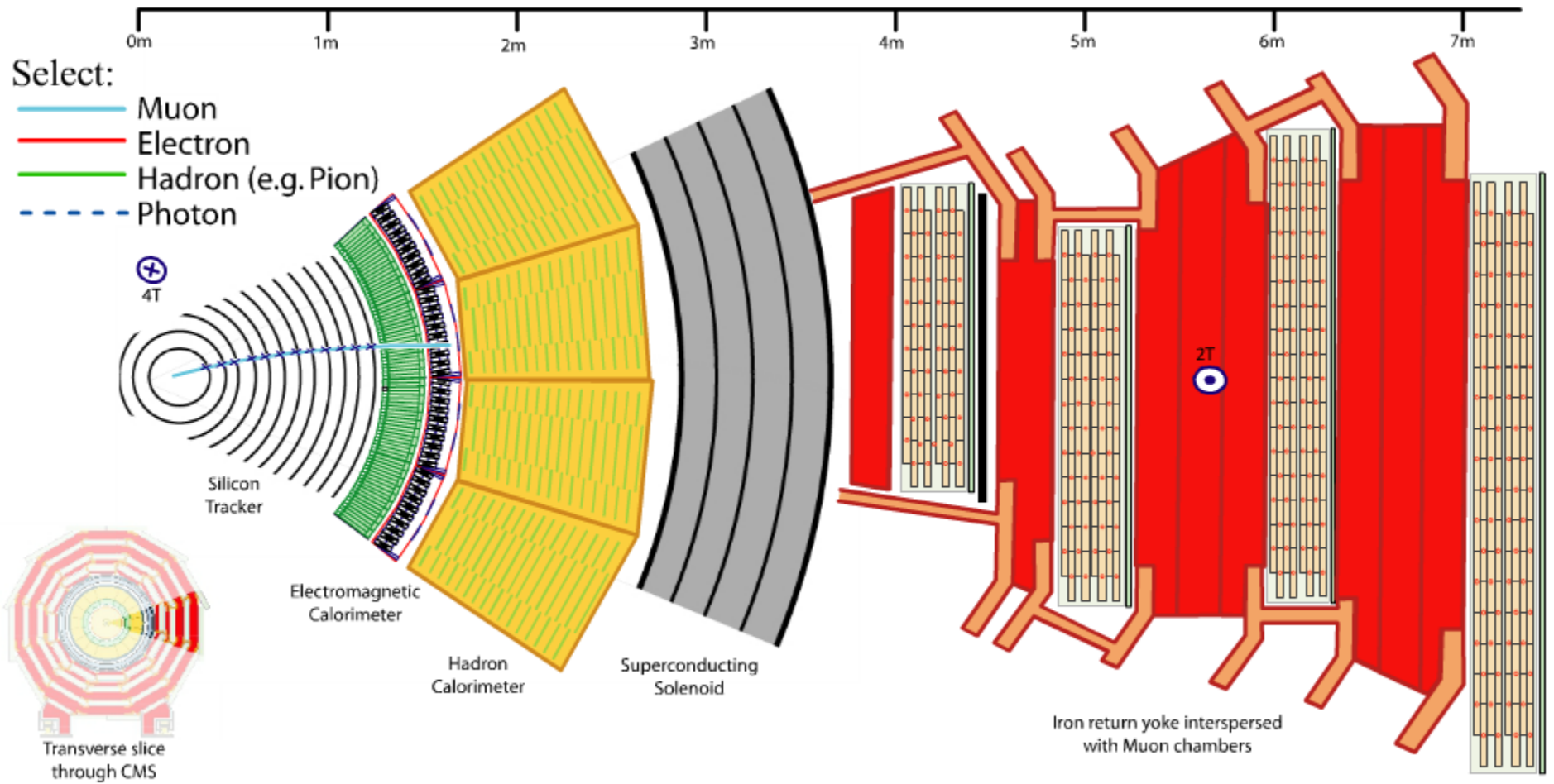
# ATLAS



~4'500 t



# Μια «φρετα» του CMS





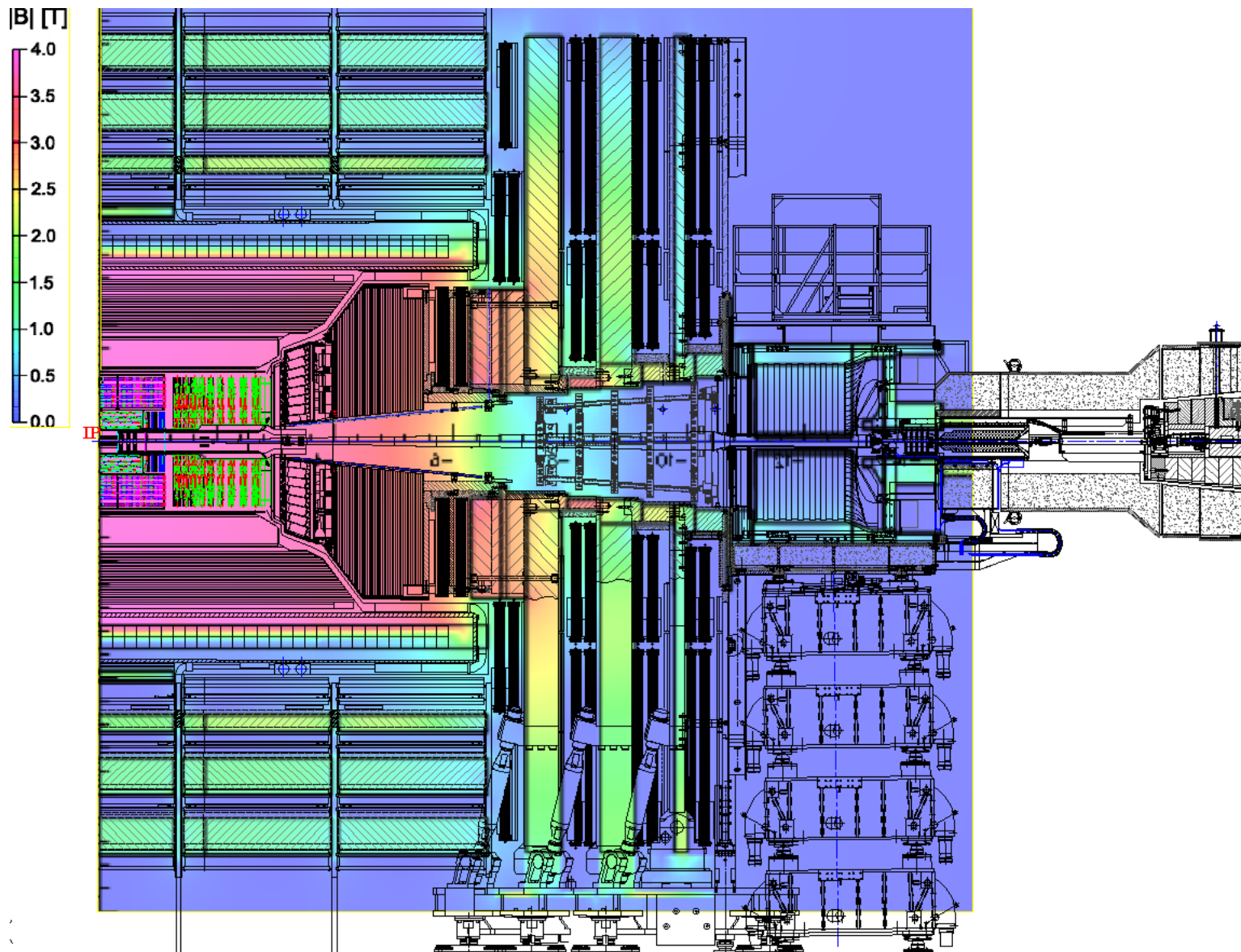


«Βαρια» υλικαι!

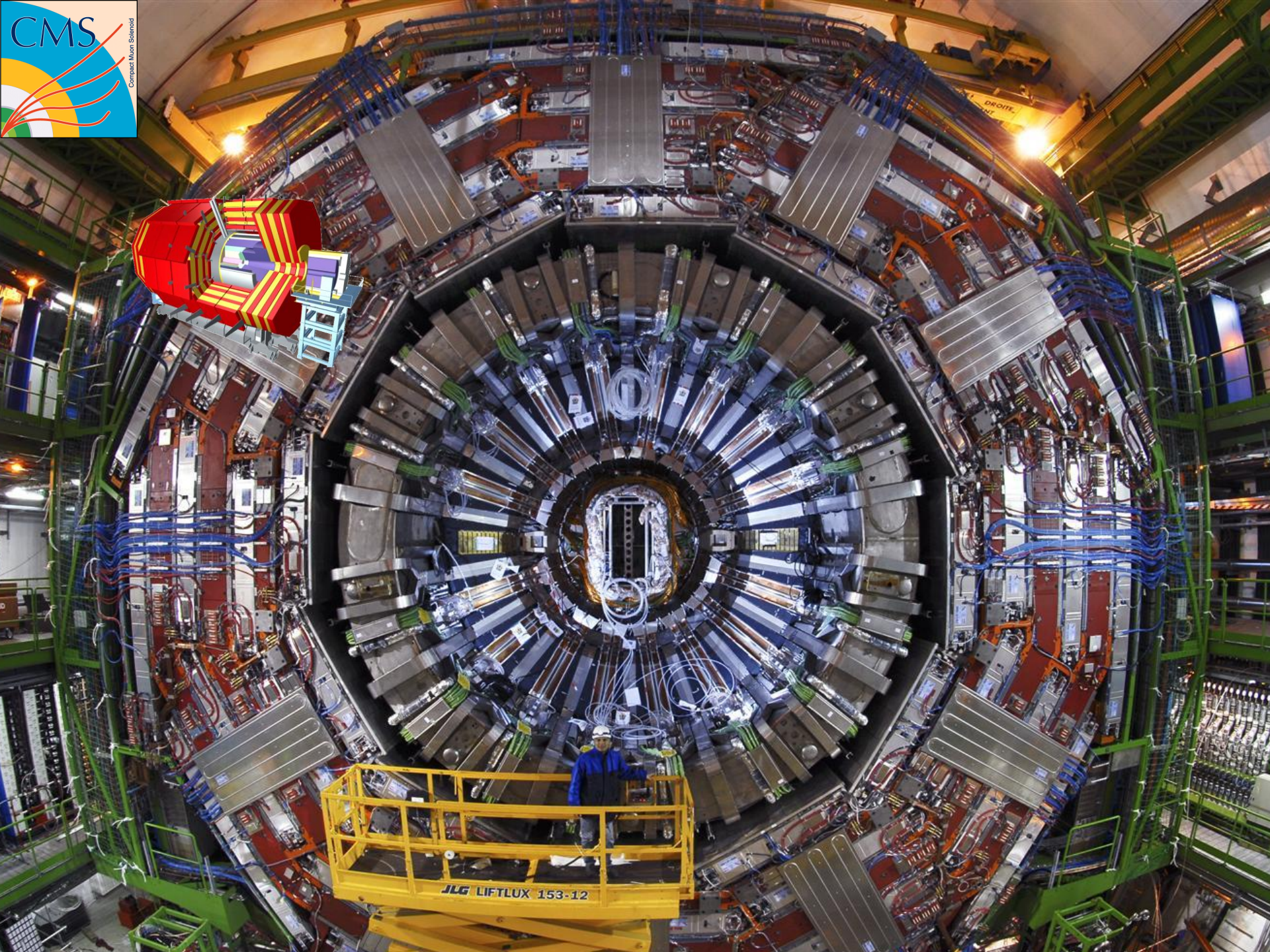
«Ελαφρα» υλικαι!

