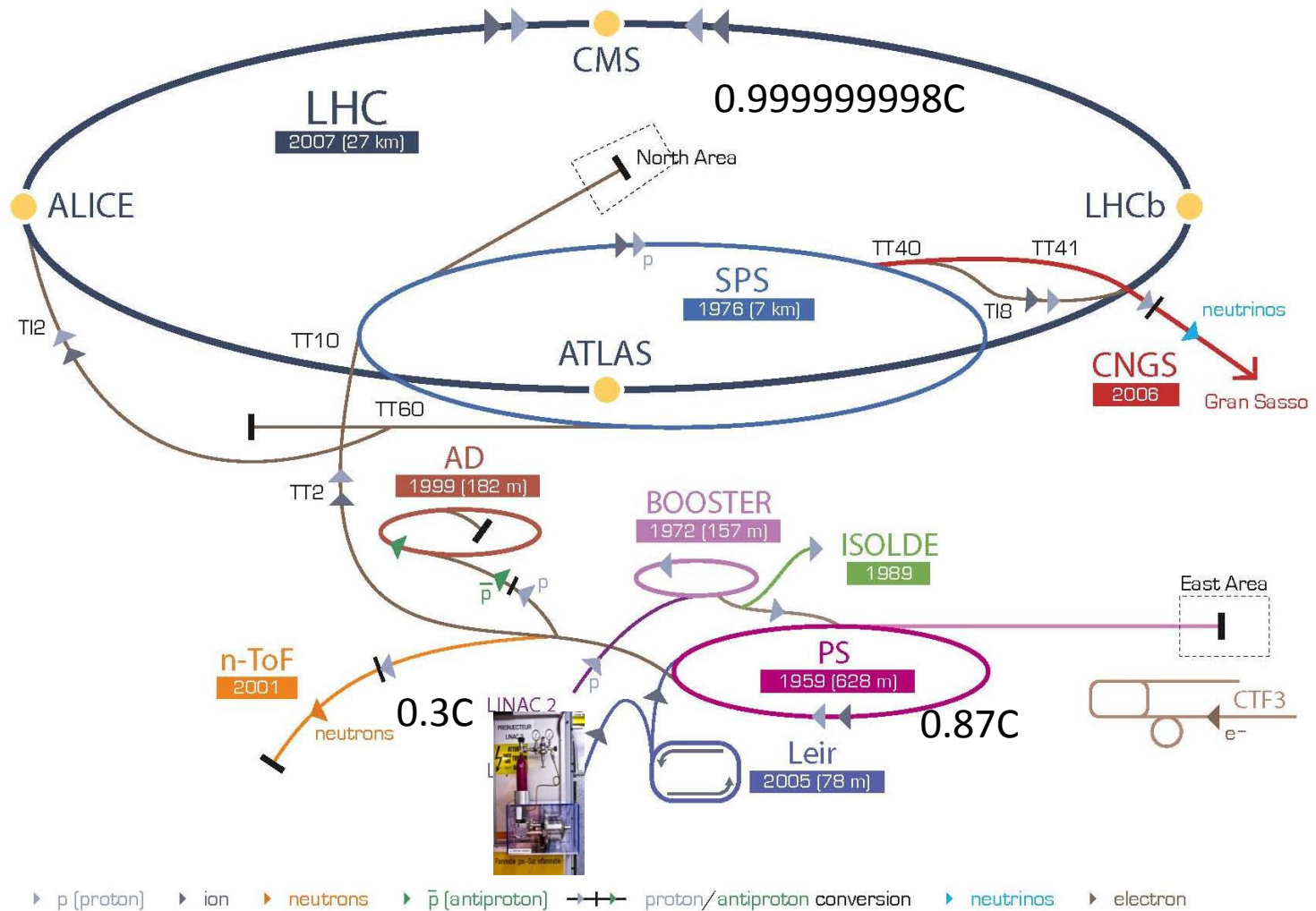


What does it take to "run" an LHC detector (η ο,τι δεν λεμε στις διαλεξεις για «detectors»)

...και ισως μερικες πιθανες ιδεες για τους μαθητες σας

Μετεκπαιδευση Ελληνων καθηγητων, CERN

CERN Accelerator Complex



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

Οι 4 «μεγαλοι» ανιχνευτες του LHC:

- Είναι πραγματικά μεγάλοι....

Όνομα	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

Οι 4 «μεγαλοι» ανιχνευτες του LHC:

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

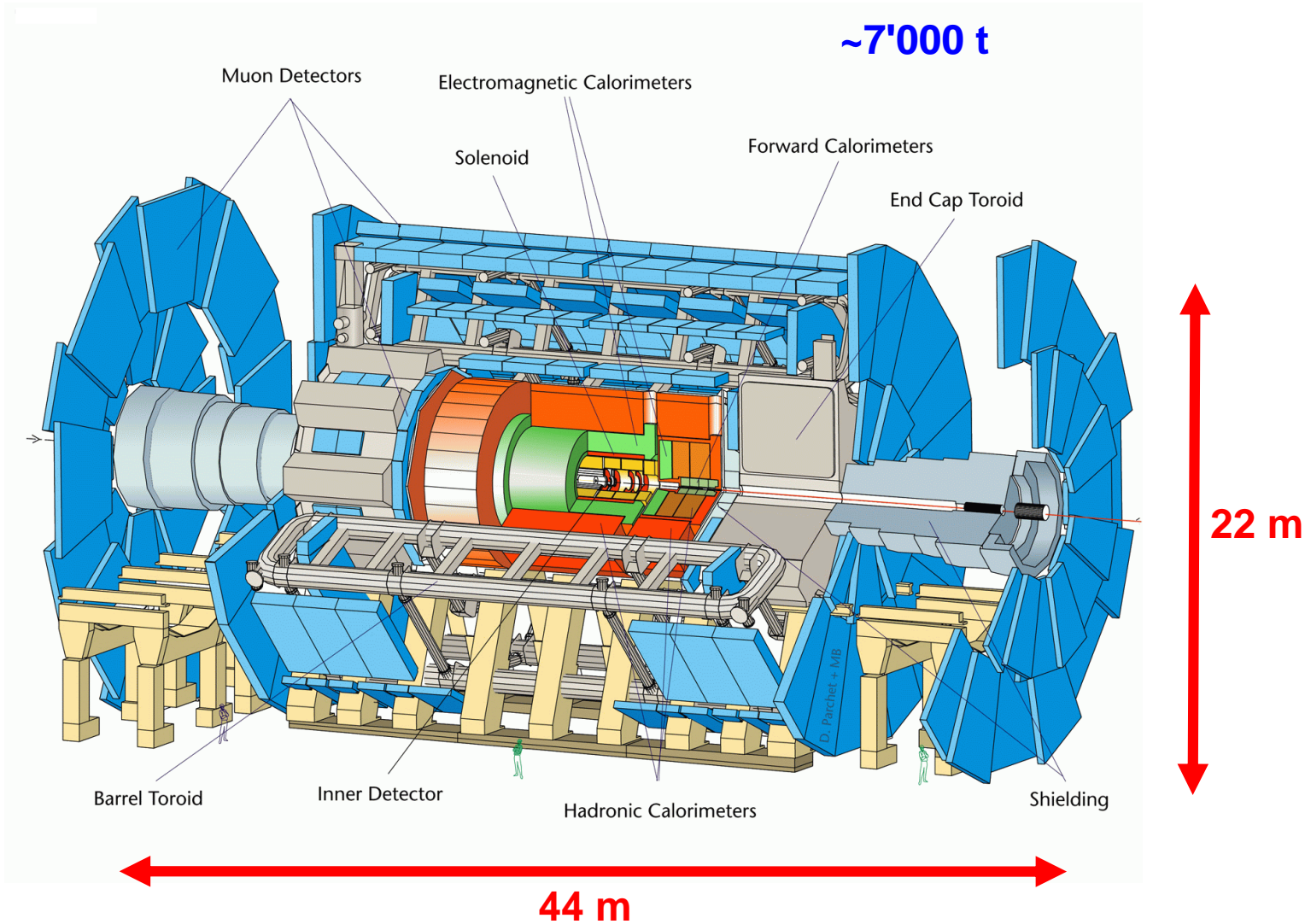
Υπανιχνευτης	ALICE	ATLAS	CMS	LHCb
Vertex detector/Tracker	✓	✓	✓	✓
Calorimeter	✓	✓	✓	✓
Muon detector	✓	✓	✓	✓
Διαφορα	!!!!!!!	✓	✓	!!!!!!!

Ολοι εχουν εναν καταγραφει τροχιων (Tracker στα Ελληνικα)

Ολοι εχουν ενα καλοριμετρο (Ηλεκτρομαγνητικο και Αδρονικο)

