

3. Gyorsítók



CERN(Genf): légifelvétel. A gyorsító és a repülőtér

CERN. Alapították 1955-ben.
Ma 22 tagállama van, köztük Magyarország is (1992)



A tagállamok zászlói a főbejártnál



CERN-től északra: a Jura hegység (1720 m, 300 km hosszú)
Az LHC alagútja részben alatta helyezkedik el.



CERN-től délre: A Mount Blanc havas csúcsai (4695 m)



Genf (népesség ~200 000) központi része
a Genfi tó (580 km²) partjain helyezkedik el.
A képen a város nevezetes
szökőkútja (Jet d'eau, 145m) látható.



Beszéljünk végre a gyorsítókról is

Gyorsító minden háznál található (volt?)

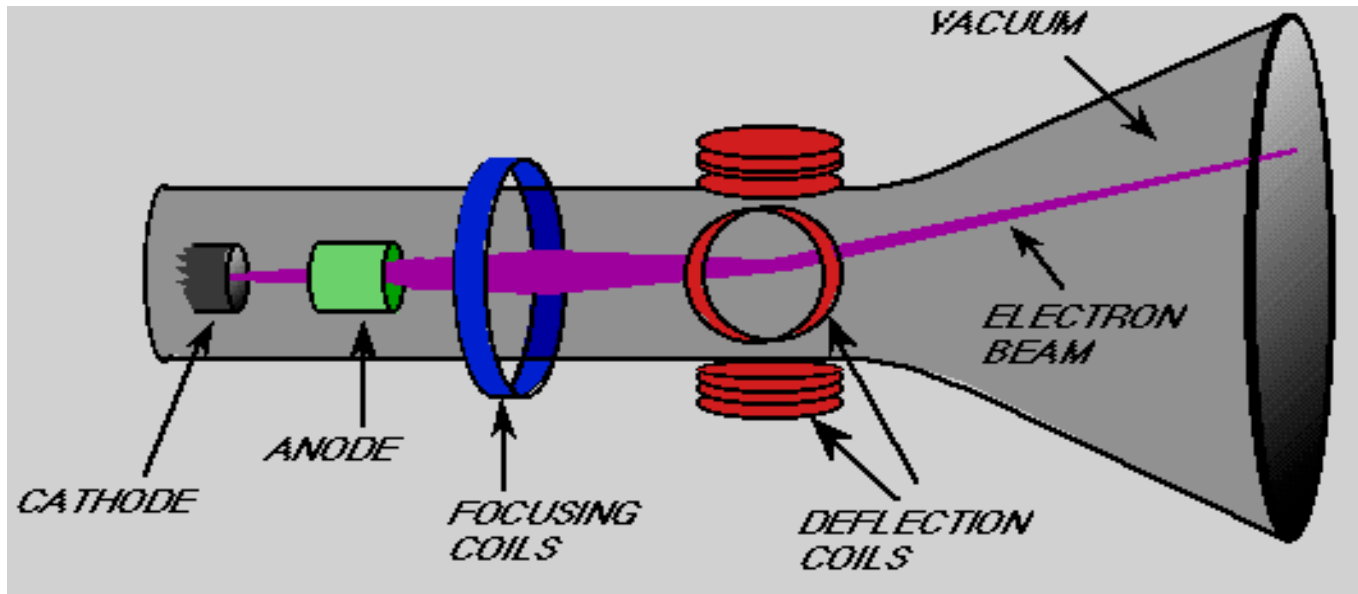


A „régimódi” képcsöves
TV-ben vagy monitorban
egy részecskegyorsító
rejtezkedik



Ebből (LCD, Plazma)
„kispórolták” a gyorsítót

A „képcső” (Cathode Ray Tube, CRT)
és a részecskegyorsítók
működési elve azonos



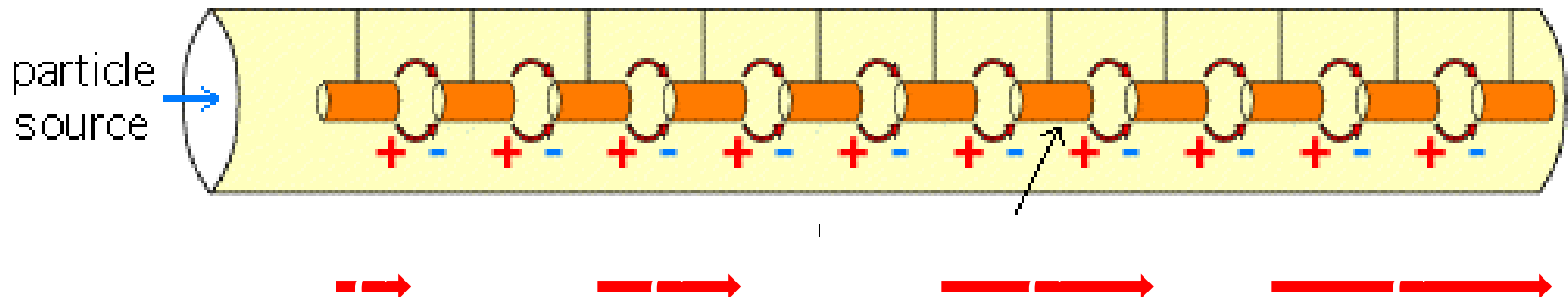
A katód és anód közti nagy
elektromos térrel gyorsítjuk fel a katódból kilépő elektronokat