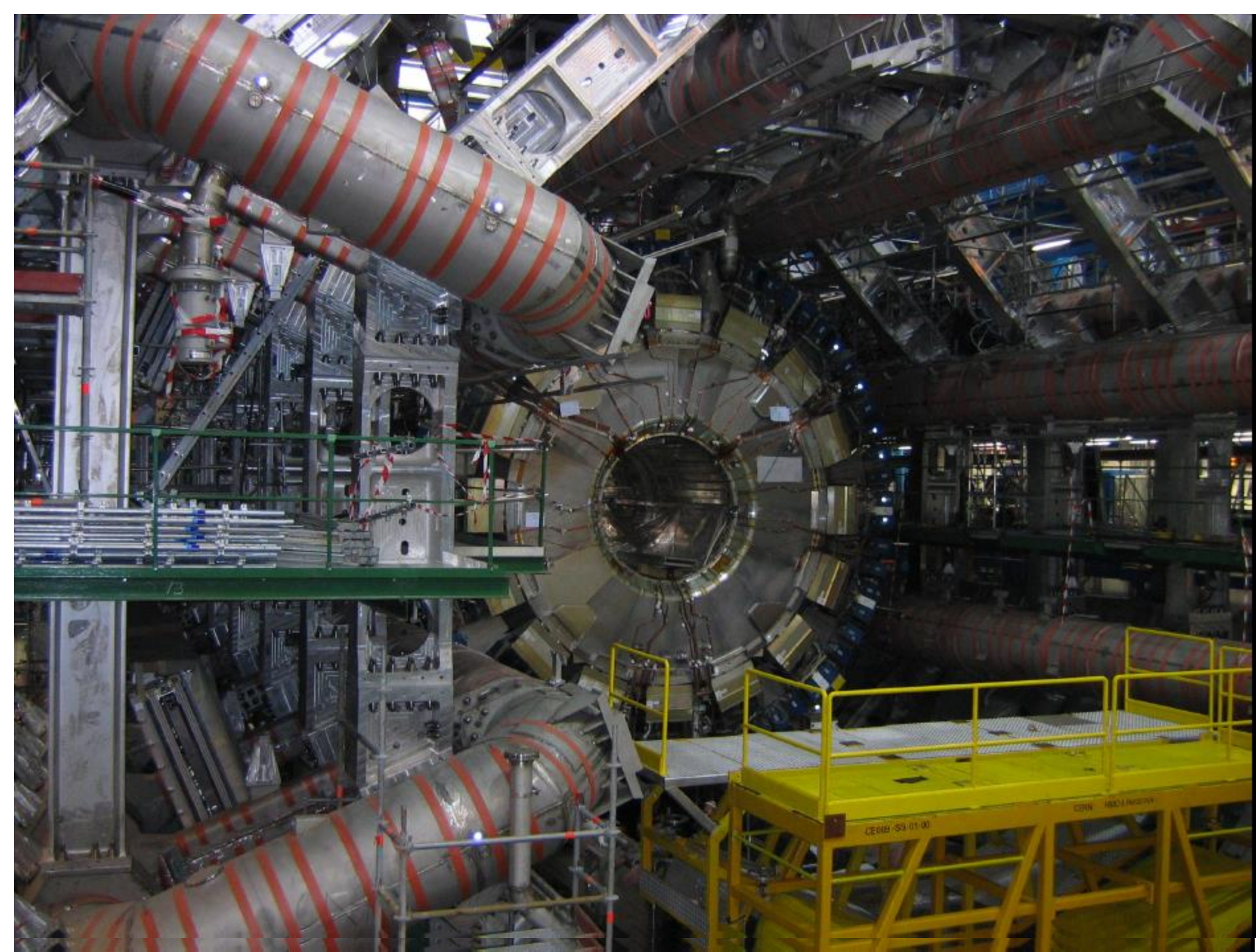
$$E_{CM} = 2E_{beam}$$

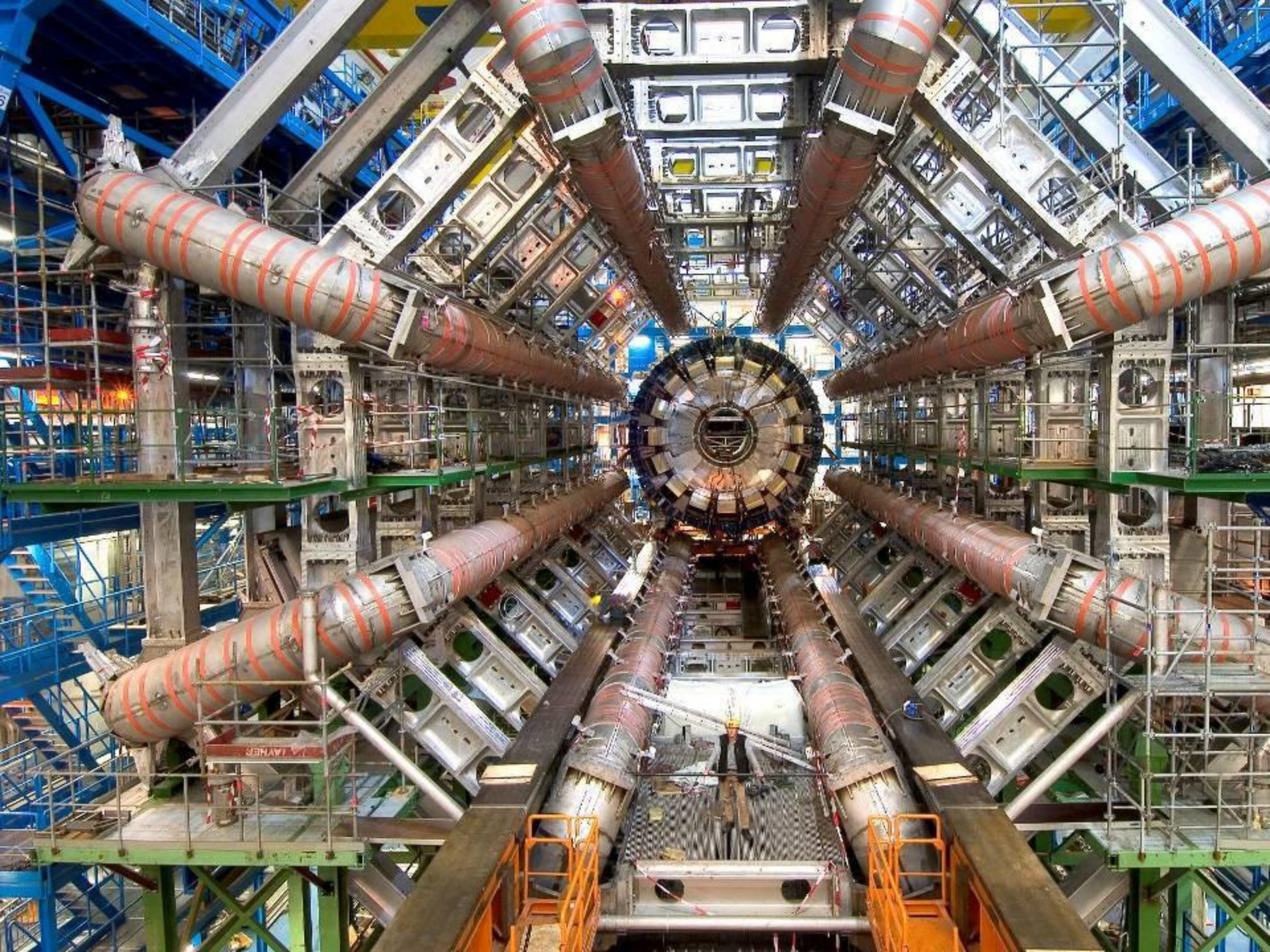
$$p_1 = -p_2$$

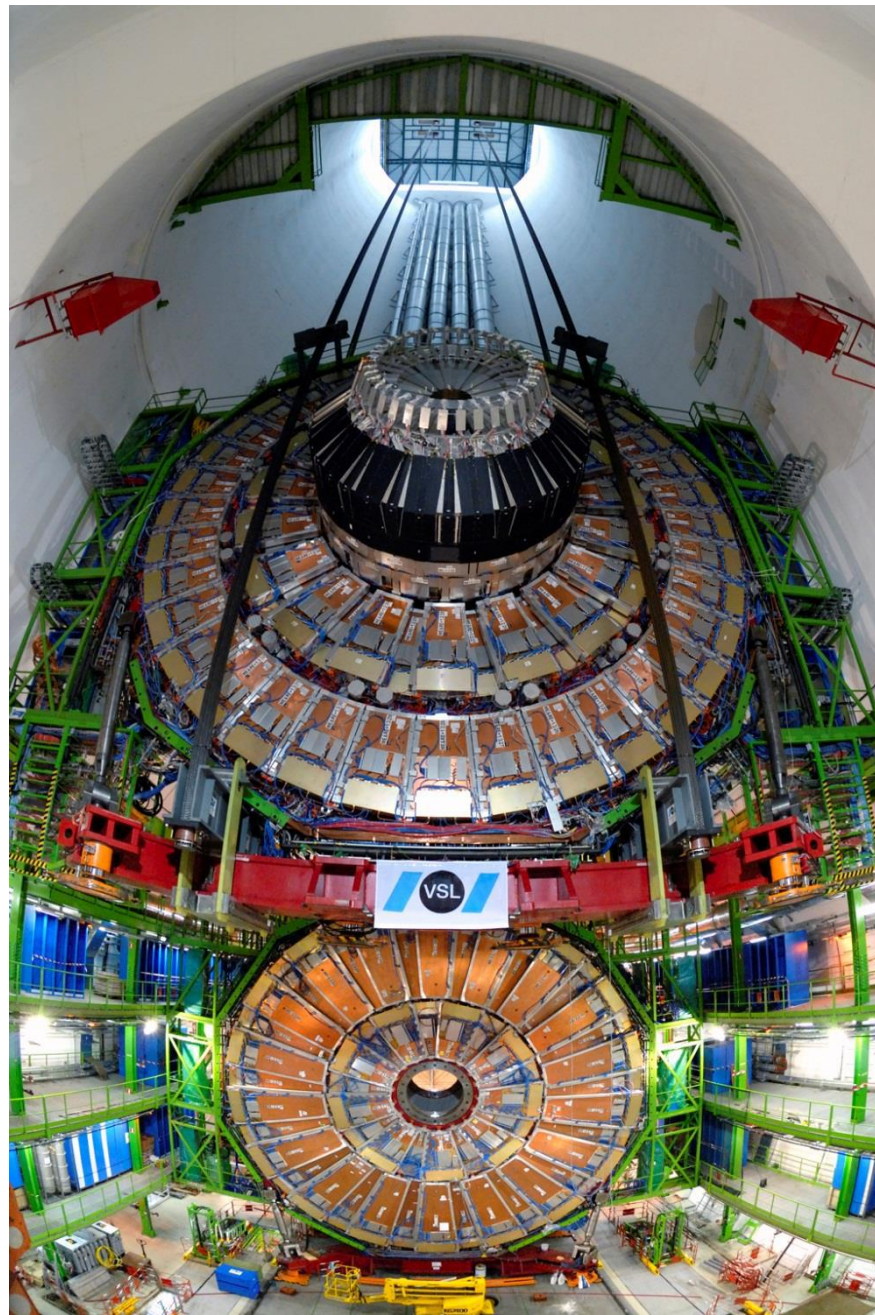


Η ισχύς του μαγνητικού πεδίου μέσα στον ανιχνευτή



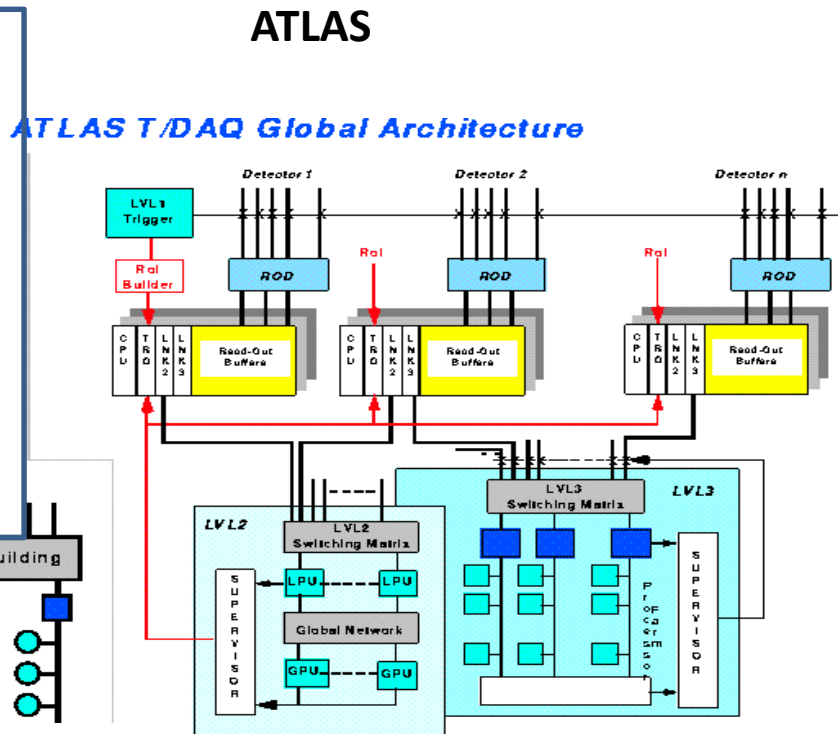




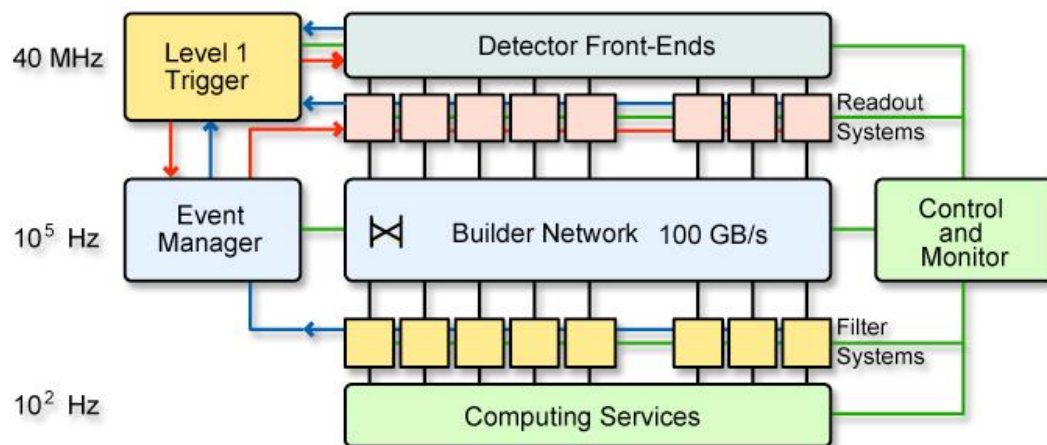


# Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ “ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ”

Οι ανιχνευτές είναι ακριβώς παιχνίδια χωρίς το σύστημα επιλογής γεγονότων (trigger) και την επιλογή και καταγραφή δεδομένων (DAQ). Εδώ τα MHz και τα PB είναι καθημερινότητα για τα περίπου 100 εκατομμύρια “κανάλια” που “διαβάζουν” τις πληροφορίες που προέρχονται από τις συγκρούσεις



## CMS



Άλλα και (μπαινω στο θεμα...):

### Για τον ανιχνευτη ...

- Συστηματα Ηλεκτρικης τροφοδοσιας (~15-20kA, ισχυς, συνεχες και εναλασσομενο)
- Συστηματα αεριων (ευφλεκτα και μη )
- Συστηματα ψυκτικων( ~ -30°C καταγραφεας τροχιων)
- Συστηματα εξυπνων μονωτων( ~ -20°C καταγραφεας τροχιων ~ +17°C ECAL)
- Συστηματα ελεγχου κινήσεων αντικειμενων (υποανιχνευτες και αλλα κοματια “ζυγιζουν” 2 και 3 τοννους, αισθητηρες)
- Συστηματα ελεγχου περιβαλλοντος (ξερος αερας, αζωτο)
- Συστηματα ευθυγραμιας (laser) και ελεγχου κινήσεων (CCD καμερες)
- Συστηματα μετρησεως και οχι μονο, της ραδιενεργειας (διαφορετικες μεθοδοι)