Ολοι εχουν ανιχνευτες μιονιων

ATLAS



CMS

~12'500 t

SUPERCONDUCTING COIL

CALORIMETERS

ECAL
Scintillating
PbWO4 crystals

HCAL
Plastic scintillator/brass sandwich

IRON YOKE

15 m

TRACKER

Silicon Microstrips
Pixels

MUON ENDCAPS

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

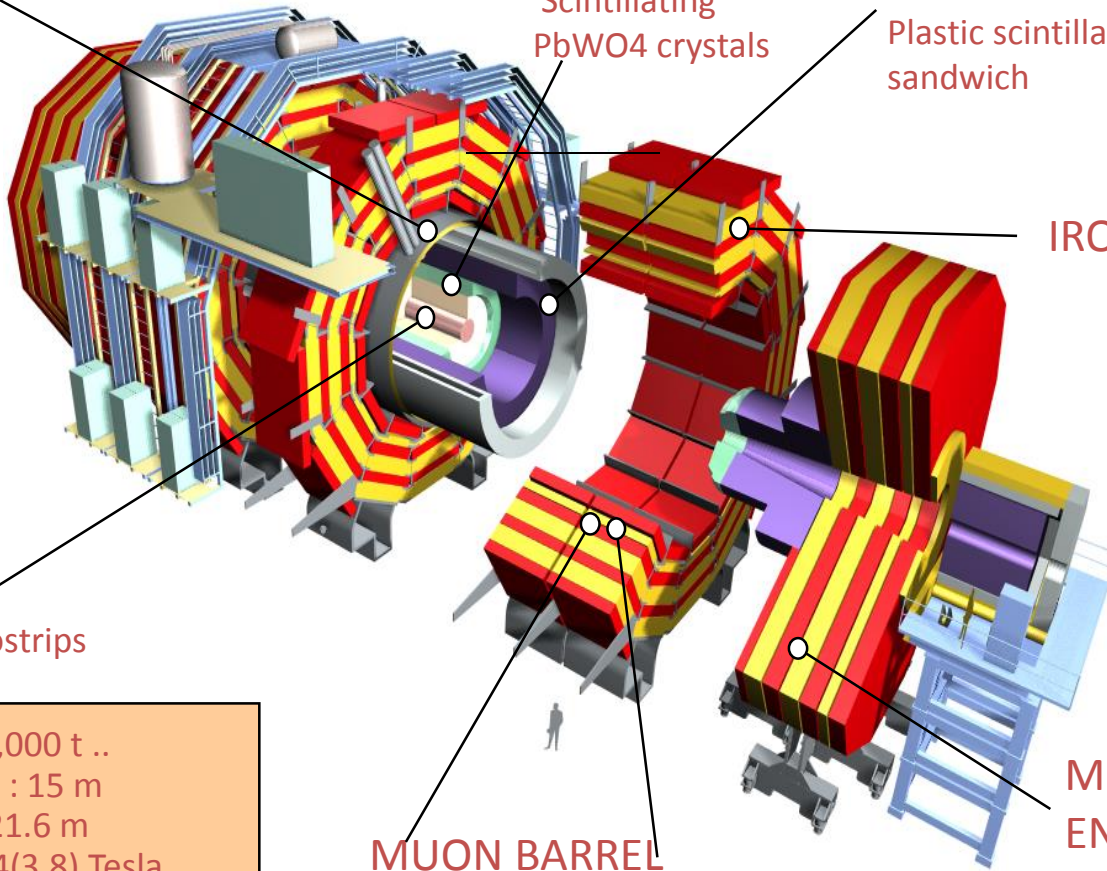
MUON BARREL

Drift Tube
Chambers

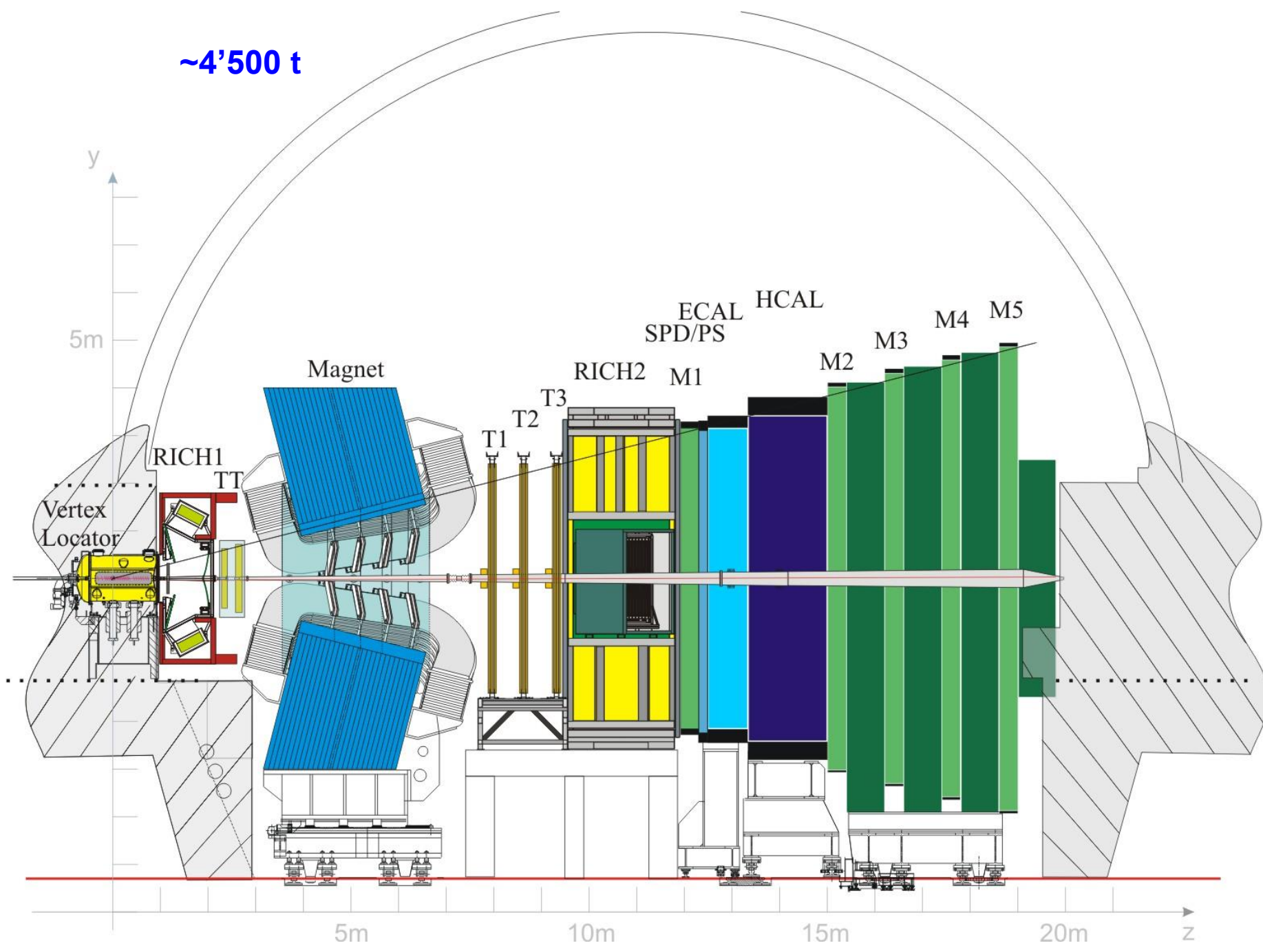
Resistive Plate
Chambers

Cathode Strip Chambers and
Resistive Plate Chambers

22 m



~4'500 t



Απο τις διαλεξεις για τους ανιχνευτες ξερετε οτι:

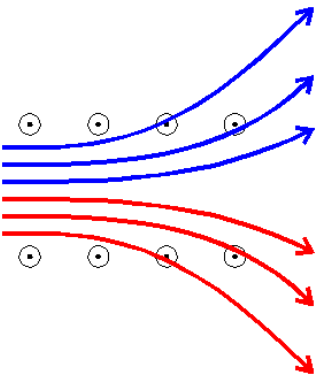
- Τα σωματιδια δεν μπορούν να ανιχνευθουν „απευθειας“
- Η ανιχνευση τους γινεται μεσω της **αλληλεπιδρασης τους με την υλη** (ανιχνευτης) που στο τελος «μεταφραζει» τα παντα σε
- Φως (-> φωτοπολλαπλασιαστες χιονοστοιβαδας, φωτοδιοδοι, CCD, Si pixel)
- Ταση η ρευμα

Μπορουμε να μετρησουμε τα ακολουθα απο ενα σωματιδιο

- Ενεργεια
- Ορμη
- Φορτιο
- Χρονο ζωης
- Διασπασεις
- **Μαζα**
- **Σπιν**

$$\vec{p} = \left. \begin{pmatrix} E \\ p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix} \right\} \begin{pmatrix} E \\ \vec{p} \end{pmatrix} \quad E^2 = m^2 \cdot c^4 + \vec{p}^2 c^2 \Rightarrow m = \frac{\sqrt{E^2 - \vec{p}^2 c^2}}{c^2}$$

- Ενέργεια -> καλοριμετρα!
- Ορμη->μαγν. πεδιο!

$$F = q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R} \Rightarrow q \cdot B \cdot R = m \cdot v = |\vec{p}|$$


- Φορτιο ->μαγν. πεδιο!

Οι συνδιασμοί των «φωτογραφιών» των ανιχνευτών μας δίνει την «φωτογραφία «του γεγονότος

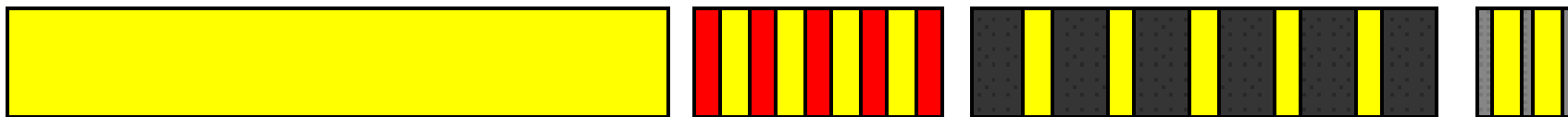
Ελαφρα υλικά: “tracking” τροχιομετρια, P_T (καθετη συνιστωσα της ορμης), αρχη ηλεκτρομαγνητικων καταγωνισμων (showers), τοπολογια αρχης αντιδρασεων

Βαρια υλικά(μολυβδος, ουρανιο) και «ενεργα υλικά» για ανιχνευση! $\lambda_0 \approx A^{1/3}$
 Ταυτοποιηση σωματιων, jets, μετρηση ενεργειας

Κατ’ ουσιαν καταγραφεας τροχιων..