A széttartó elektronnyalábot
fókuszáló mágnesekkel keskeny nyalábbá húzzuk össze

Az **eltérítő mágnesekkel** szabályozzuk a nyaláb útját

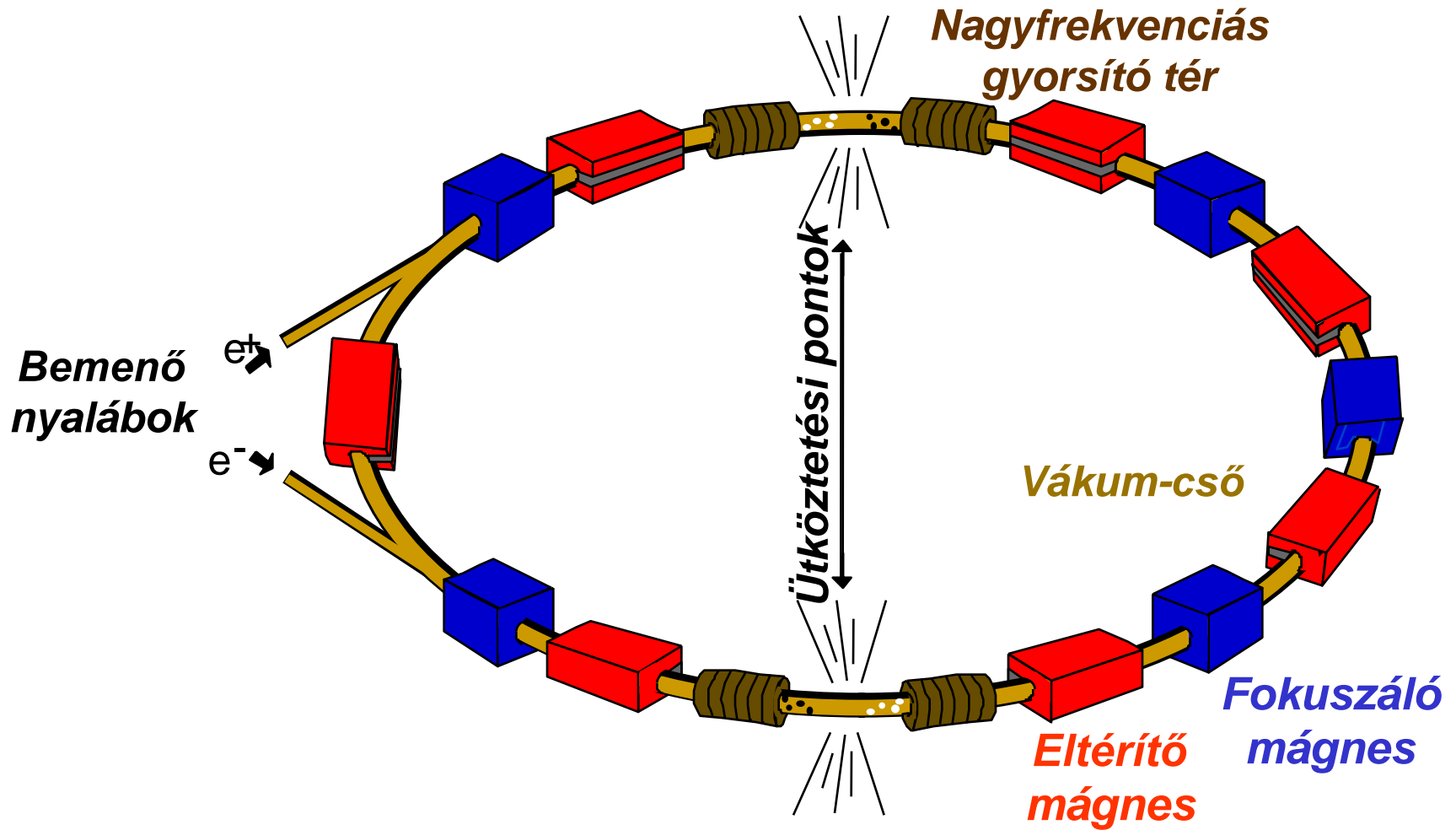
Nagy energiát akarunk?
[„hinta-palinta”: sok kis gyorsítás sokra megy...]

Rakjunk össze sokat sorba: Lineáris gyorsítók!