### Για το περιβαλλον γυρω απο τον ανιχνευτη

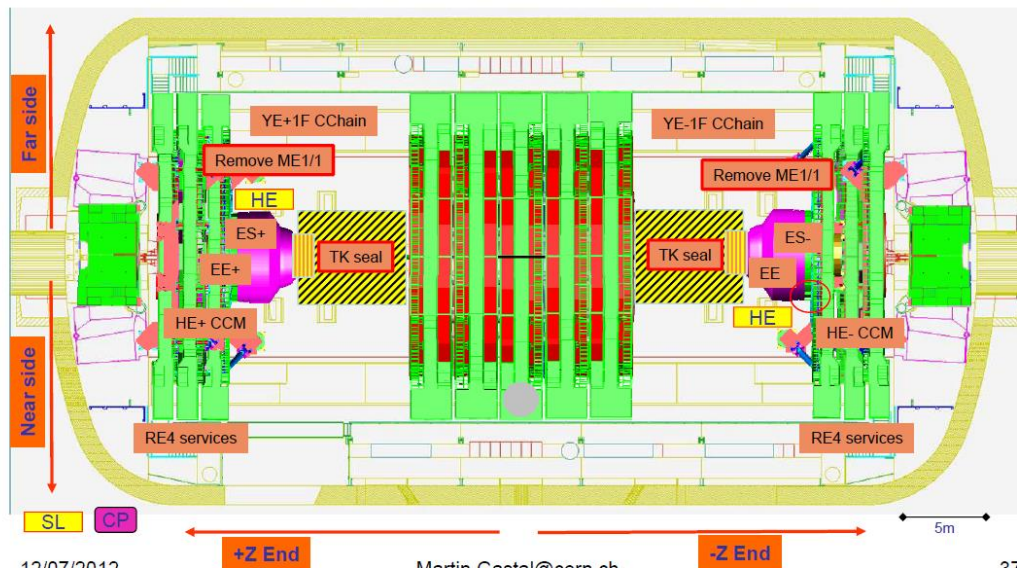
- Συστηματα αερισμου του πειραματικου χωρου (+/- 2°C)
- Συστηματα ελεγχου περιβαλλοντος (υγρασια, θερμοκρασια)
- Συστηματα ψυκτικων (~ 15°C )
- Συστηματα ευθυγραμιας (laser)
- Συστηματα κινήσης των κομματιων του ανιχνευτη (συνολικα 13!)

### Για τον Μαγνητη

- Συστηματα ελεγχου περιβαλλοντος
- Συστηματα ψυκτικων(-268°K)
- Συστηματα κενου (μονωση)
- Συστηματα Ηλεκτρικης τροφοδοσιας (18-20kA)

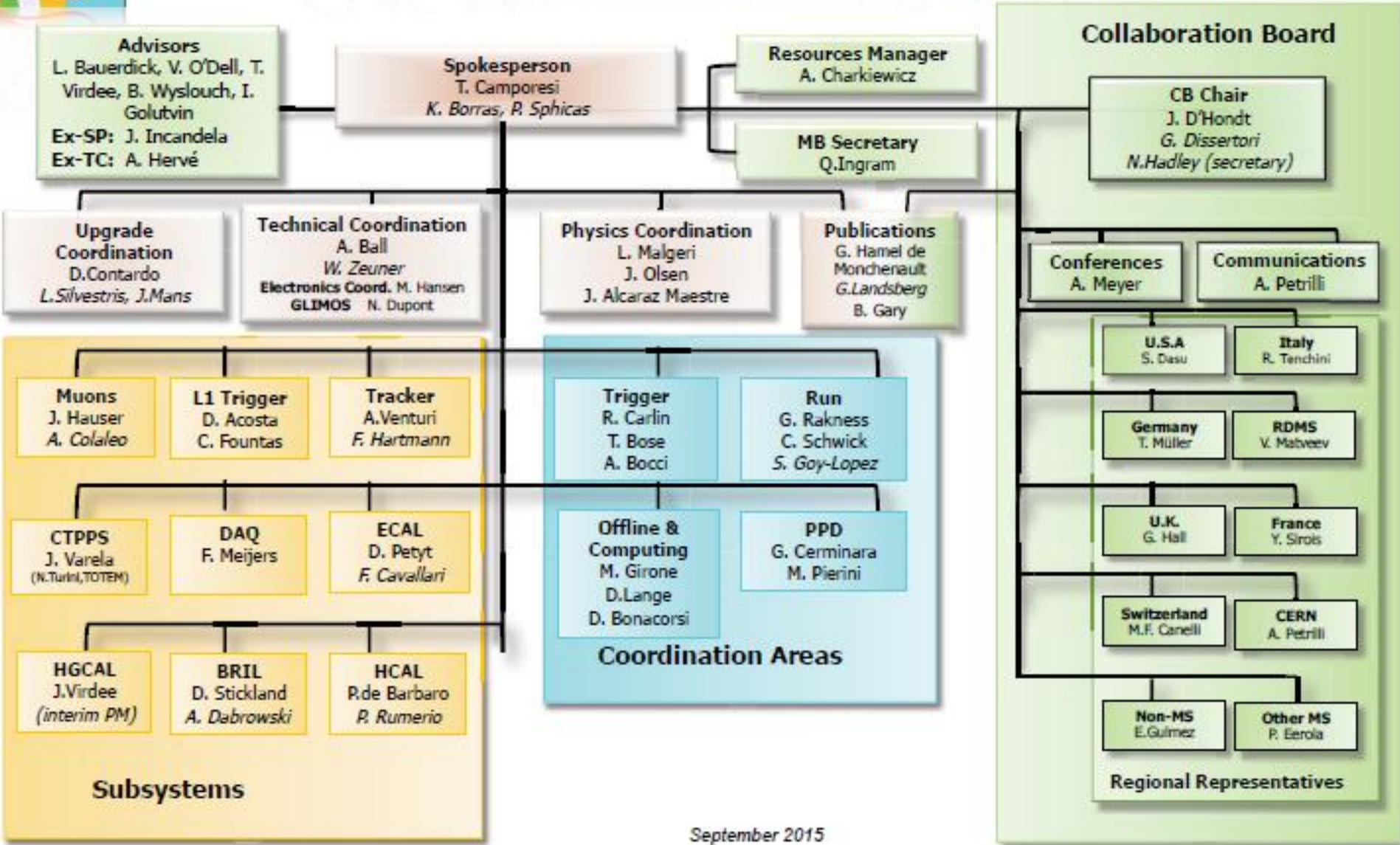


- Ο σχεδιασμος, προσομοιωση, κατασκευη, επιβεβαιωση, βαθμονομηση ενος ανιχνευτη με ακριβεια μετρησης ενεργειες και ικανοτητα καταγραφης πολλαπλων γεγονοτων... του τυπου LHC δεν ειναι ενα επιχειρημα «φυσικης» (μονο)-ειναι επιχειρημα μηχανικης, ηλεκτρονικων και ηλεκτρικων σχεδιασμων, υλικων (στερεα κατασταση), υπολογιστικων προγραμματον, σχεδιασμου εφοδιασμων και οργανωσης διοικησης, κατασκευης και οργανωσης εργοταξιου κτλ.
- Η «λειτουργια» (run) του ανιχνευτη χρειαζεται πολυ ειδικευμενο προσωπικο για να μπορεσει να ειναι λειτουργικος και να αναβαθμιζεται για 20-30 χρονια. Το αρχικο προσωπικο θα ανανεωθει, ιδιαιτερα γιατι δεν υπαρχουν «μονιμες» θεσεις.
- Ο ανιχνευτης οπως και ο επιταχυντης εχει πολυ μεγαλυτερη συμμετοχη απο το προσωπικο του CERN, χωρις βεβαια να αποκλειονται πολλες συνεργασιες.