Υλικά με πολλα πρωτονια! και «ενεργα υλικά» για ανιχνευση! $X_0 \approx \frac{180A}{Z^2}, \rho_0 \approx \frac{7A}{Z}$

Tracker (καταγραφεας τροχιων) **H/M καλοριμετρο** **Αδρονικο καλοριμετρο** **Ανιχνευτες μιονιων**



Ηλεκτρονιο;



Φωτονιο;

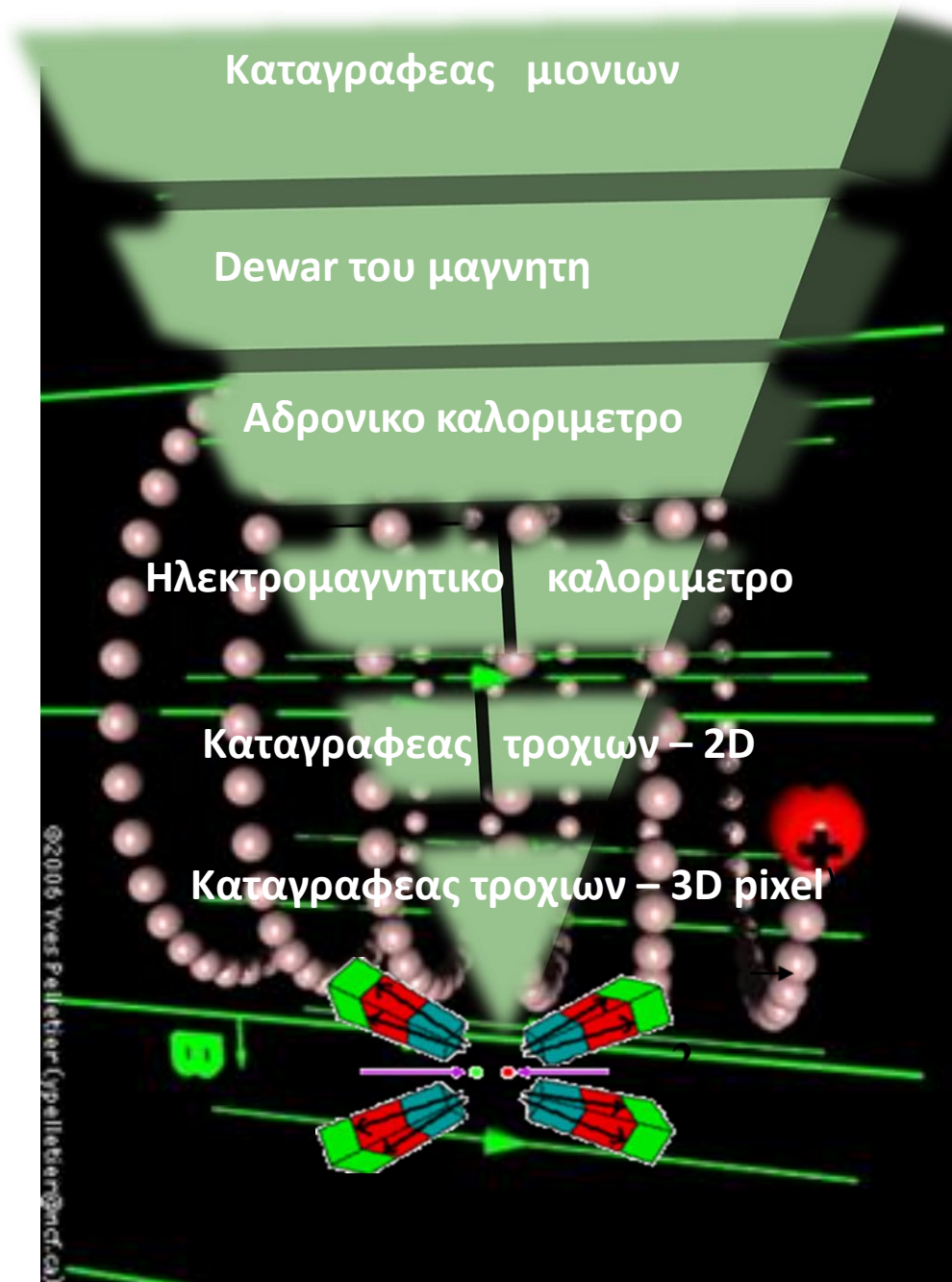


Αδρονιο;



Μιονιο;



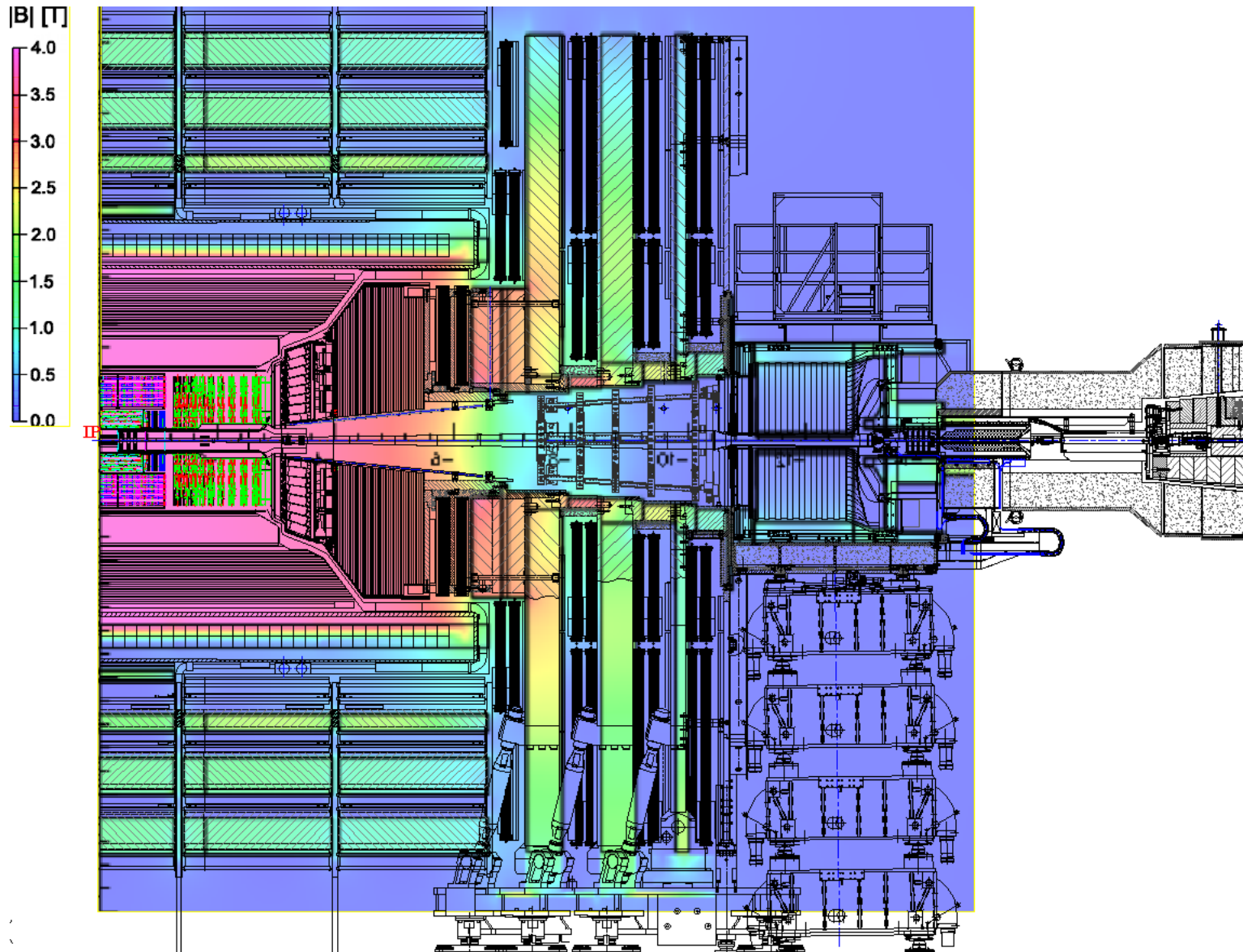


$$E_{CM} = 2E_{beam}$$

$$\mathbf{p}_1 = -\mathbf{p}_2$$

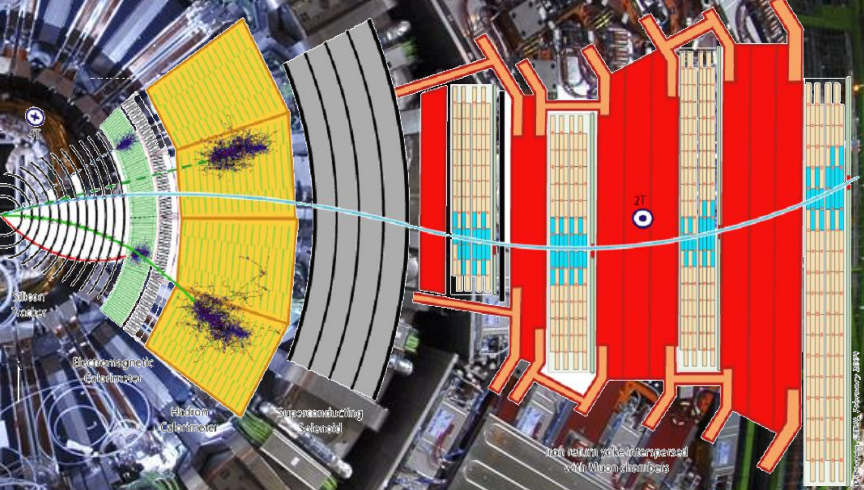
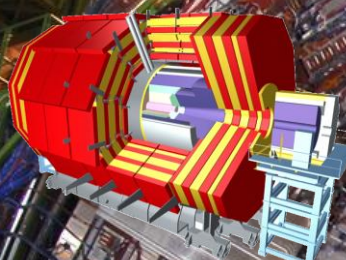
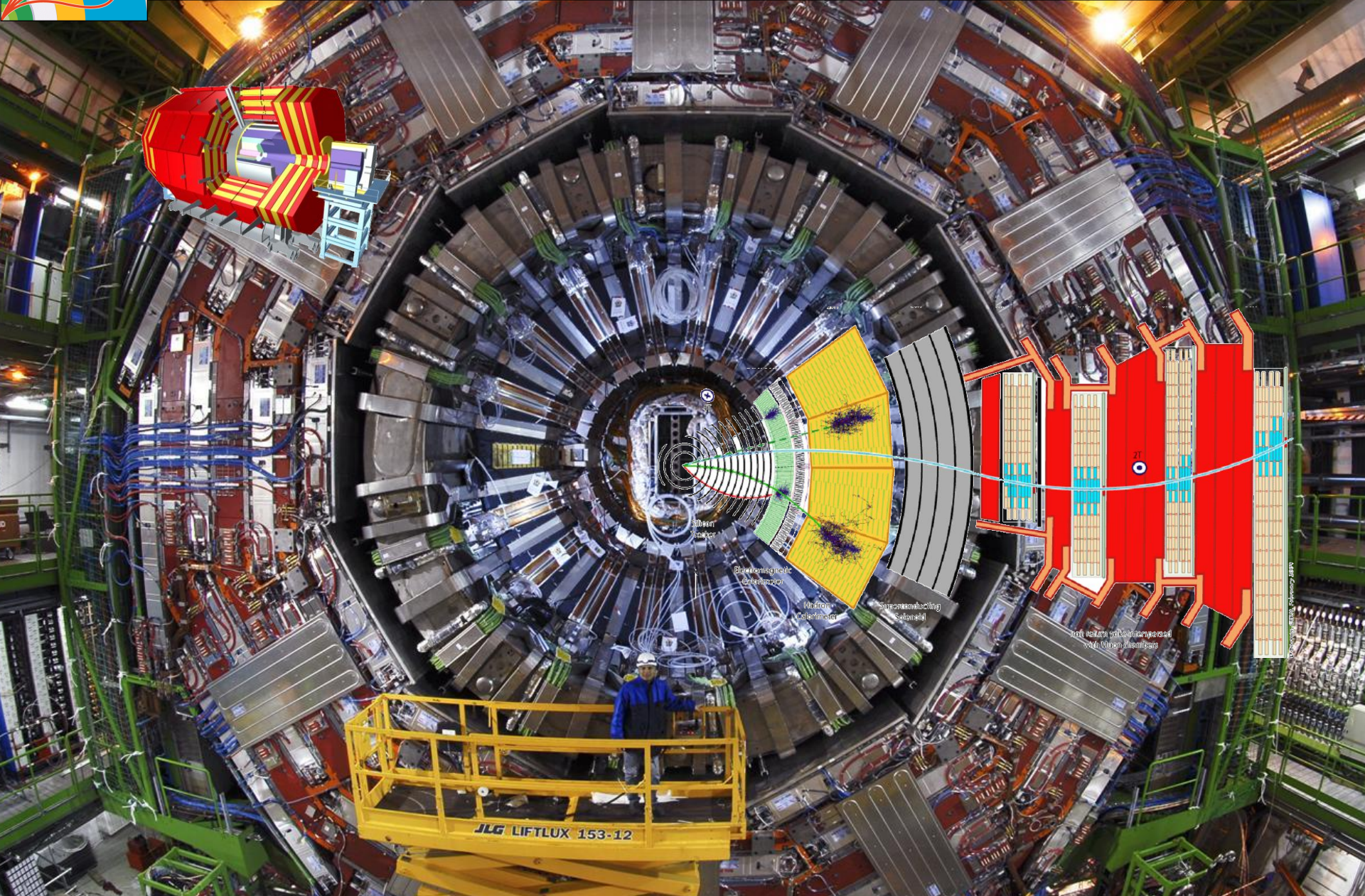
«Βαρια» υλικα!