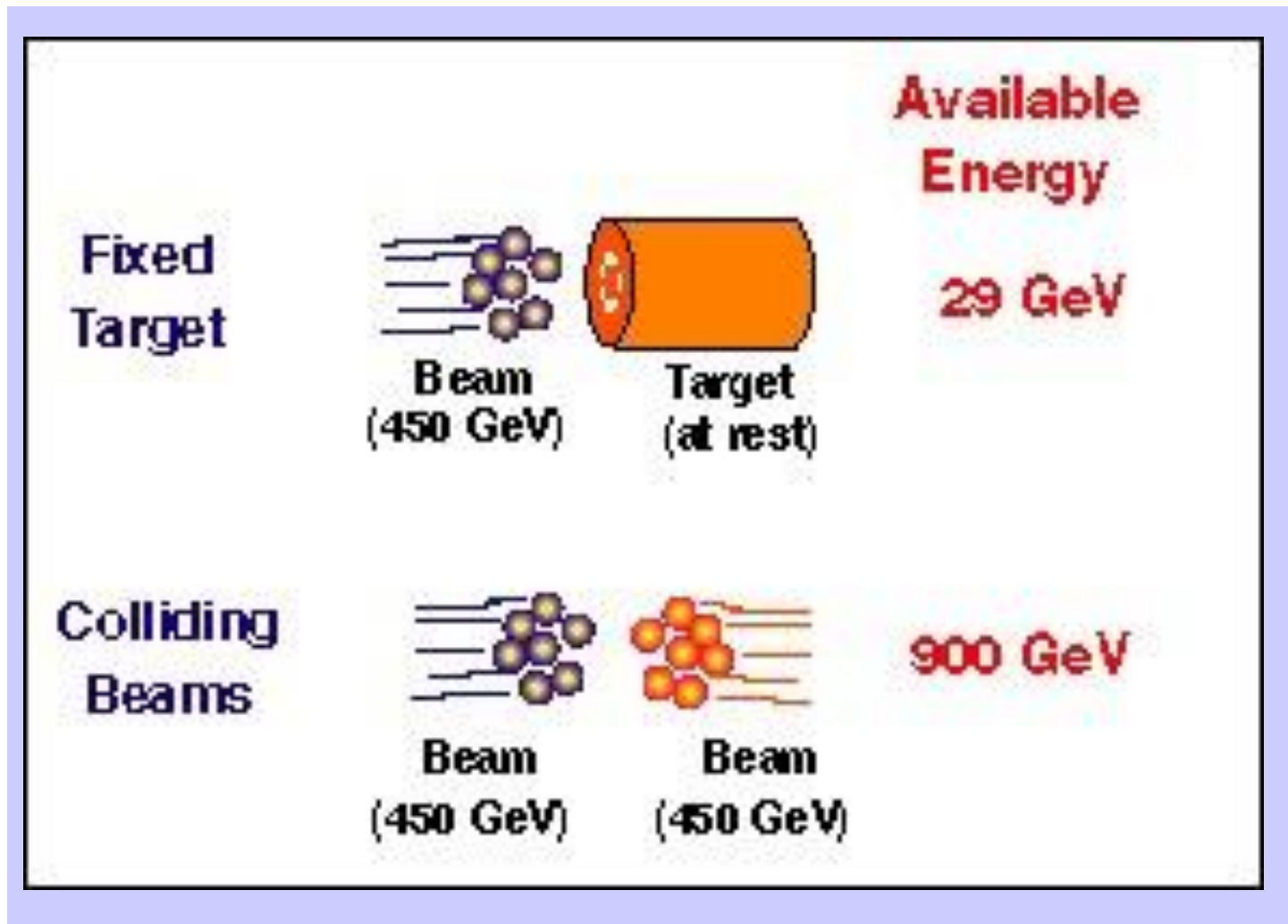


Nagyon hosszúak?
Takarékosabb ha **körbe** rakjuk őket.
Görbítsük el hát az egyenest
(de vannak azért „lineárisak” is)

és futassuk körbe a részecskéket sokszor
így körönként is növelhetjük az energiájukat
majd ütköztessük őket szembe (Collider = ütköztető)



Álló céltárgy vagy frontális ütközés?



Az igazán nagy gyorsító gyűrűbe már elegendően gyors részecskéket vezetünk.

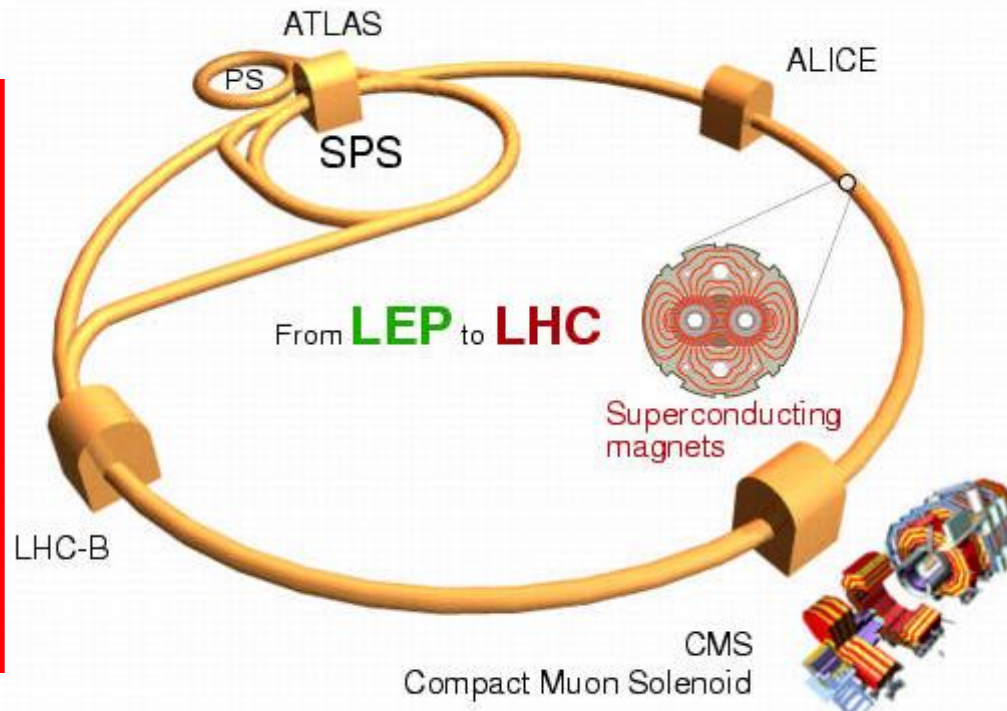
Az előzetes gyorsításokat több lépésben -kisebb gyorsítókkal- végezzük:
PS (Proton Synchrotron) → SPS (Super PS) → LEP/LHC

A CERN gyorsítók nagy felfedezései:

SPS(1983): W és Z

LEP: elméletileg nagyon fontos/pontos adatok a W/Z-ről
[3 részecske-generáció]

LHC(2012): Higgs!