# CMS Management Board 2015





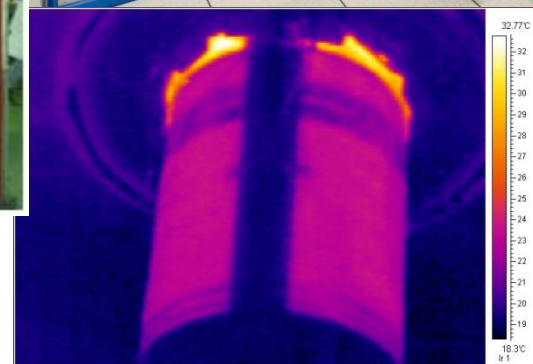
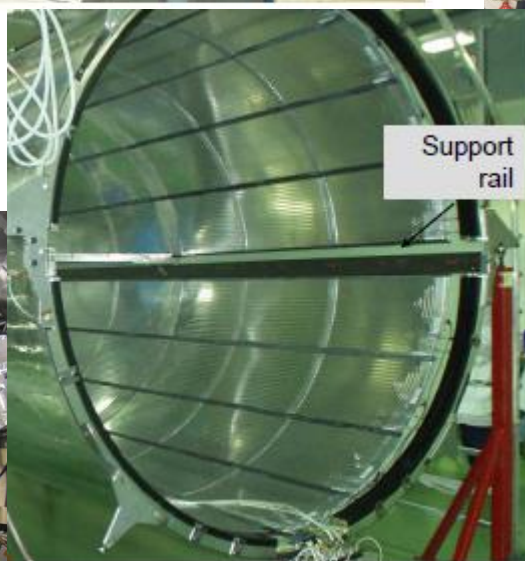
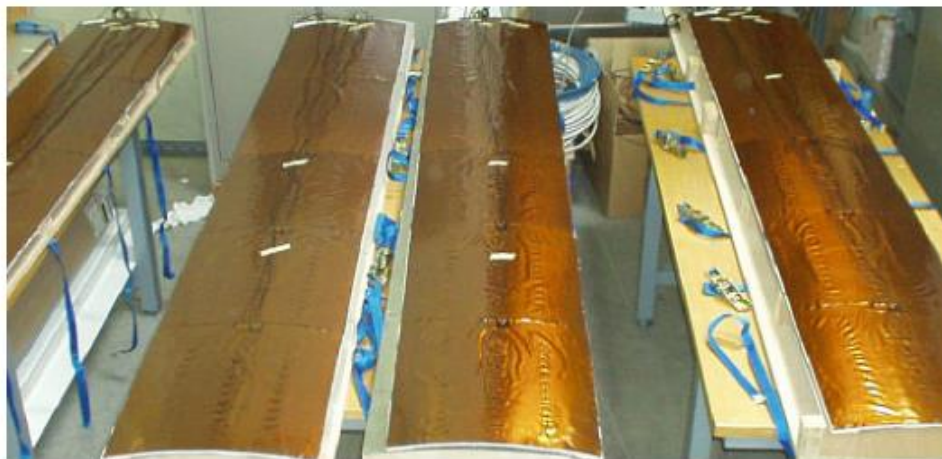
### Activity Co-ordination Tool

COOK James Richard

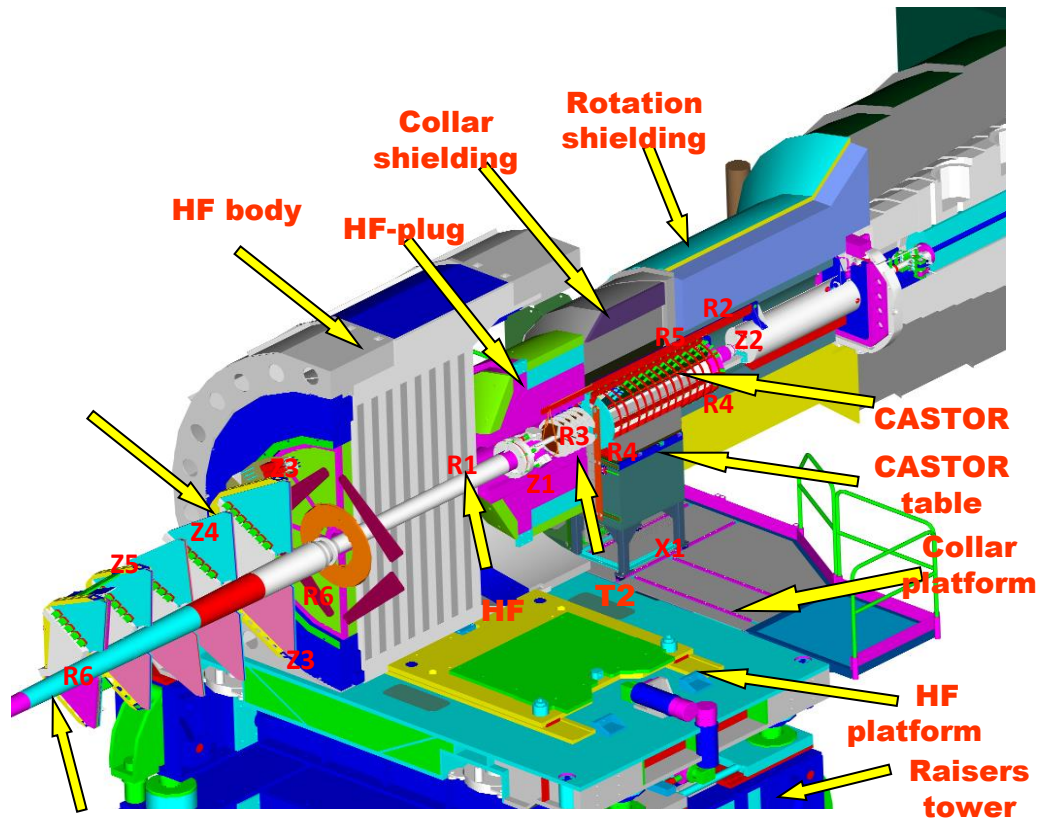


Task ID	Task Name	Duration	3rd Quarter			4th Quarter
			Jun	Jul	Aug	Sep
260	<b>Perform work on YB0+Z with Full acces to vacTank</b>	<b>33.5 days</b>			09/08	26/09
261	Open YB+2 / YB+1	1.5 days			09/08	13/08
262	Remove MABs	1 day			13/08	14/08
263	Install access staircase to inside of VacTank	1 day			13/08	14/08
264	Remove CCM jumpers (RBXs) inside VacTank	18 days			14/08	09/09
265	Remove thermal shield for TK	7 days			14/08	23/08
266	Install additional services under thermal shield	5 days			23/08	30/08
267	Install temperature sensors for TK	2 days			23/08	27/08
268	Perform TK cold test	9 days			27/08	09/09
269	Refurbish Quick connectors	18 days			23/08	18/09
270	<b>HO-DT-RPC tasks</b>	<b>20 days</b>			15/08	12/09
271	<b>Remove ECAL LV cables</b>	<b>8 days</b>			15/08	27/08
272	S02N	1 day			15/08	16/08
273	S03 N	1 day			16/08	19/08
274	S06 F	1 day			19/08	20/08
275	S07 F	1 day			20/08	21/08
276	S11	2 days			21/08	23/08
277	S10	2 days			23/08	27/08
278	<b>Remove DT-RPC cables</b>	<b>7 days</b>			19/08	28/08
279	S02 S03	1 day			19/08	20/08
280	S06 S07	1 day			21/08	22/08
281	S11	1 day			23/08	26/08
282	S10	1 day			27/08	28/08
283	<b>Perform work on HO</b>	<b>10 days</b>			20/08	03/09
284	S02	1 day			20/08	21/08
285	S03	1 day			21/08	22/08
286	S06	1 day			26/08	27/08
287	S07	1 day			27/08	28/08
288	S10	1 day			30/08	02/09
289	S11	1 day			02/09	03/09
290	<b>DT chamber extraction for HV repairs</b>	<b>9 days</b>			16/08	29/08

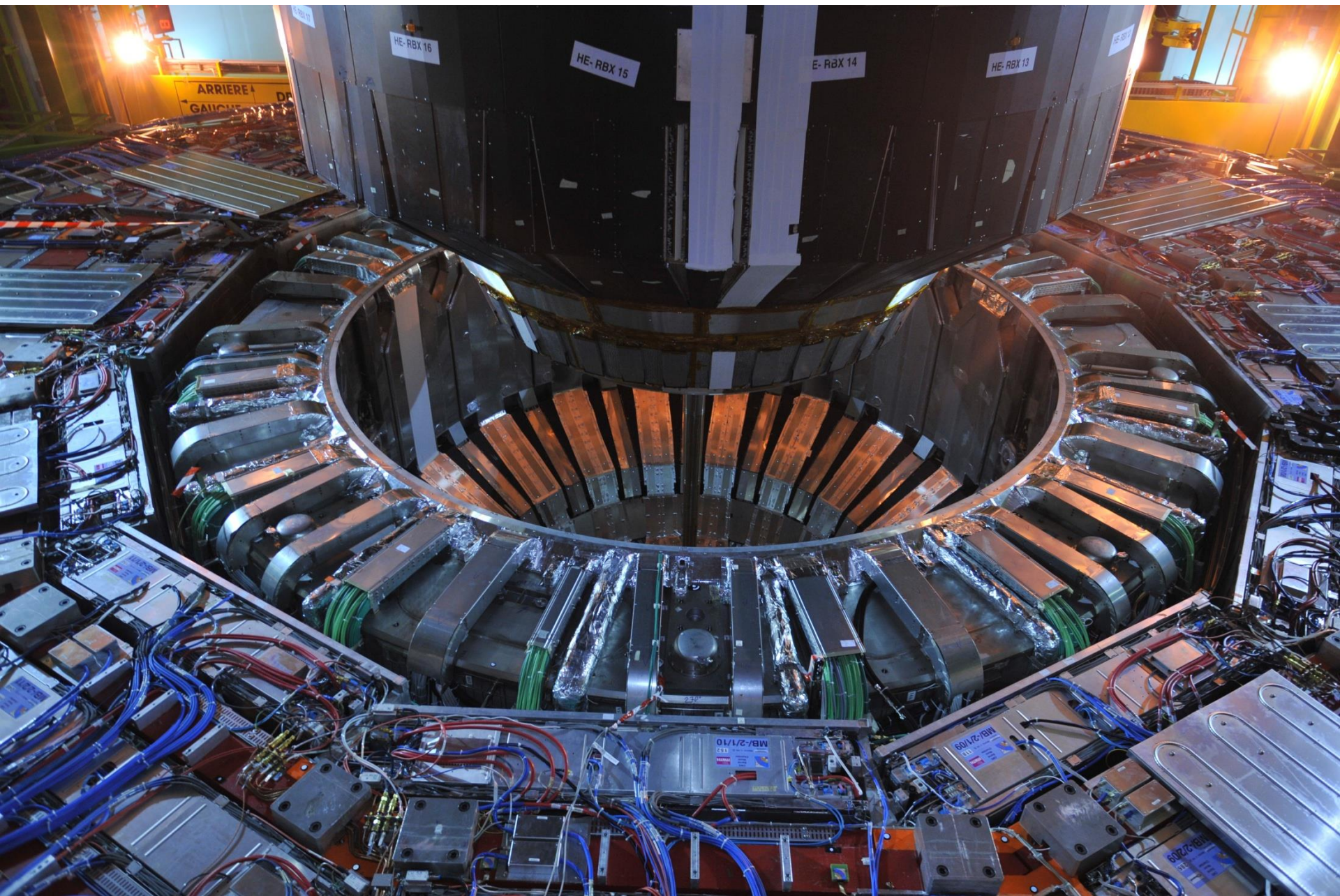
# Συστήματα εξυπνων μονωτων( ~ -20°C καταγραφεας τροχιων ~ +17°C ECAL)