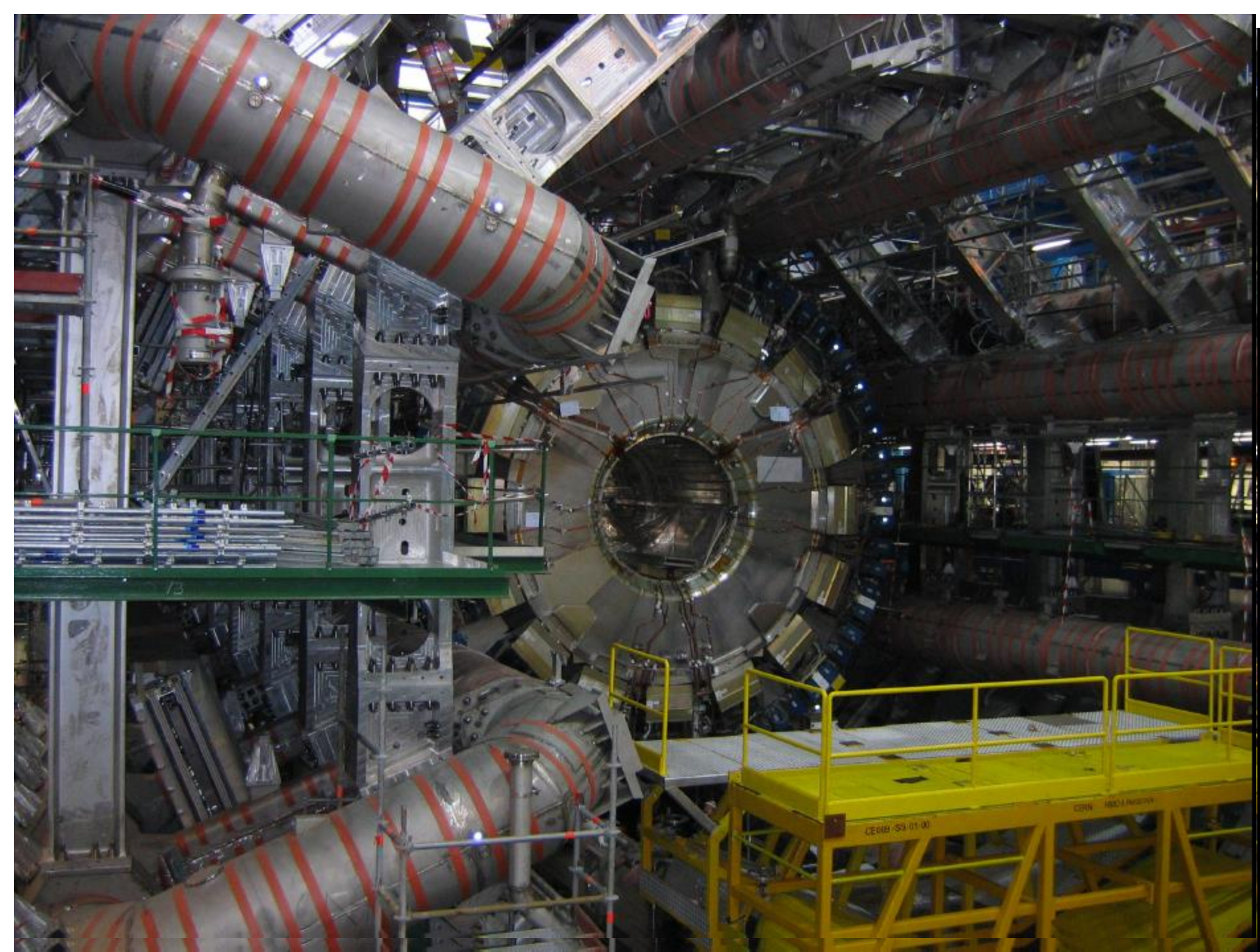
«Ελαφρα» υλικα!