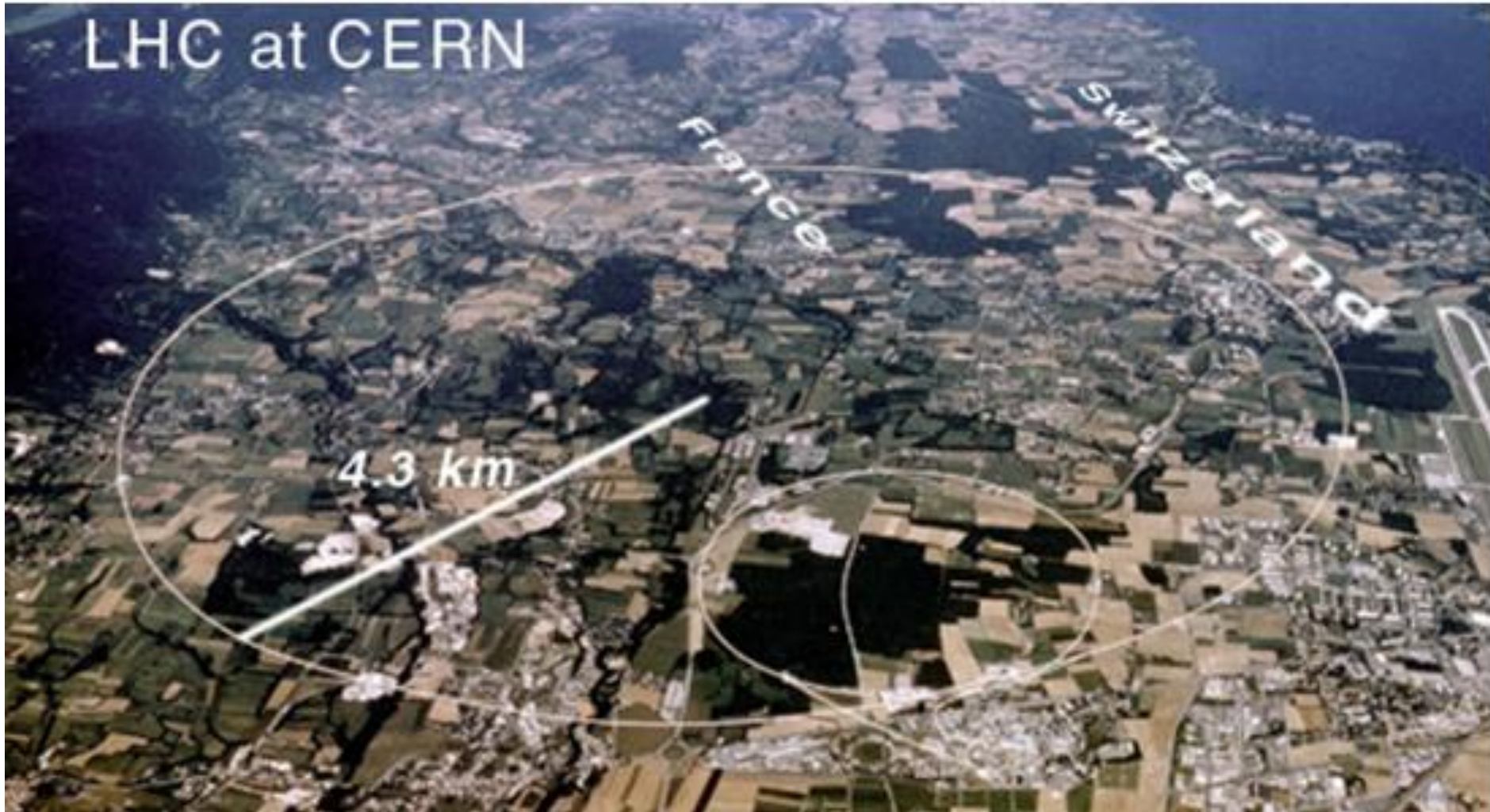
A 4 nagy Detektor:

ATLAS
ALICE
CMS
LHC-B

LEP : Large Electron-Positron Collider (e^+e^-)
(nagy elektron-pozitron ütköztető, ma már nyugalmazva)