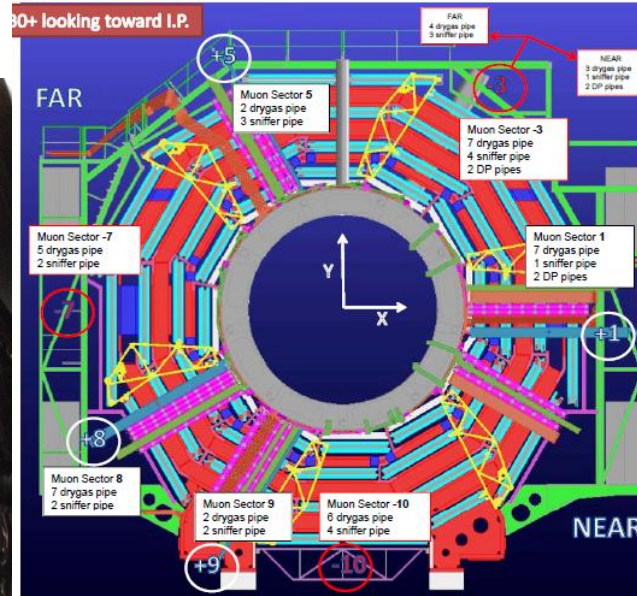
- Συστήματα ελέγχου κινήσεων αντικειμένων (υποανιχνευτές και άλλα κομμάτια “ζυγίζουν” μέχρι 2 τόνους, αισθητήρες)



Τα βαρη των κομματιων μπορούν να αγγιξουν τους 2 τόνους και κινουνται με υδραυλικα συστημα. Ολα αυτα αυτοματα και απο μακρια...μα το προβλημα του να βρεθουν η να αναπτυχθουν αισθητηρες καταλληλοι για τις συνθηκες των πειραματων παραμενει



## •Συστηματα ελεγχου περιβαλλοντος (ξερως αερας, αζωτο, θερμοκρασια)



Κοστος ~150,000 ευρω

Προστασια του ανιχνευτη τροχιων απο προβλημα υγρασιας η μαλλον σημειου δροσου

**We would like to work with you on possible projects that will teach programming to students, (scratch <https://scratch.mit.edu/>) in the context of learning to measure and control numbers; programming Provided it is done in a way accessible to their age teaches them the logic and the discipline of going about a measurement Scratch is used for programming games, playing with photos, putting together music, etc. I am sure that in this context some of You might have even used it**

**We would like to deal with the “Scratch for Arduino-S4A” version because it gives you the option of combining simple and visual oriented programming with the Arduino platform that makes electronics easy and students can make things happen.**



**All information about the Arduino platform can be accessed at**

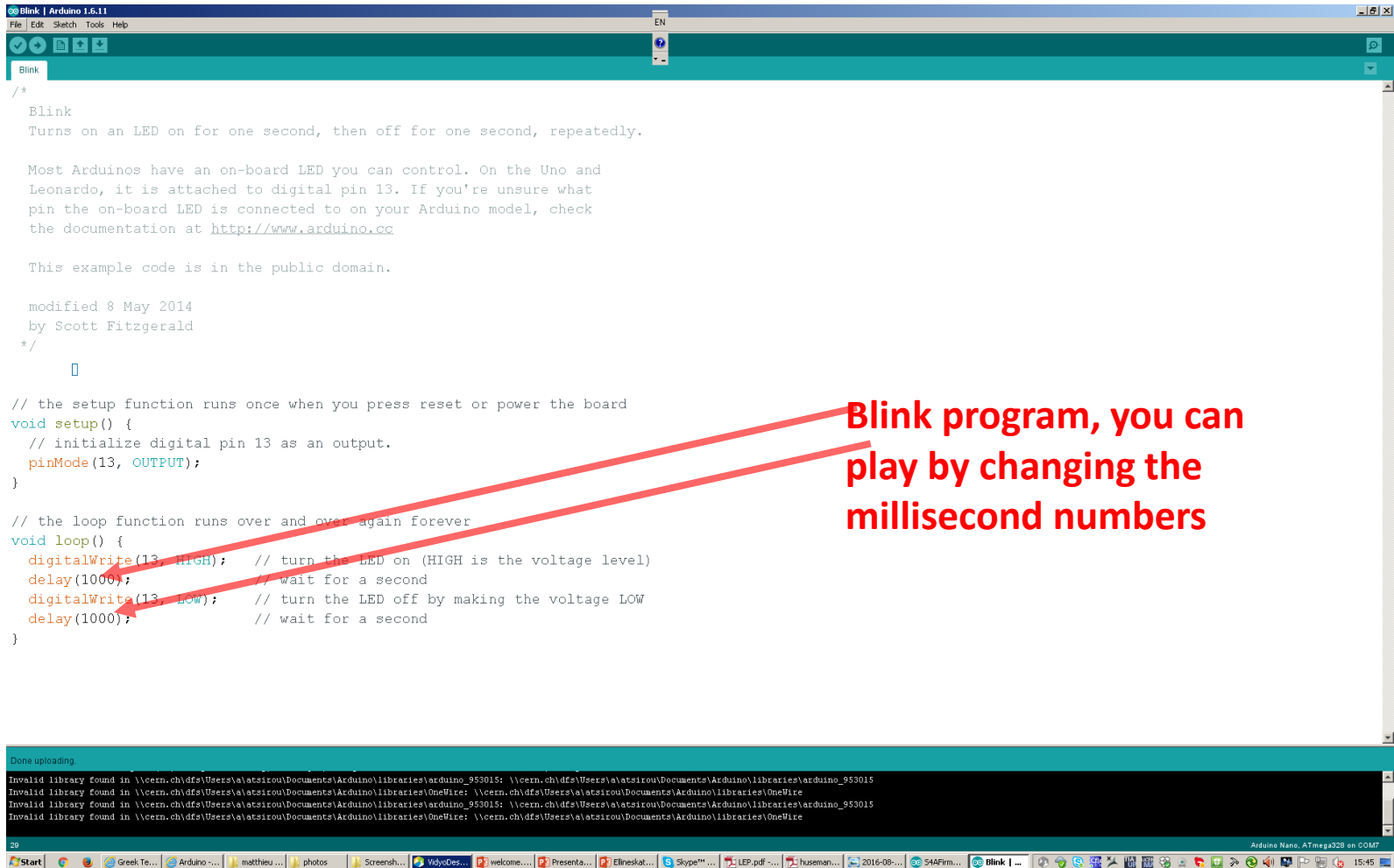
**<https://www.arduino.cc/>**

**From this page you can download the appropriate software, be it Windows, Linux or Mac OS X (Mac OSX Lion or later). You will not deal With this software as you will not be an Arduino developer.**

**However, using the Arduino software you will tell your system WHAT Arduino Platform you are using:...you could start Arduino, go to the menu, select Tools and from there select Boards and click on the board type you have connected (Uno, Mega, nano, etc)...**

**Then , to be sure that you are connected to the board, try to run a program called “Blink” that makes an LED already built on your Arduino to “blink” by going to “Menu”, “File”, “Examples”, “Basics”, “Blink”..**





**Blink program, you can play by changing the millisecond numbers**

Now you can proceed and download the Scratch environment from <https://www.arduino.cc/>

From this page you can download the appropriate software, be it Windows, Linux or Mac OS X (Mac OSX Lion or later). You will not deal With this software as you will not be an Arduino developer.

However, using the Arduino software you will tell your system WHAT Arduino Platform you are using:...you could start Arduino, go to the menu, select Tools and from there select Boards and click on the board type you have connected (Uno, Mega, nano, etc)...

Then , to be sure that you are connected to the board, try to run a program called “Blink” that makes an LED already built on your Arduino to “blink” by going to “Menu”, “File”, “Examples”, “Basics”, “Blink”..

All information about the Arduino platform can be accessed at <http://s4a.cat/>

From this page (Downloads) you can download the appropriate software, be it for Windows, Linux or Mac OS X (Mac OSX Lion or later). Make sure that you also get the program that you have to execute in order to “tell” your Arduino platform that it has to work with Scratch; the program is found in

“Installing the Firmware into your Arduino”, right-click on “here” and save target as a .ino and NOT a .htm file as proposed in your Documents -> Arduino and then run it!

**S4A - Internet Explorer**  
http://s4a.caf/

File Edit View Favorites Tools Help  
Convert Select

Converting Microsoft Word... ELOG TIF-Sensors Elog http-docs-europe.electro... NIST NIST Stopping-Power and R... PseudoScientific Climatic Ch... RealPlayer

About Docs Android Changelog Downloads Kit FAQ Team Contact Snap! Blog

## Download and Install

1 Download and install S4A → 2 Install our firmware into your Arduino → 3 Enjoy programming your world!

Installing S4A requires you to install software both in your PC and your [Arduino](#) board. Here you'll find the detailed steps to get it up and running.

### Installing S4A into your computer

S4A works in the three major consumer operating systems. Download and install the one that fits your configuration:

- [Windows](#)
- [Mac](#)
- [Linux \(Debian\)](#)
- [Linux \(Fedora\) \(version 1.5\)](#)
- [Raspbian \(Debian for RaspberryPi\) \(version 1.5\)](#)

### Installing the Firmware into your Arduino

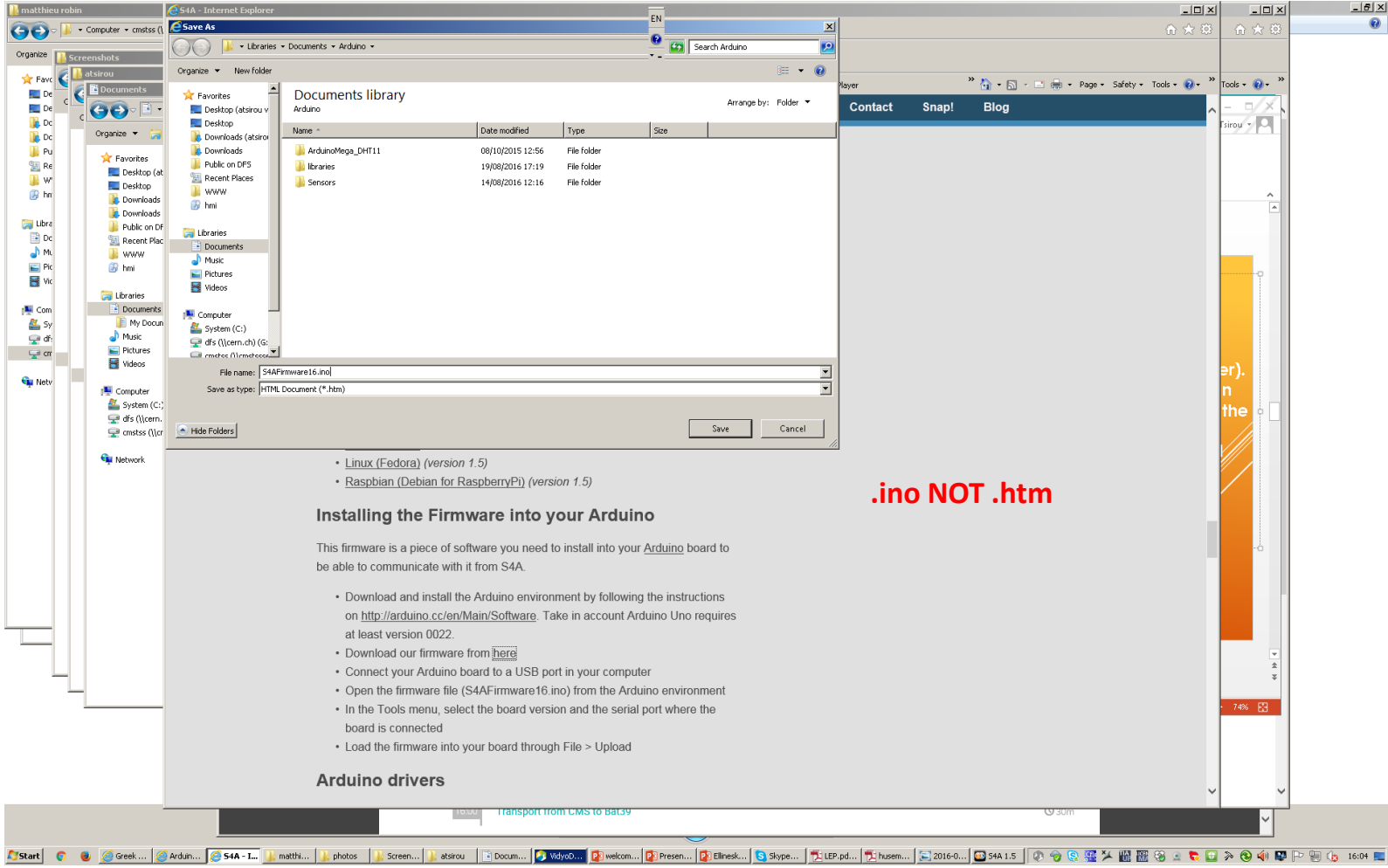
This firmware is a piece of software you need to install into your [Arduino](#) board to be able to communicate with it from S4A.