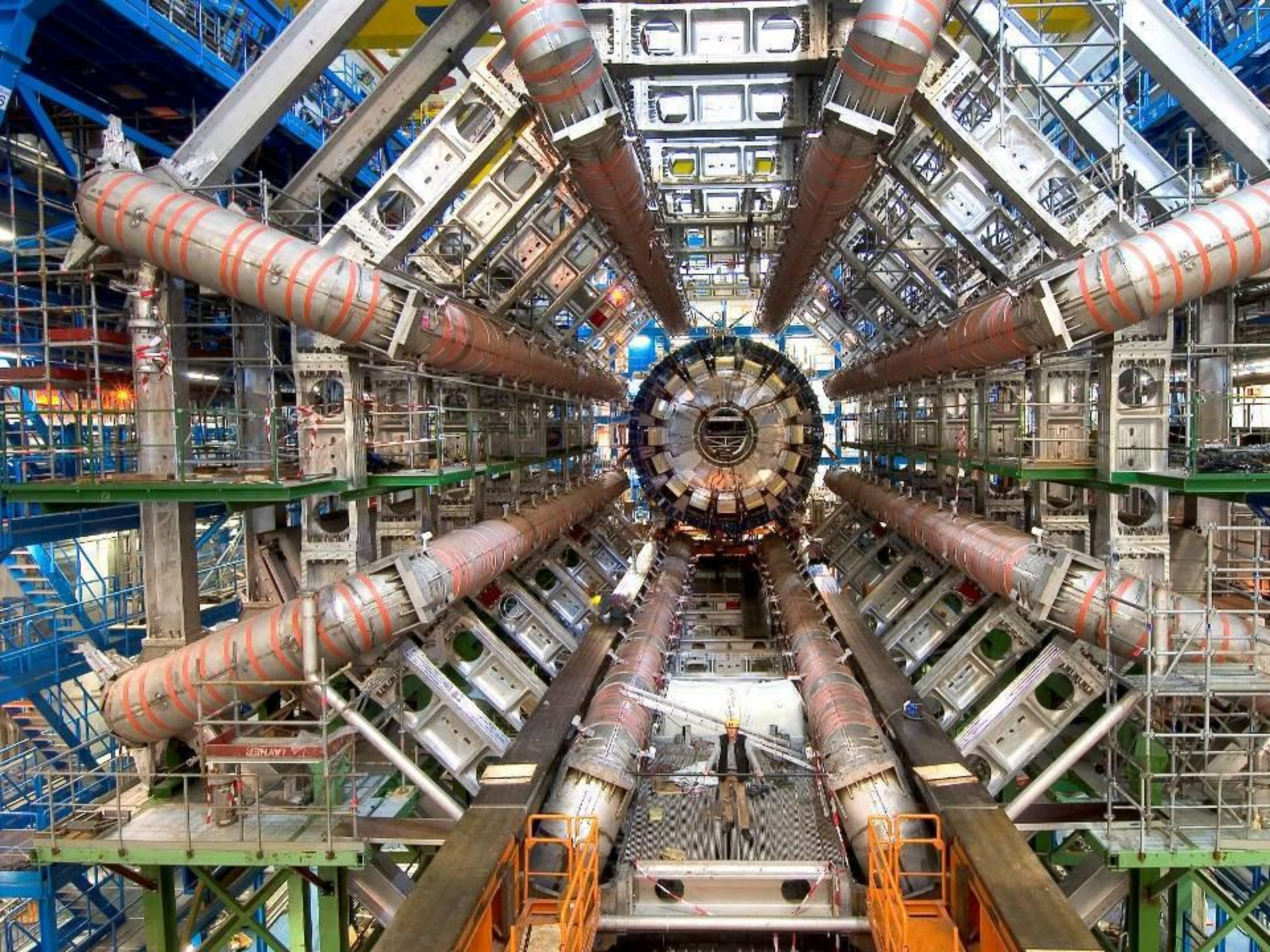


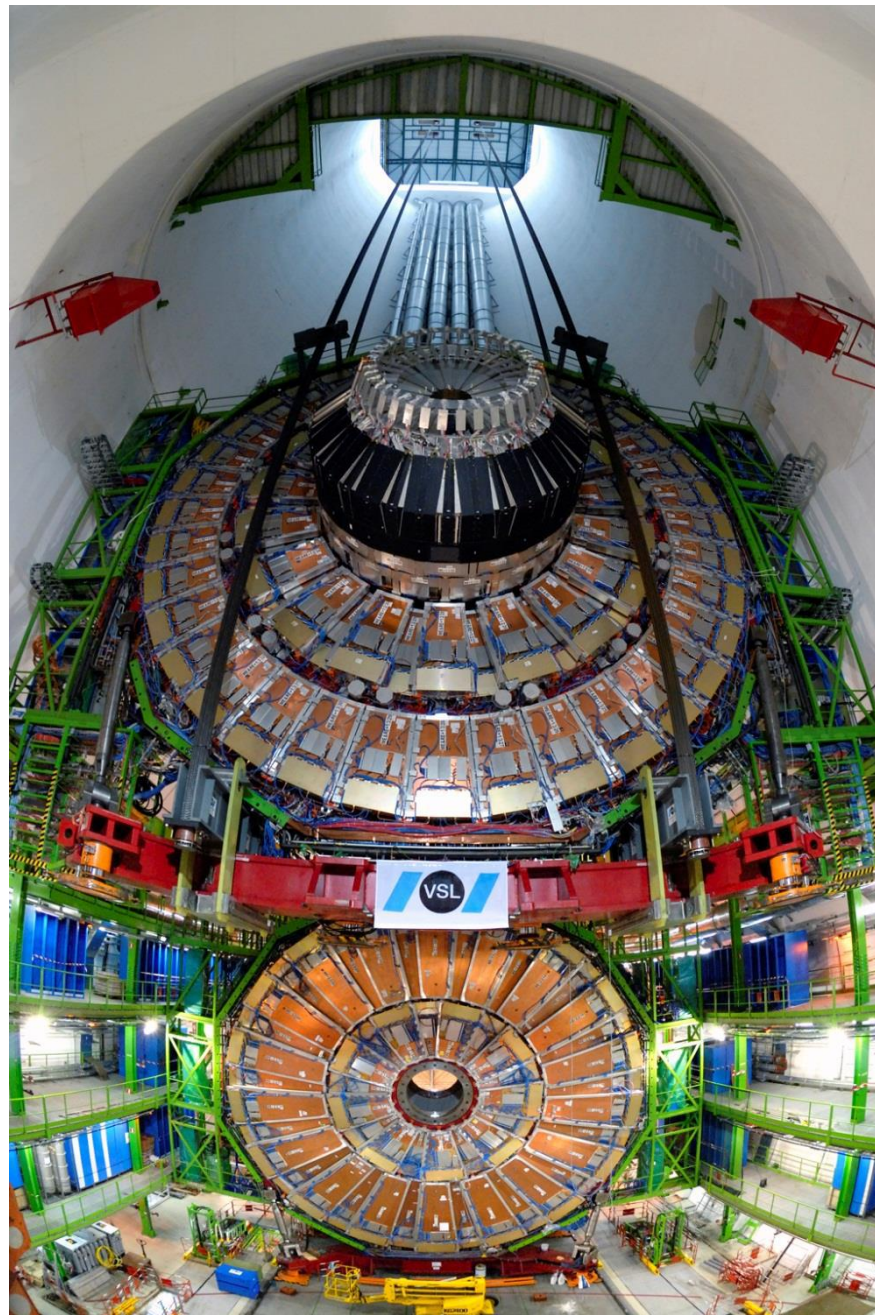
Η ισχύς του μαγνητικού πεδίου μέσα στον ανιχνευτή

Το πραγματικό CMS









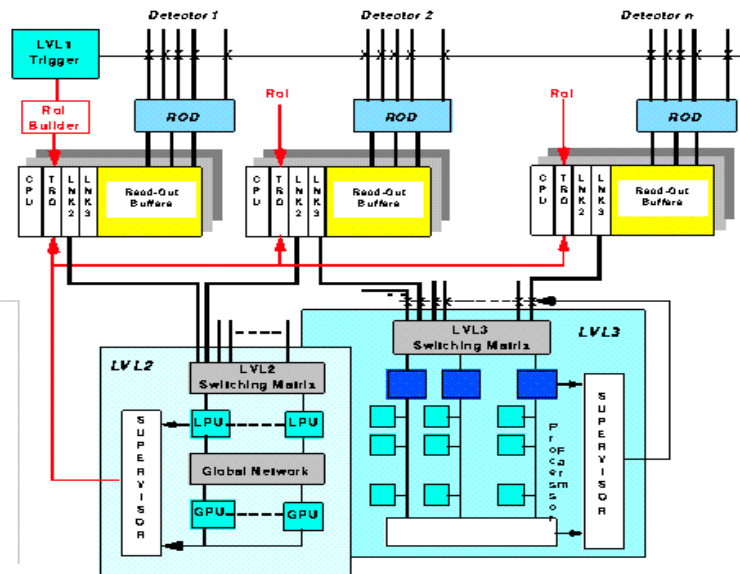
Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ “ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ”

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 “καναλιά” που “διαβάζουν” τις πληροφορίες που προέρχονται από τις συγκρούσεις

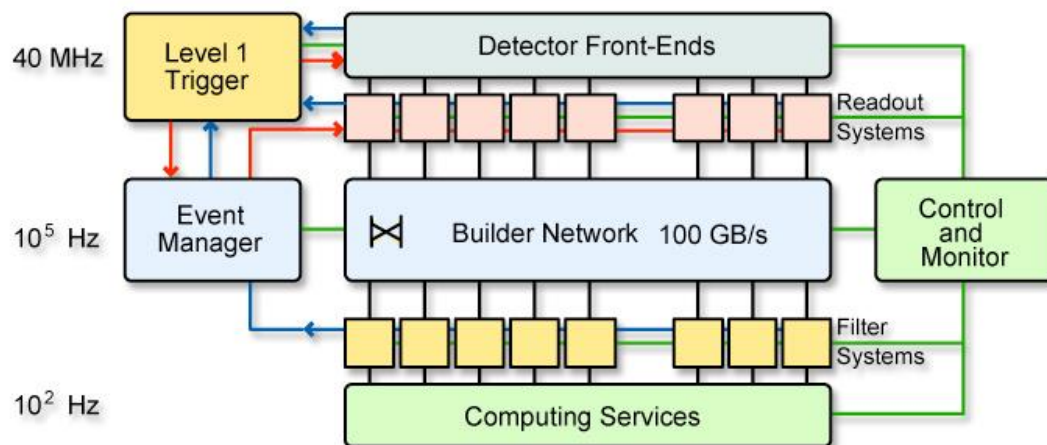
Event building

ATLAS

ATLAS T/DAQ Global Architecture



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)

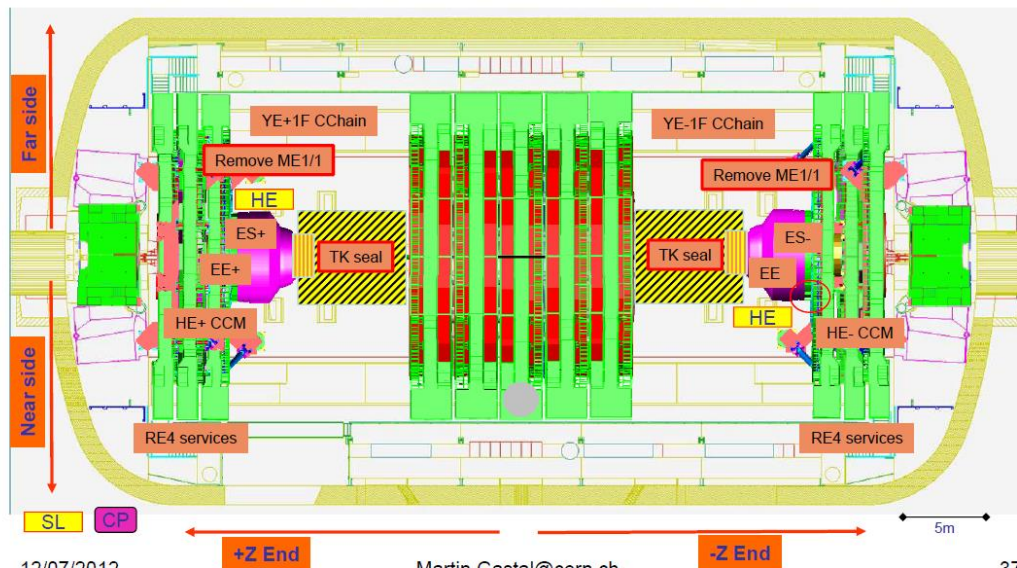
Για το περιβαλλον γυρω απο τον ανιχνευτη