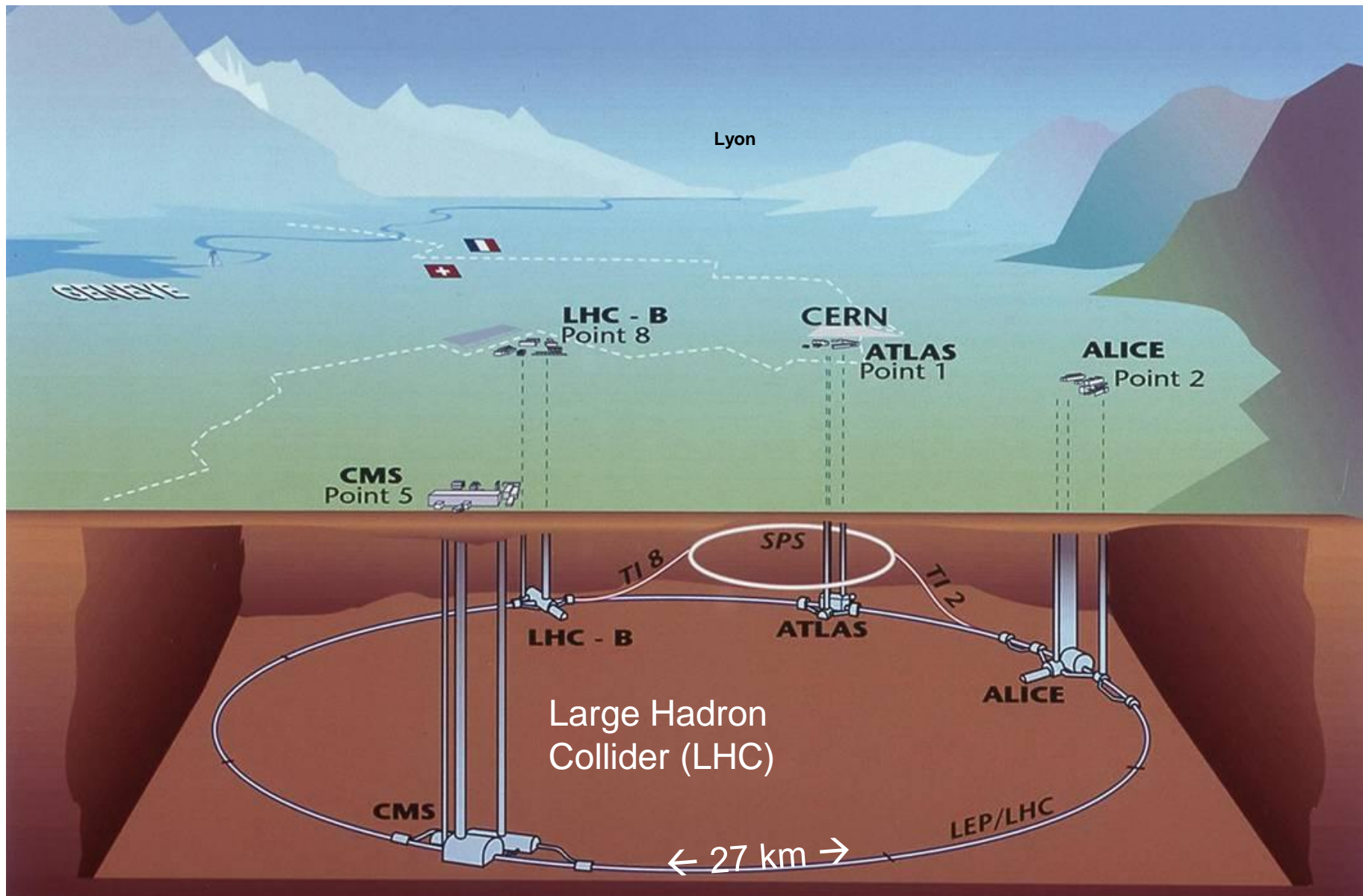
LHC : Large Hadron Collider (pp)
(Nagy Hadron Ütköztető, „begyorsul” 2008. végén.
Sajnos csak 2010-ben sikerült)

CERN
A Nagy Hadronütköztető
Large Hadron Collider (LHC)

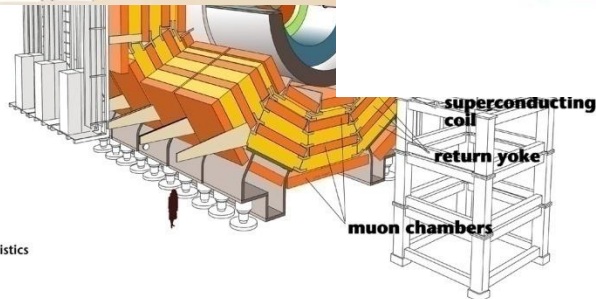
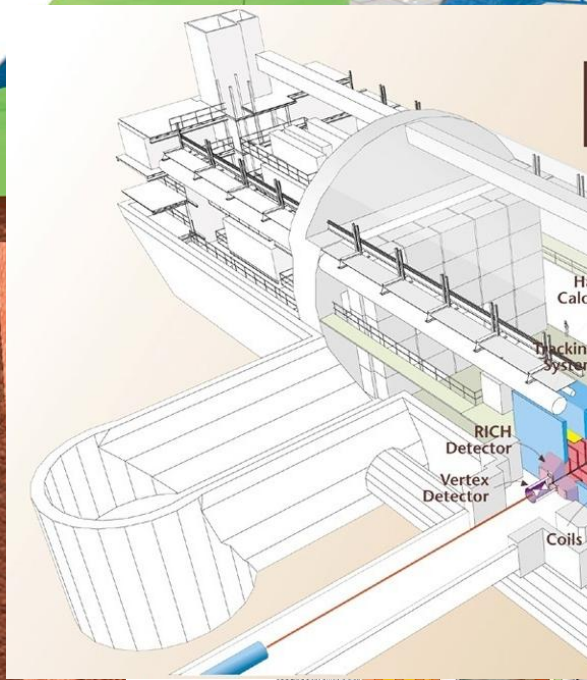
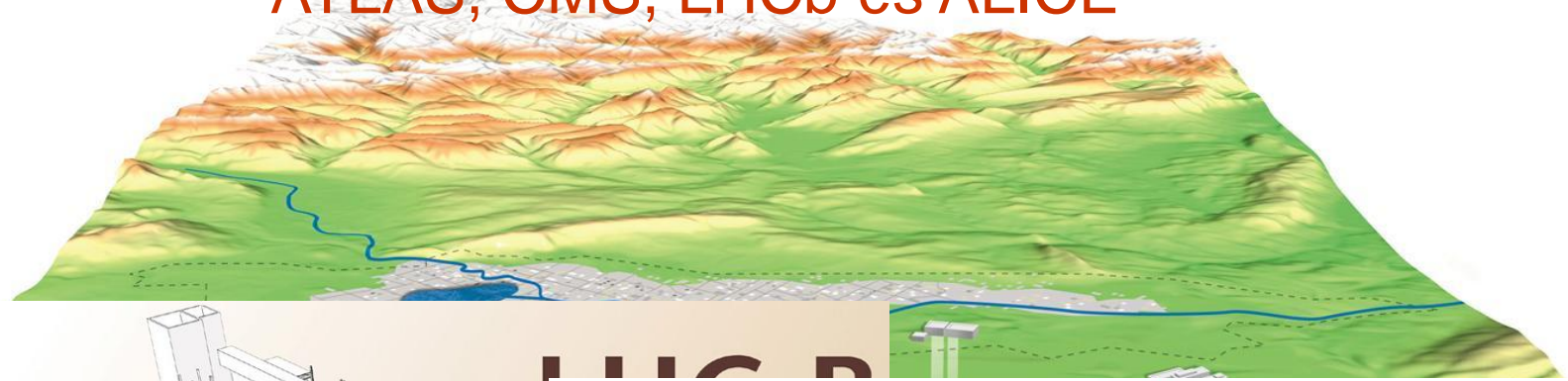