- Download and install the Arduino environment by following the instructions on <http://arduino.cc/en/Main/Software>. Take in account Arduino Uno requires at least version 0022.
- Download our firmware from [here](#)
- Connect your Arduino board to a USB port in your computer
- Open the firmware file (S4AFirmware16.ino) from the Arduino environment
- In the Tools menu, select the board version and the serial port where the board is connected
- Load the firmware into your board through File > Upload

### Arduino drivers

Transport from CMS to Bats9

Start | Greek Tea... | Arduino - ... | S4A - Int... | matthieu r... | photos | Screenshots | VdyoDesk... | welcome.p... | Presentati... | Ellineskath... | Skype™ [... | LEP.pdf - ... | husemann... | 2016-08-2... | 15:55



- [Linux \(Fedora\) \(version 1.5\)](#)
- [Raspbian \(Debian for RaspberryPi\) \(version 1.5\)](#)

### Installing the Firmware into your Arduino

This firmware is a piece of software you need to install into your [Arduino](#) board to be able to communicate with it from S4A.

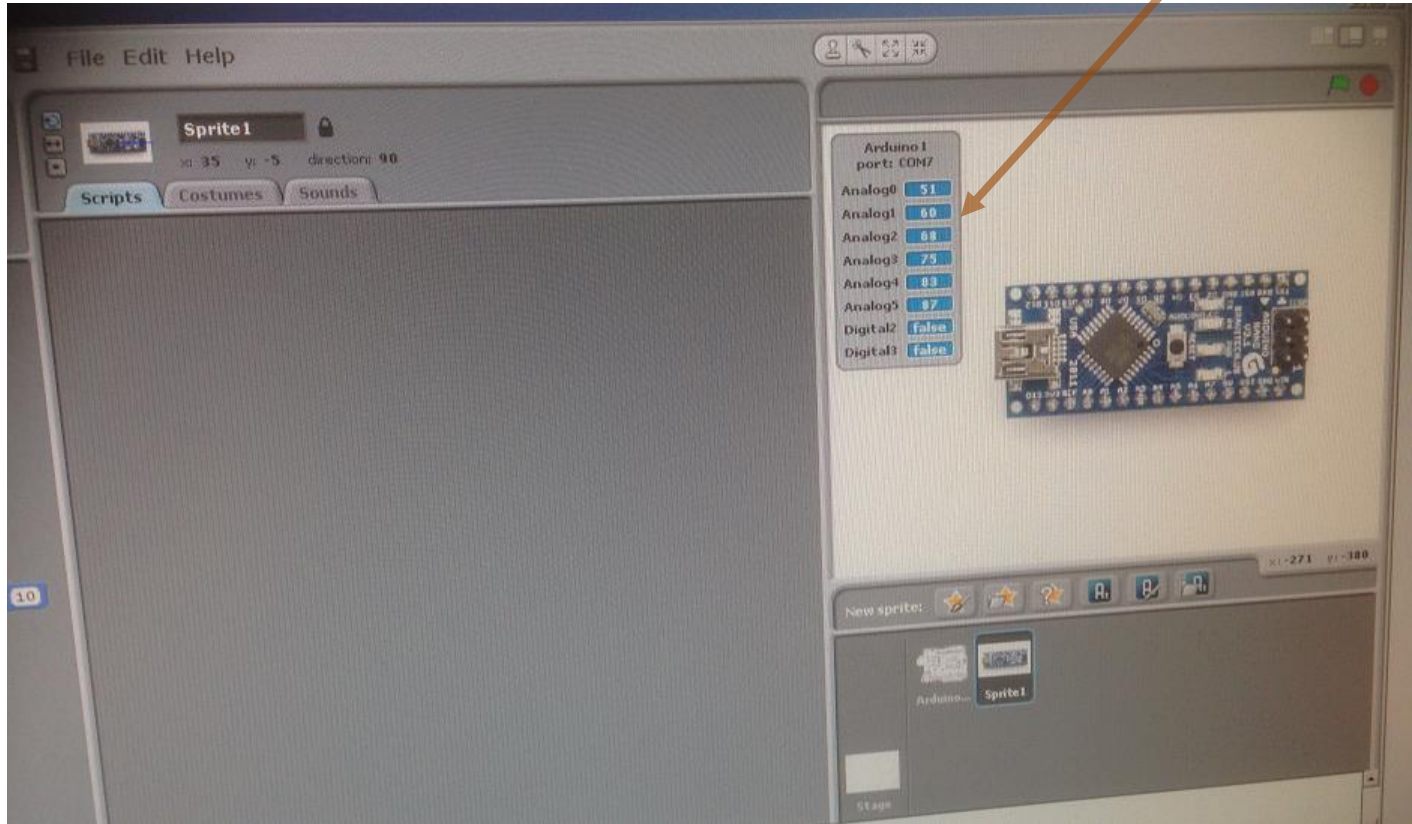
- Download and install the Arduino environment by following the instructions on <http://arduino.cc/en/Main/Software>. Take in account Arduino Uno requires at least version 0022.
- Download our firmware from [here](#)
- Connect your Arduino board to a USB port in your computer
- Open the firmware file (S4AFirmware16.ino) from the Arduino environment
- In the Tools menu, select the board version and the serial port where the board is connected
- Load the firmware into your board through File > Upload

### Arduino drivers

**.ino NOT .htm**

When you first “read” the Arduino via Scratch, this is what it looks like:

Values that “change”

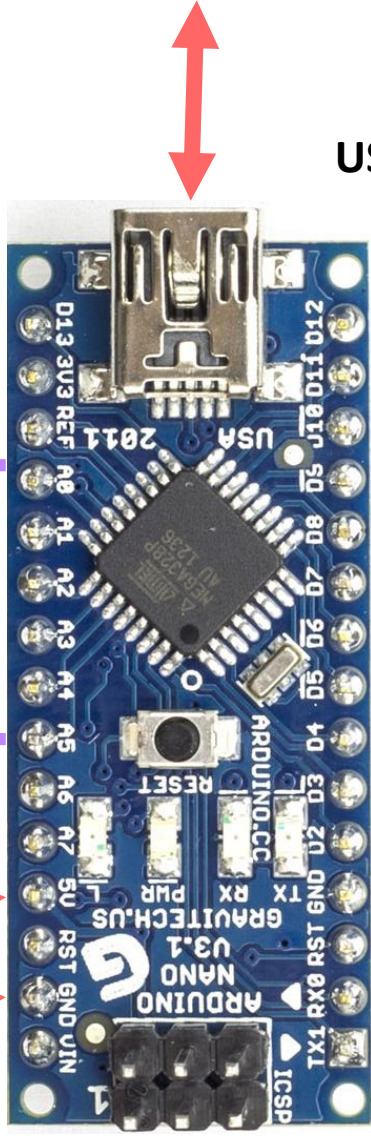




5V power. For  
(almost) every  
sensor

GROUND!  
Your  
reference!

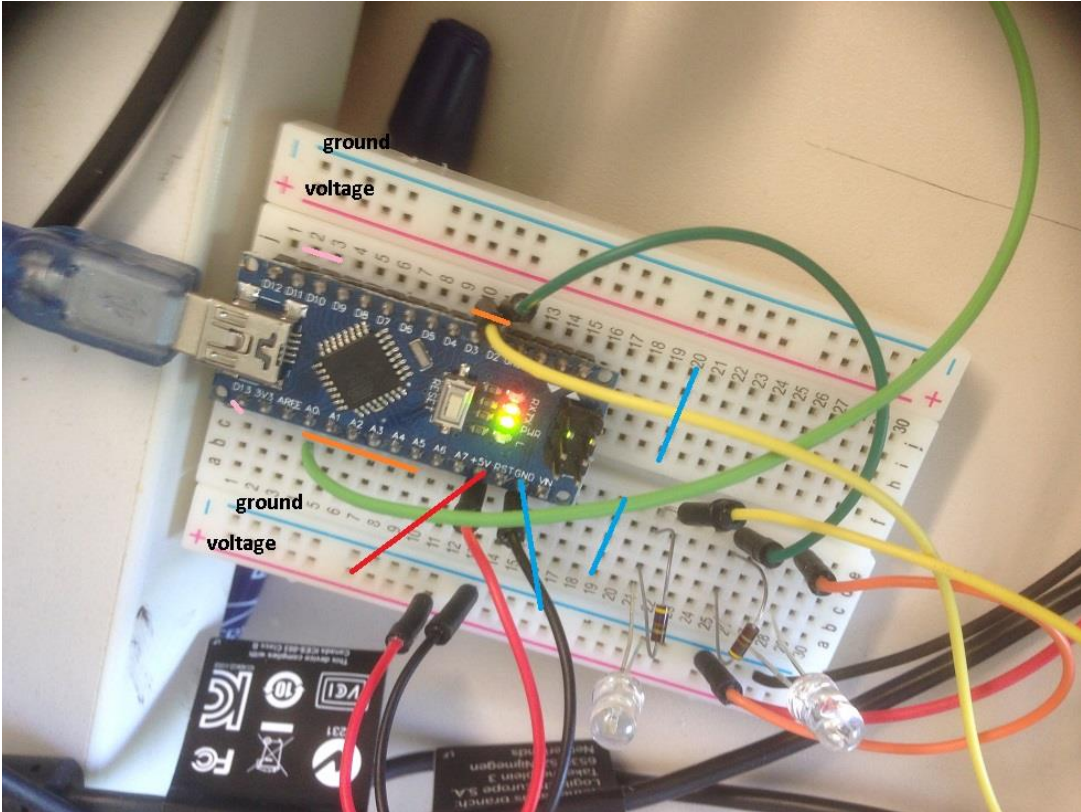
A0-A5 Read analog  
values in Scratch



USB connection with your PC

D10-D11-D13  
“Drive” digital  
outputs in  
Scratch

D2-D3 Read  
digital inputs  
in Scratch



ground

voltage

ground

voltage

**There are many types and models of Arduino.**

**We will be trying to concentrate using the nano Arduino and Uno which we will use for all the projects we propose to you. Using the Arduino in the Scratch environment you can read “analog” sensors and digital “sensors”.**

**Sensors are a huge industrial/scientific explosion of our times and CERN is a remarkable sensor consumer/producer.**

**Sensors provide information about everything and can be read in an analog way like current, voltage, resistance and many others (favour these for learning) or they can be digital and have an integrated microprocessor that gives you directly the numerical measured value.**

**The analog sensors you can read in Scratch are attached to your Arduino platform (literally)**

- **Thermometers**
- **Light level (photo resistors)**
- **Humidity**
- **Flow**
- **Pressure**
- **and many others ....**

**the numerical measured value.**

S4A 1.5  
Based on Scratch  
from the MIT Media Lab

File Edit Help

EN

Motion Control  
Looks Sensing  
Sound Operators  
Pen Variables

Make a variable  
Delete a variable

light

set light to 0  
change light by 1  
show variable light  
hide variable light

Make a list

Arduino1  
x: 0 y: 0 direction: 90

Scripts Costumes Sounds

```
when clicked  
forever  
  set light to value of sensor Analog0  
  if light < 300  
    digital 13 on  
  else  
    digital 13 off
```

light 0  
searching  
Analog0 0  
Analog1 0  
Analog2 0  
Analog3 0  
Analog4 0  
Analog5 0  
Digital2 false  
Digital3 false

Arduino1  
Searching board...