- 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

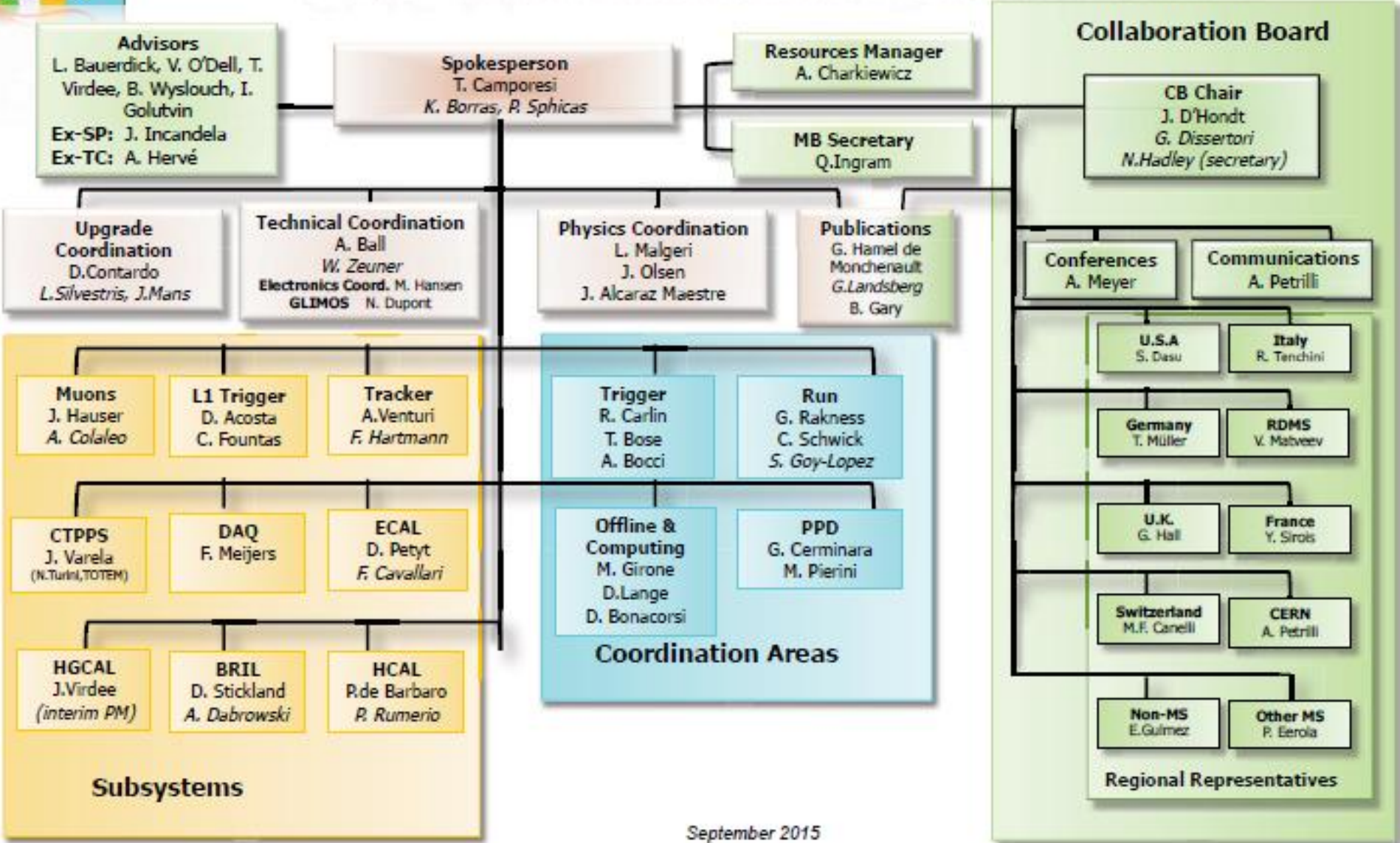
- Συστηματα ελεγχου περιβαλλοντος
- Συστηματα ψυκτικων(-268°K)
- Συστηματα κενου (μονωση)
- Συστηματα Ηλεκτρικης τροφοδοσιας (18-20kA)

- 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.





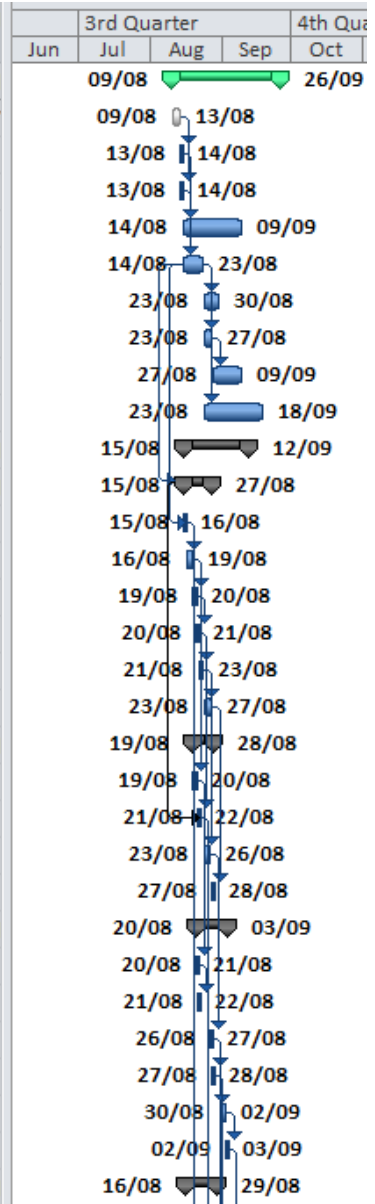
CMS Management Board 2015



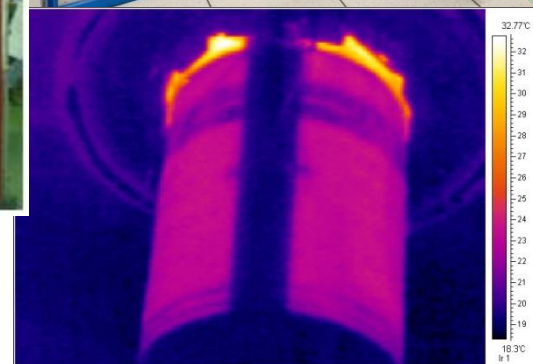
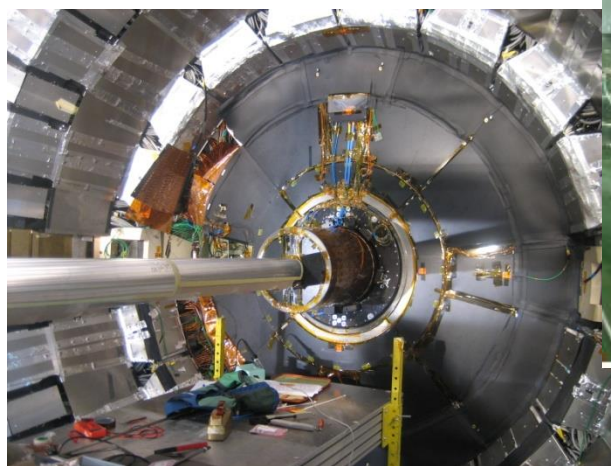
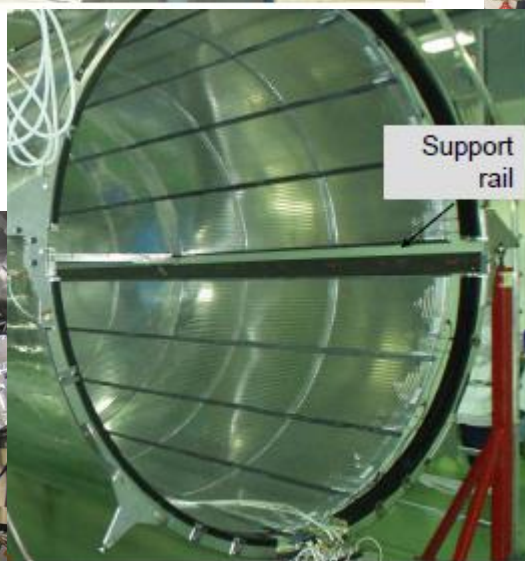
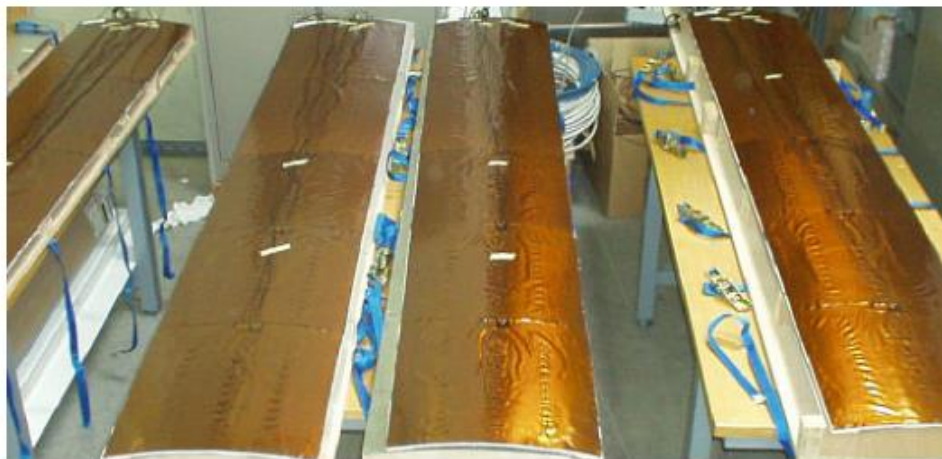


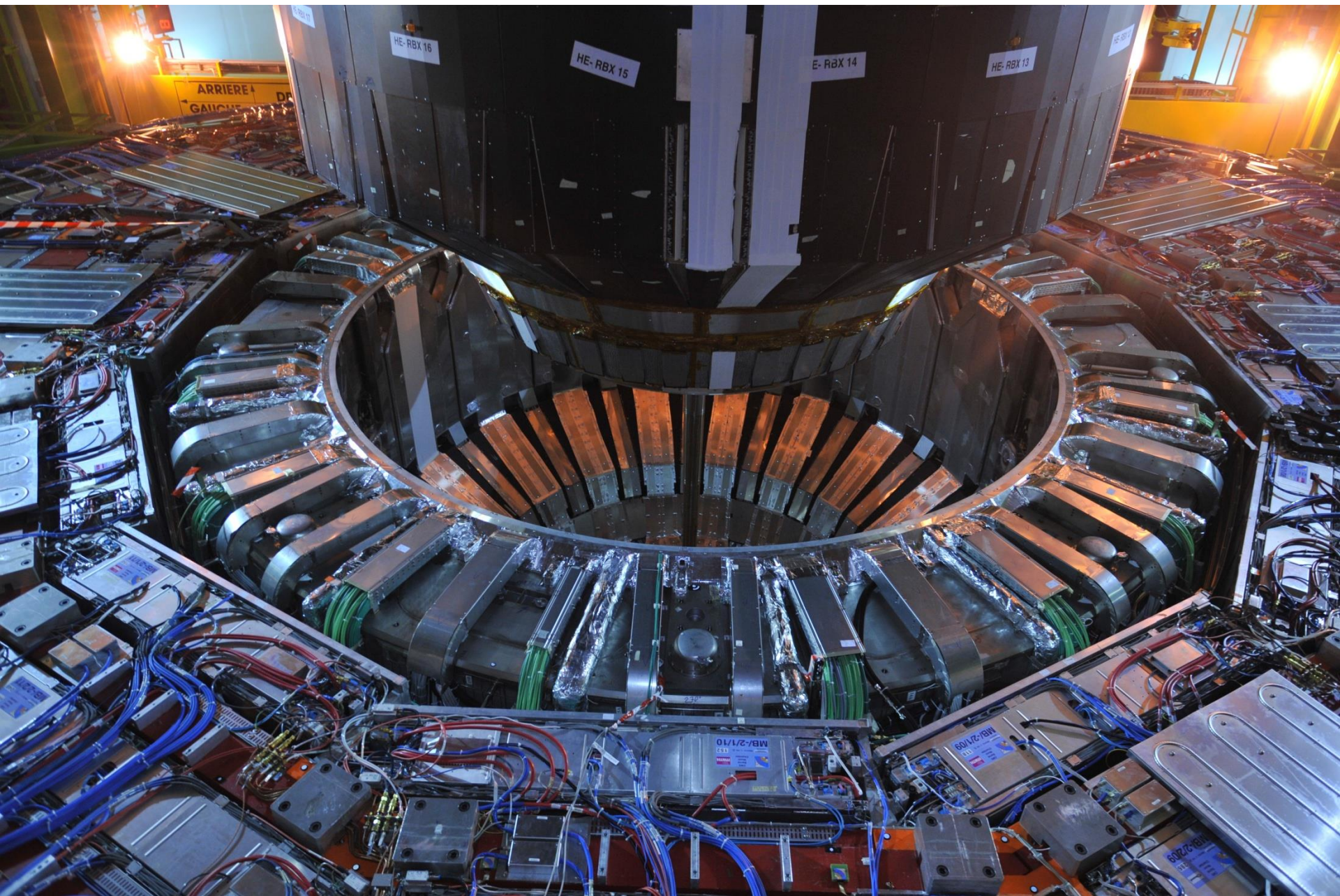
Activity Co-ordination Tool
 COOK James Richard