Az LHC alulnézetben

(figyeljünk a keringő protonokra és a 4 ütközési pontra)



Az LHC 4 nagy detektora: ATLAS, CMS, LHCb és ALICE



Detector characteristics

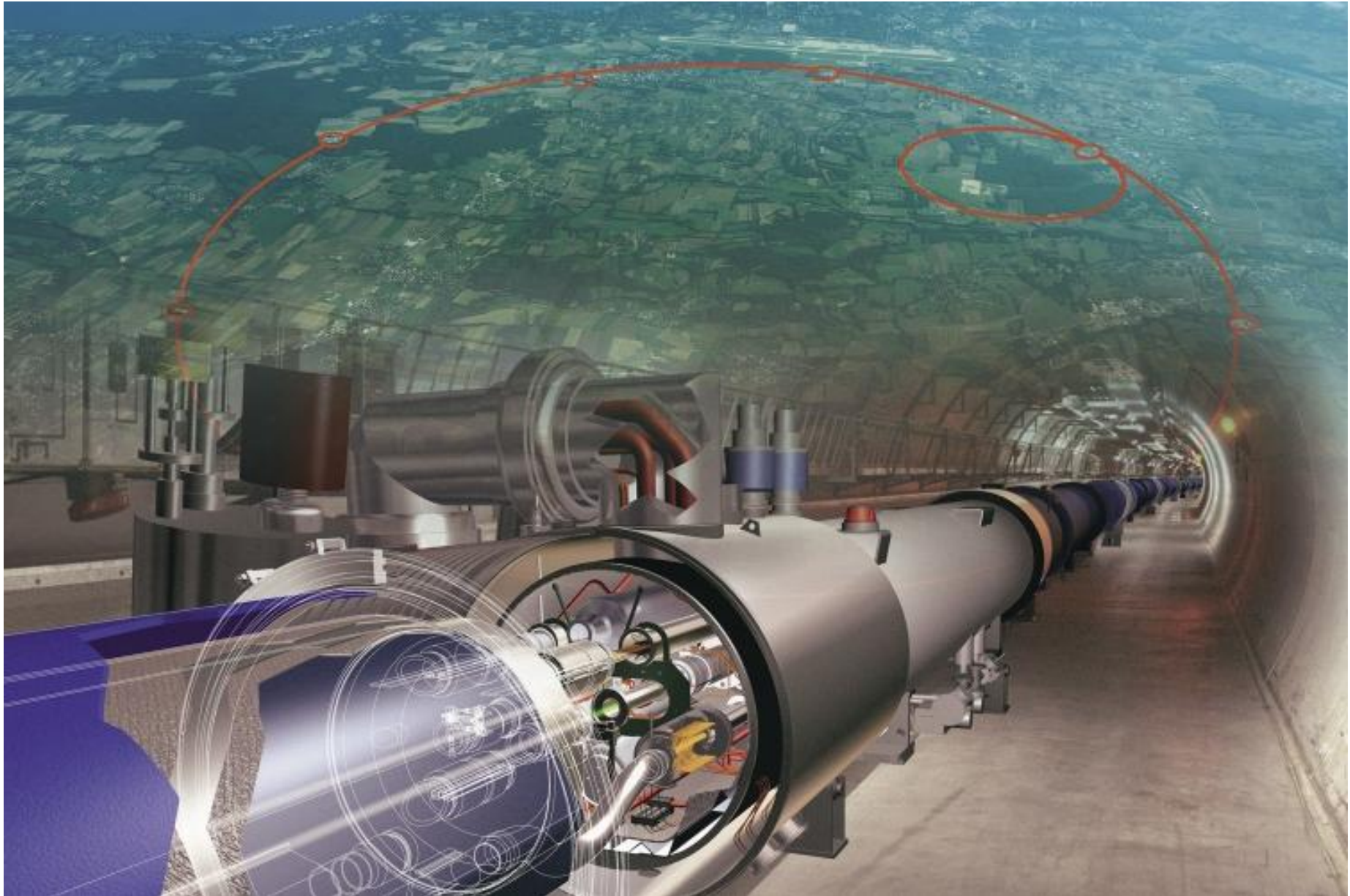
Width: 22m
Diameter: 15m
Weight: 14'500t