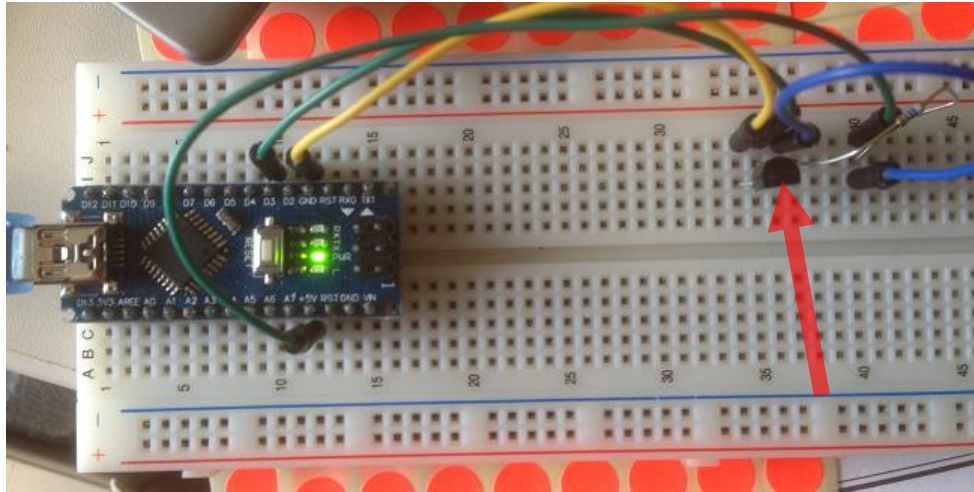
New sprite: x: -1205 y: -137

Arduino...

Stage

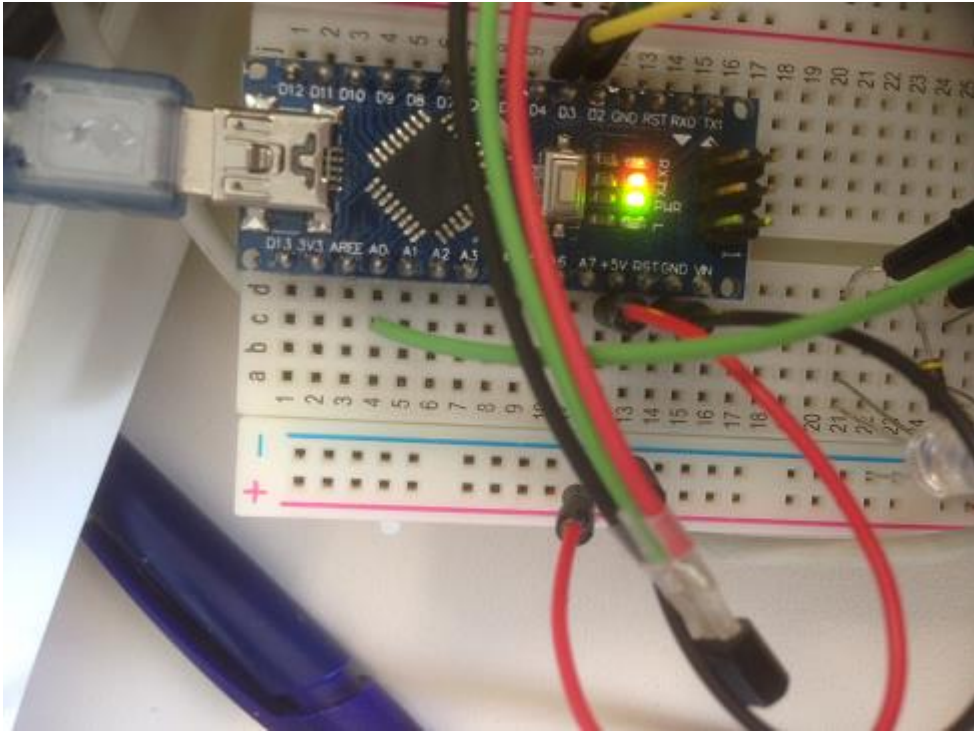
Failed to open MIDI output device Microsoft MIDI Mapper:  
There is no driver installed on your system.  
Failed to open MIDI output device Microsoft MIDI Mapper:  
There is no driver installed on your system.

Start | Gree... | Ardu... | S4A -... | matt... | photos | Scree... | atsiro... | Docu... | Arduino | Vidyo... | welco... | Prese... | Ellne... | Skyp... | LEP.p... | huse... | 2016... | S4A 1.5 | S4A ... | 16:15



Dallas DS18B20  
GND Sgn+ Vc

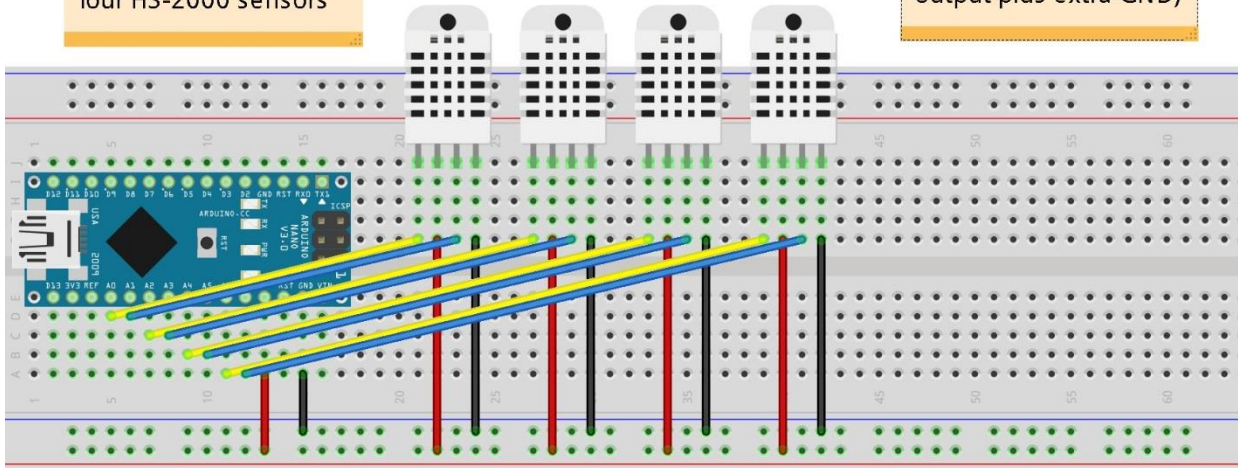
**The digital sensor connections ; powering and D3 as output for a temperature sensor, DS18B20 (+125 to -55°C)**



Each sensor requires two separate Arduino Analog Inputs to be read out (T - yellow and RH - blue wires). The Arduino Nano has eight Analog Inputs, A0 to A7, so we can read four HS-2000 sensors

In a cabled system, we would need at least two lines for powering the sensors (VCC and GND) plus two lines per sensor for the two analog outputs, better yet four lines (analog output plus extra GND)

Κοστος ~30 ευρω



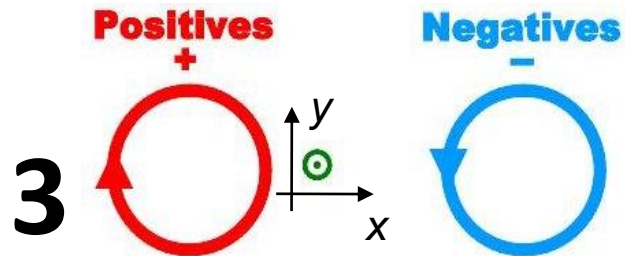
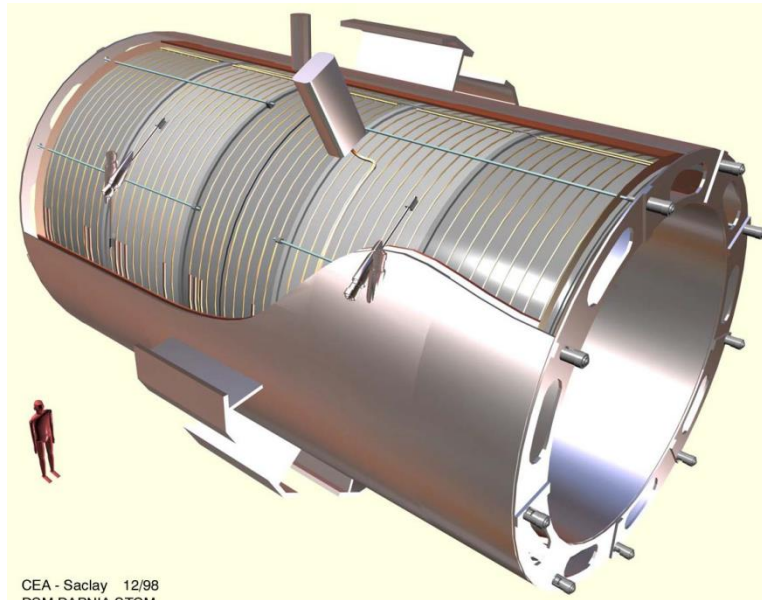
HS-2000 Temp and RH Analog Output sensor