Task ID	Task Name	Duration
260	Perform work on YB0+Z with Full acces to vacTank	33.5 days
261	Open YB+2 / YB+1	1.5 days
262	Remove MABs	1 day
263	Install access staircase to inside of VacTank	1 day
264	Remove CCM jumpers (RBXs) inside VacTank	18 days
265	Remove thermal shield for TK	7 days
266	Install additional services under thermal shield	5 days
267	Install temperature sensors for TK	2 days
268	Perform TK cold test	9 days
269	Refurbish Quick connectors	18 days
270	HO-DT-RPC tasks	20 days
271	Remove ECAL LV cables	8 days
272	S02N	1 day
273	S03 N	1 day
274	S06 F	1 day
275	S07 F	1 day
276	S11	2 days
277	S10	2 days
278	Remove DT-RPC cables	7 days
279	S02 S03	1 day
280	S06 S07	1 day
281	S11	1 day
282	S10	1 day
283	Perform work on HO	10 days
284	S02	1 day
285	S03	1 day
286	S06	1 day
287	S07	1 day
288	S10	1 day
289	S11	1 day
290	DT chamber extraction for HV repairs	9 days

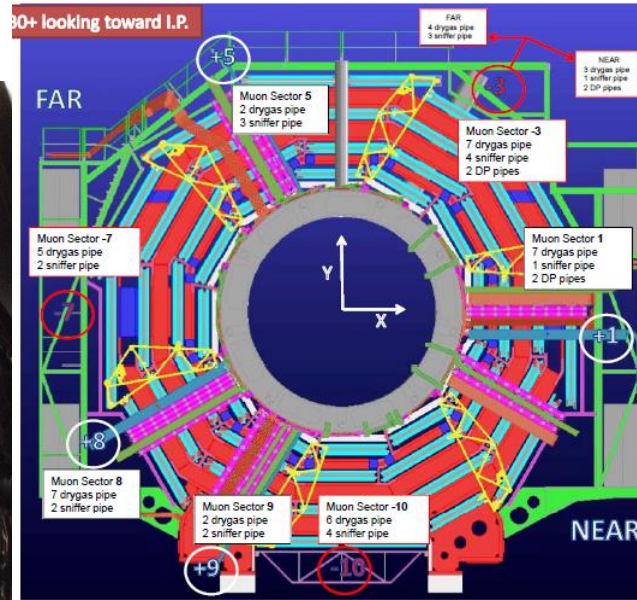


Συστήματα εξυπνων μονωτων(~ -20°C καταγραφεας τροχιων ~ +17°C ECAL)





•Συστηματα ελεγχου περιβαλλοντος (ξερσ αερας, αζωτο, θερμοκρασια)



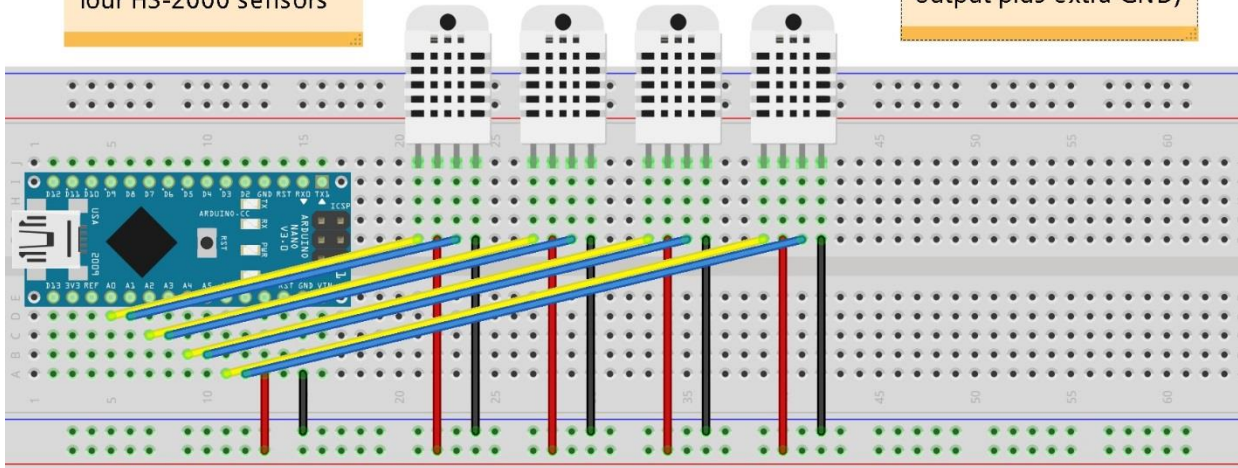
Κοστος ~150,000 ευρω

Προστασια του ανιχνευτη τροχιων απο προβλημα υγρασιας η μαλλον σημειου δροσου

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 ευρώ

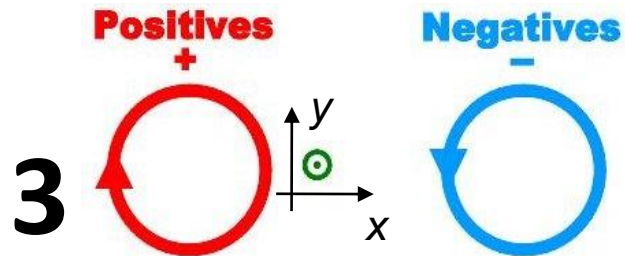
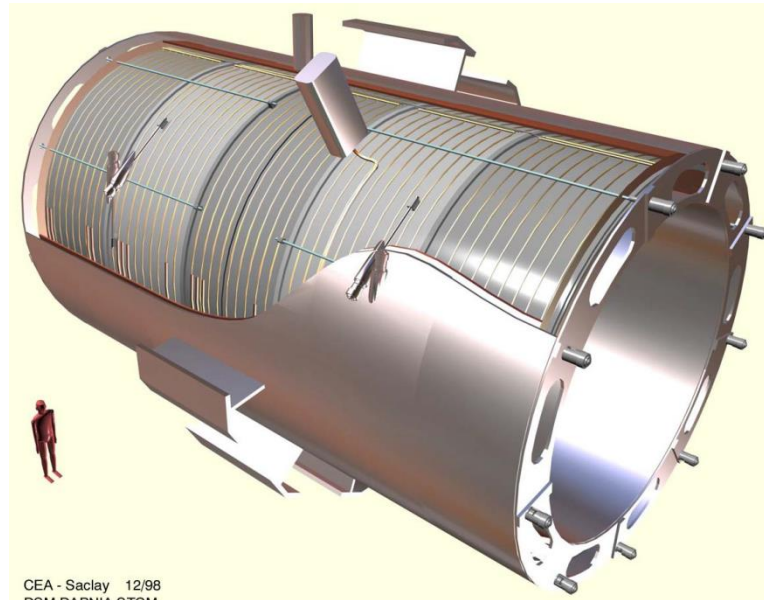