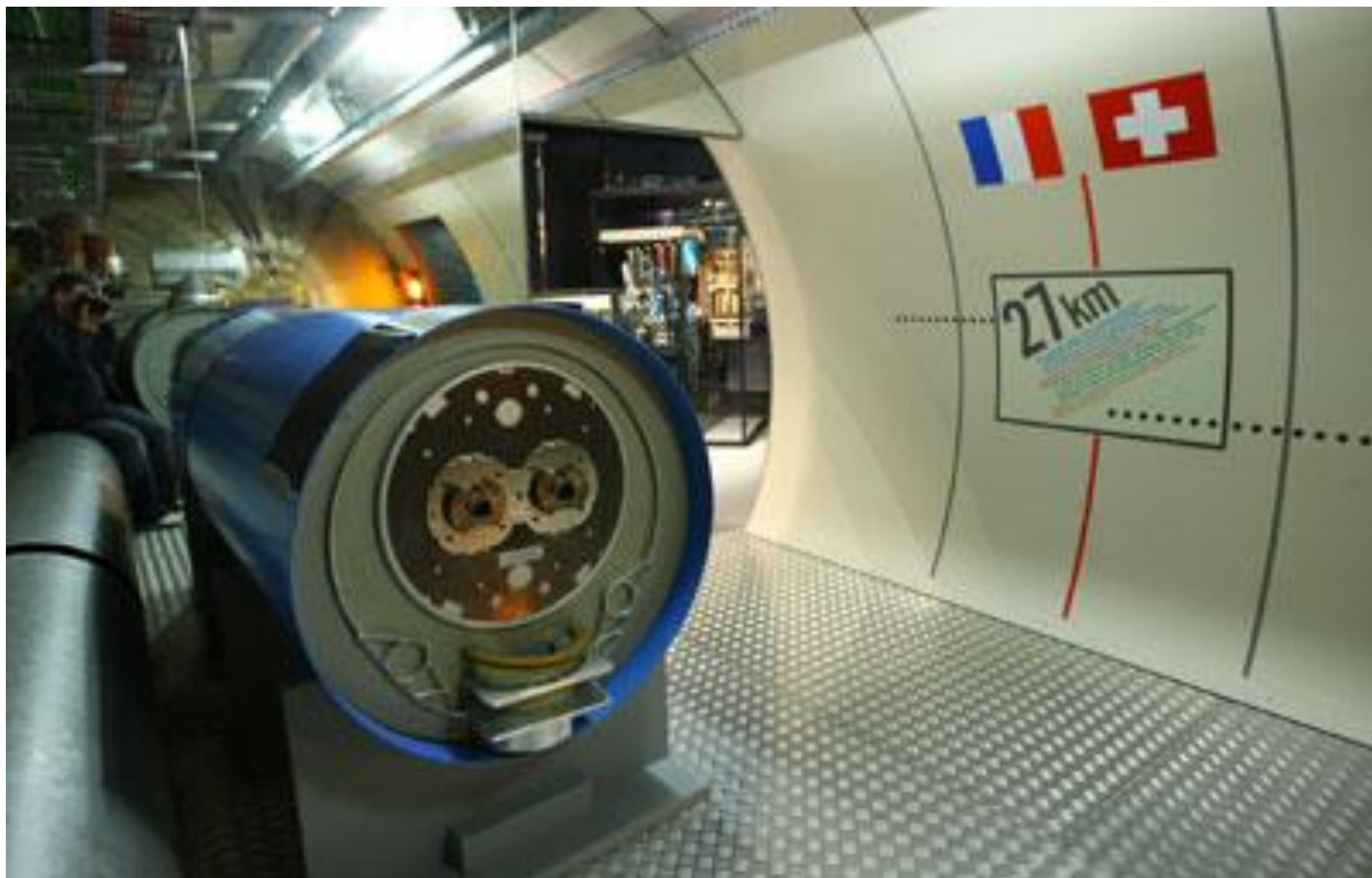
100 méter
mélyen
a föld alatt



Pillantás az alagútba



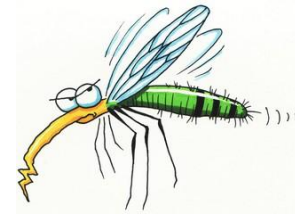
A protonok itt lépik át a Svájc-Francia határt



Energiák az LHC-ben

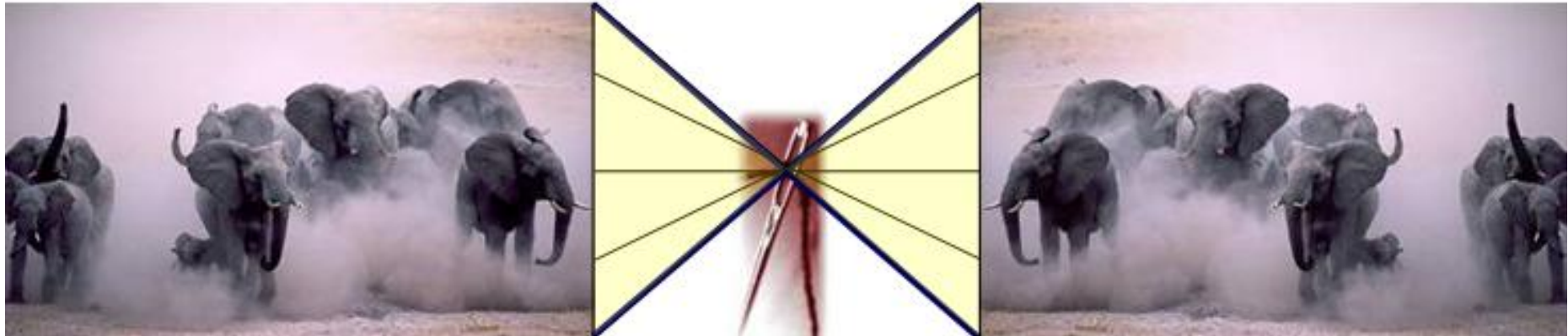
Jelenleg 1-1 proton energiája 3.5 TeV ($3.5 \cdot 10^{12}$ eV)
A csúcs 7 TeV lesz.