Tout VCC RHout GND

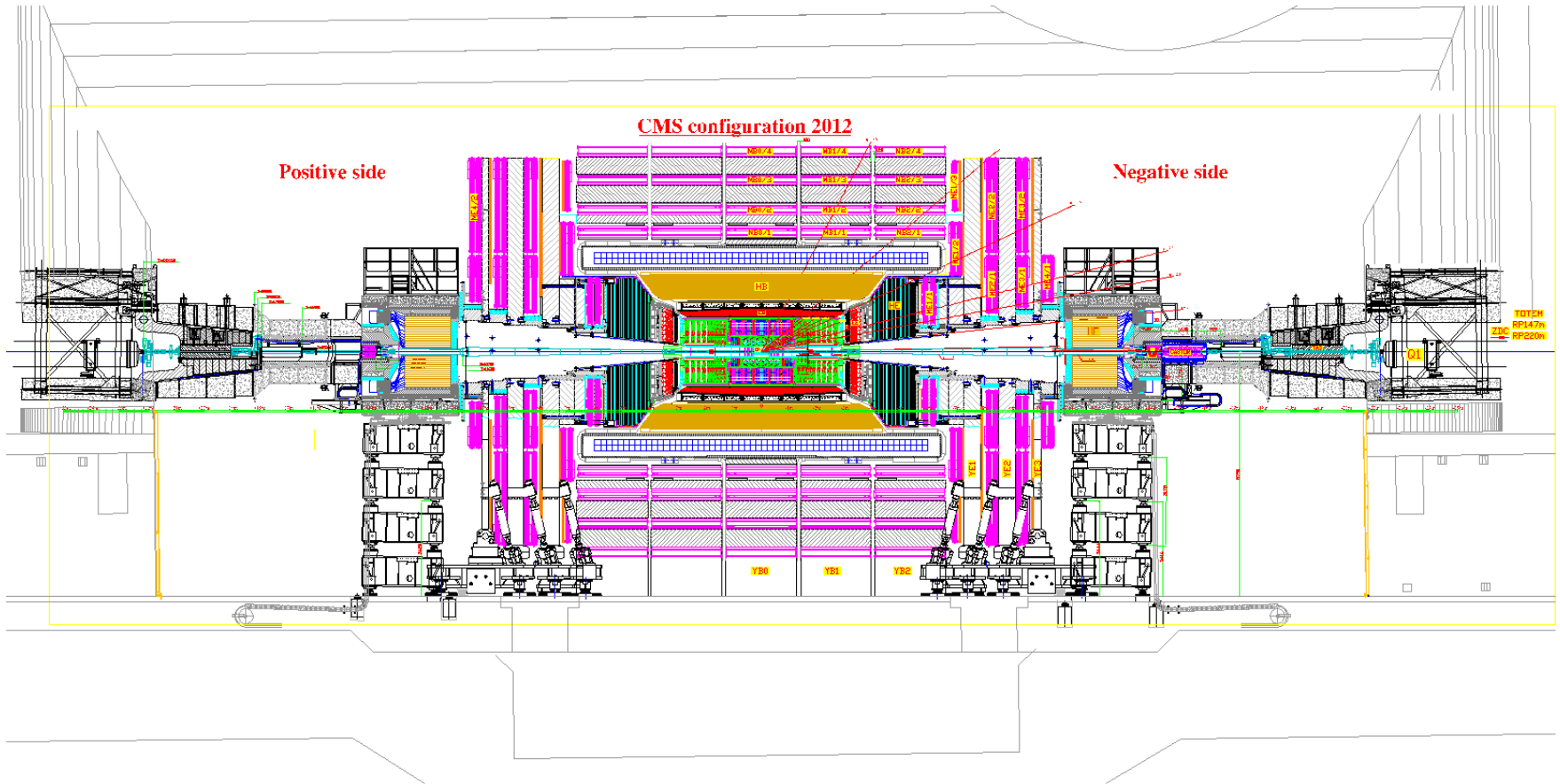


# Αλλα και ο μαγνητης...

CMS

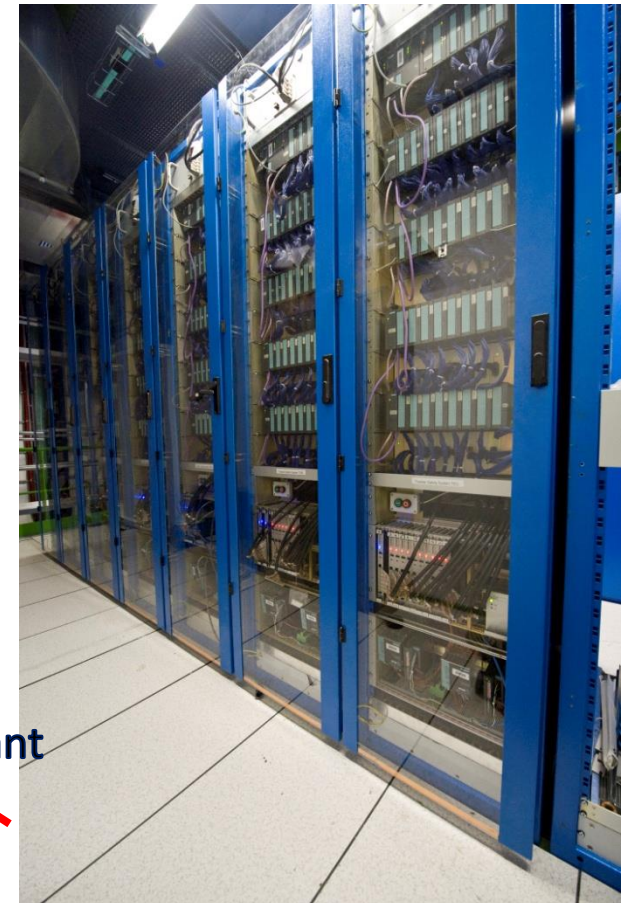
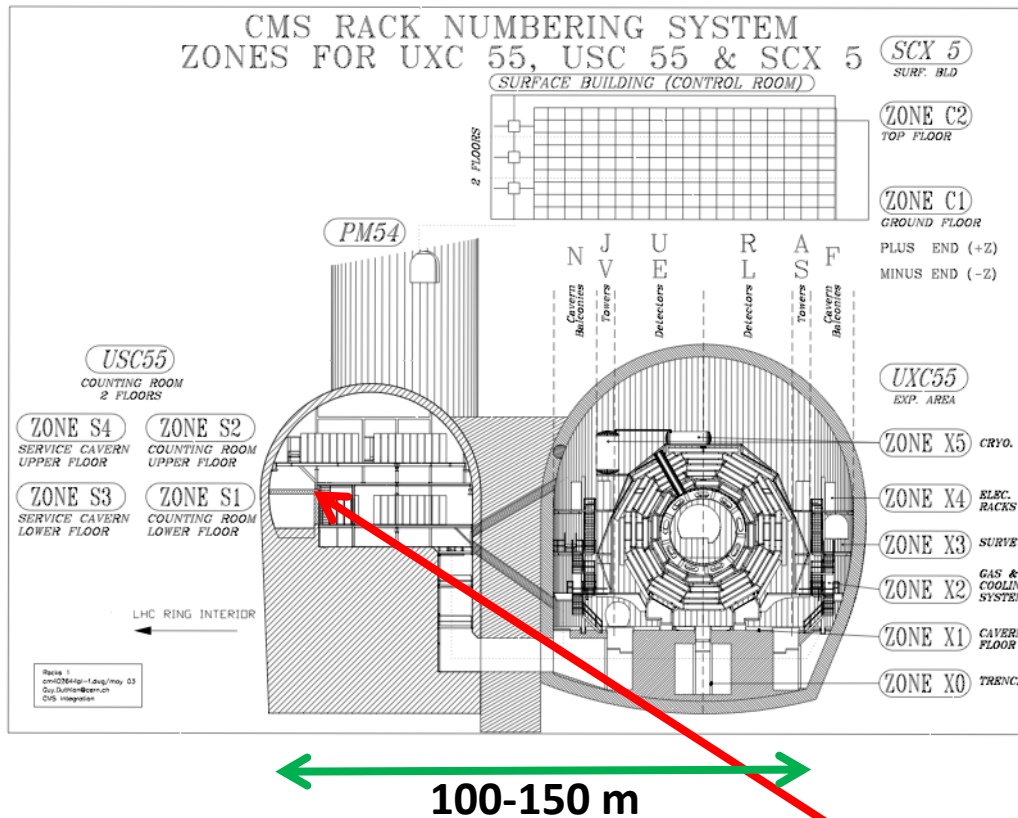


3.8T, 20kA, -268<sup>0</sup>K



Μια ιδέα του πως είναι η διαρρυθμηση του χωρου (2012)...

# Οι δυο ζωνες του πειραματος: “USC” και “UXC”



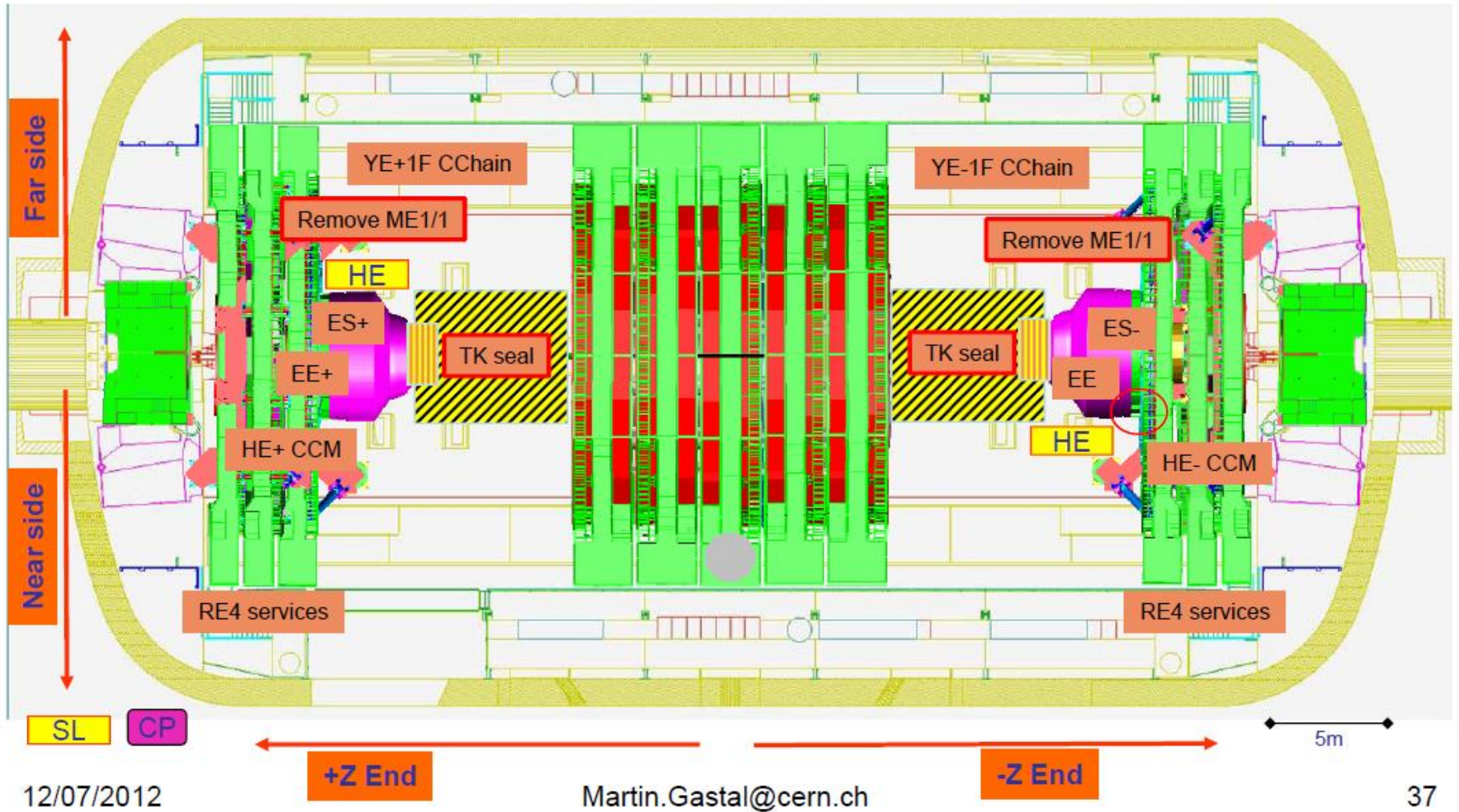
Ηλεκτρονικά, ηλεκτρικά, ο,τι δεν είναι radiation tolerant (!!!)...και magnetic field compatible!!!



CAUTION      PRUDENCE

**RADIOACTIVE MATERIAL**

Information on this sign is provided for informational purposes only. It is not intended to be used as a substitute for professional advice or as a basis for any decision. The user should consult the manufacturer's instructions for more information.



Μια “τυπικη εικονα” μιας μερας δουλειας στον ανιχνευτη