HS-2000 Temp and RH Analog Output sensor

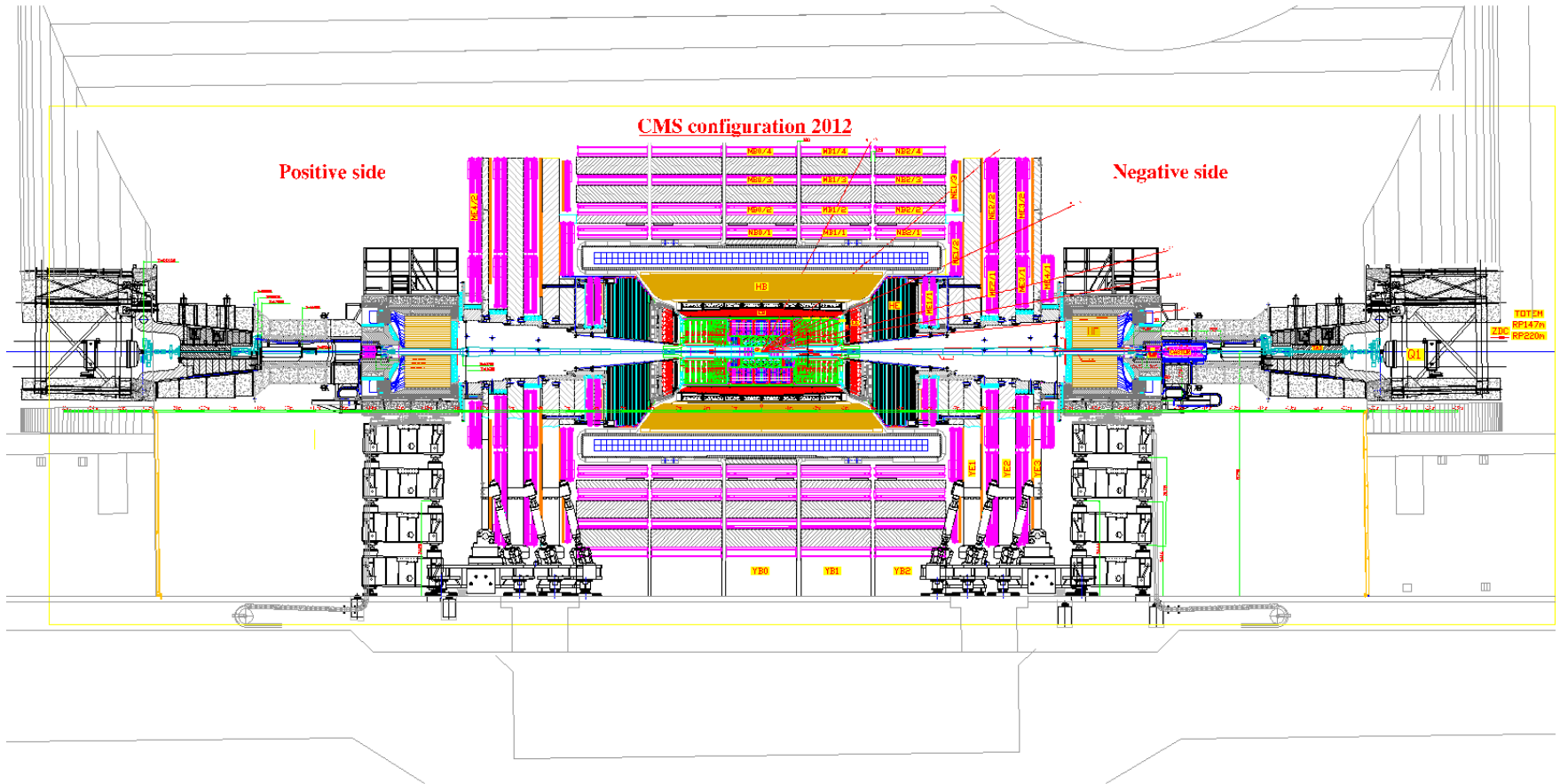
Tout VCC RHout GND

Αλλα και ο μαγνητης...

CMS

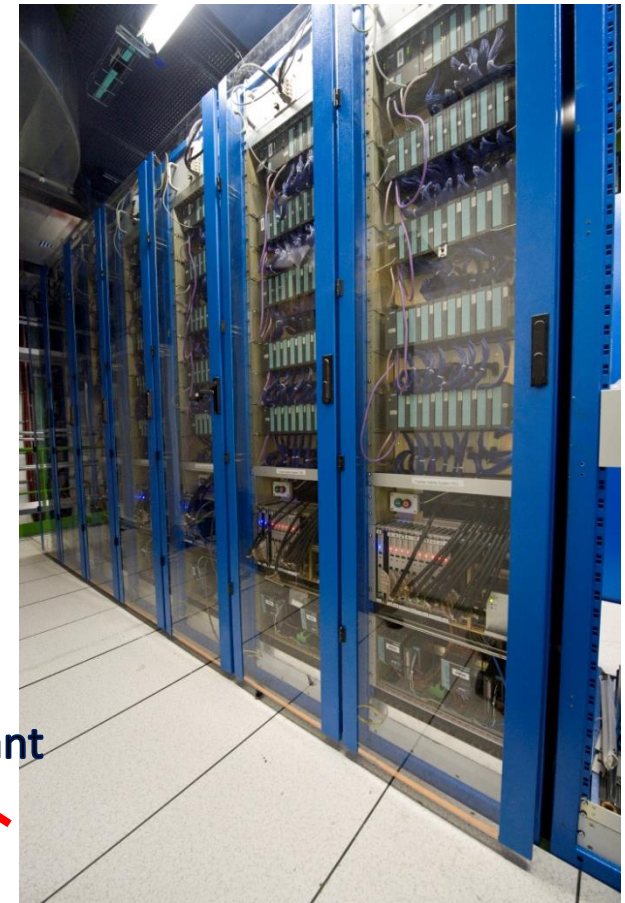
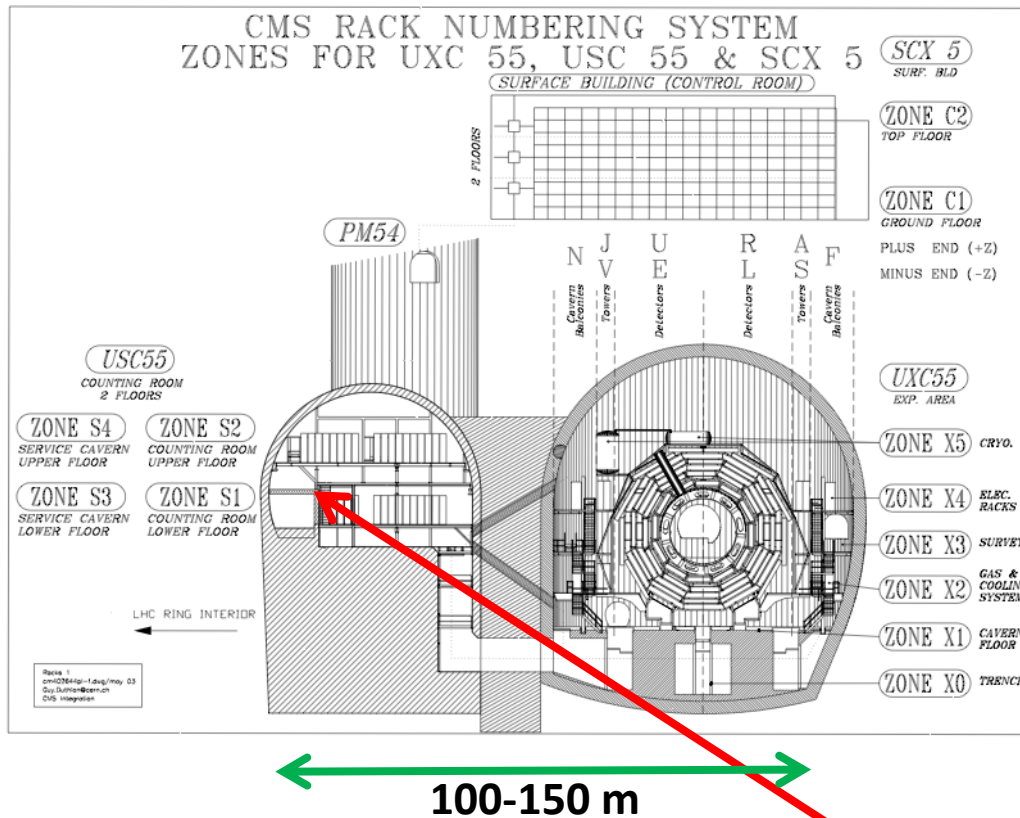


3.8T, 20kA, -268⁰K

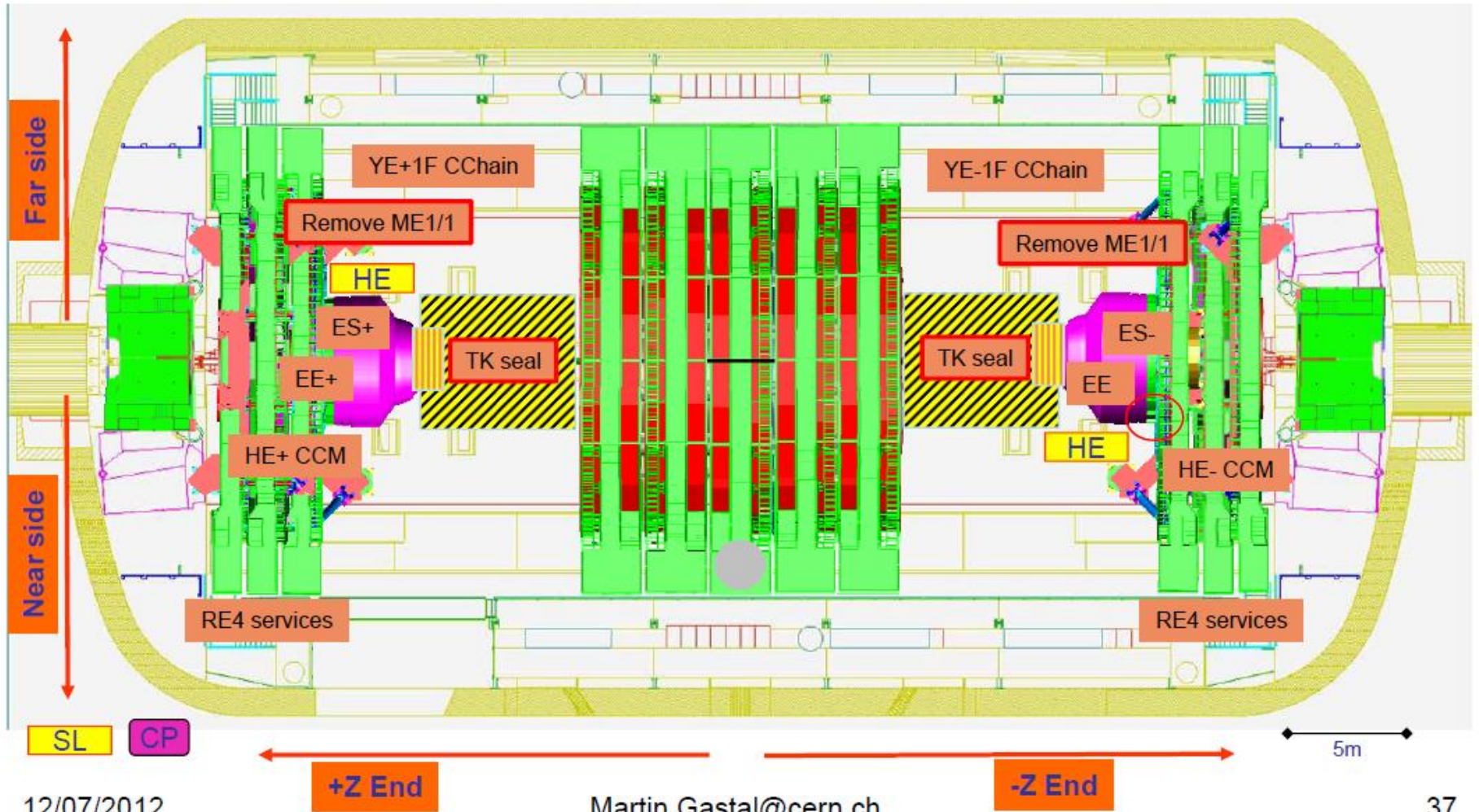


Μια ιδέα του πως είναι η διαρρυθμιση του χωρου (2012)...

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



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



Μια “τυπικη εικονα” μιας μερας δουλειας στον ανιχνευτη