Hétköznapi energiákra lefordítva:
1 proton energiája
annyi mint a képen látható repülő szúnyogé



DE:

A gyűrűben keringő nagyszámú proton teljes energiája
annyi mint egy 40 km/óra sebességgel száguldó 100 fős elefántcsordáé!



Tessék még azt is elképzelni, hogy
a protonnyaláb átmérője kisebb mint egy tű foka (0.03 mm!)

Vannak tehát gyors, nagy energiájú részecskéink, ütköztetjük is őket, de szeretnénk „látni”, MÉRNI, mi is történik egy ilyen hatalmas energiájú ütközésben

Ehhez kellene a...

4. Detektorok

Láthatóvá és mérhetővé tenni a „láthatatlant”: Detektorokkal a részecskék „nyomában”



Sok fajtájuk van
A fejlődés gyors: újabb és újabb típusokat fejlesztenek ki
ezért csak a
jellemző funkcióik szerint mutatom be őket.

1. Nyomdetektorok („tracker”).

Az ütközési pont (vertex) közelében, erős mágneses térben helyezkednek el és igen finom térbeli felbontást (~10 mikron, a hajszál ötöde!) tesznek lehetővé a (töltött) részecskék pályának nagyon pontos meghatározására.

Ennek ismeretében a
részecske lendületére (impulzus) és töltésére következtetünk.

2. Kaloriméterek.

Ezek a vertextől távolabb, a részecskék energiáját mérik.

(a vertextől távol a részecskesűrűség kisebb, térbeli felbontásuk is gyengébb lehet)

Két fő típusuk van:

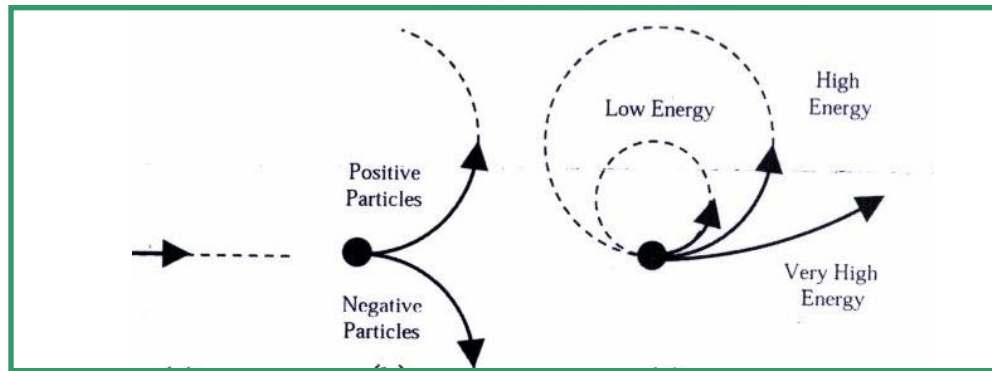
a. Elektromágnes Kaloriméter (ECAL): a fotonok és elektronok mérésére

b. Hadronikus Kaloriméter (HCAL): a hadronok (proton/neutron/pi-mezon) mérésére.

Miért kell a nyomdetektorunkat erős mágneses térrel körbefogni?

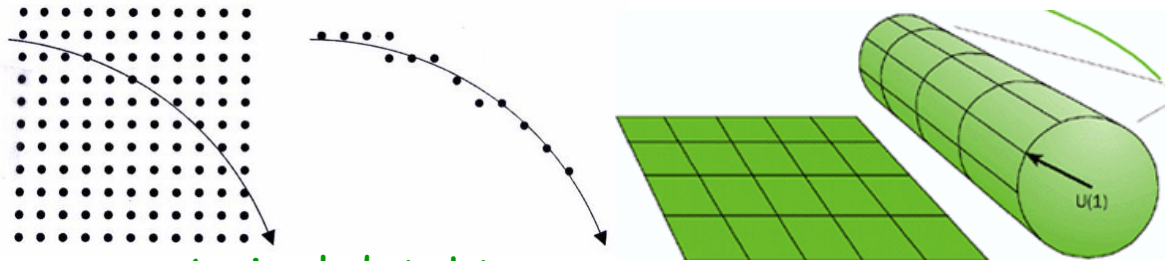
A mágneses tér a töltött részecskét körpályára kényszeríti.

A pálya sugarából (R) a részecske lendülete (impulzusa) és töltése meghatározható.
(nagy R → nagy impulzus; görbület iránya → töltés előjele)



Fontos!

Tessék megjegyezni!



A pixel detektor és a pályán „érintett” lapocskák.

Az ütközési tengely körül több, finom felbontású koncentrikus henger-réteget helyezünk el.

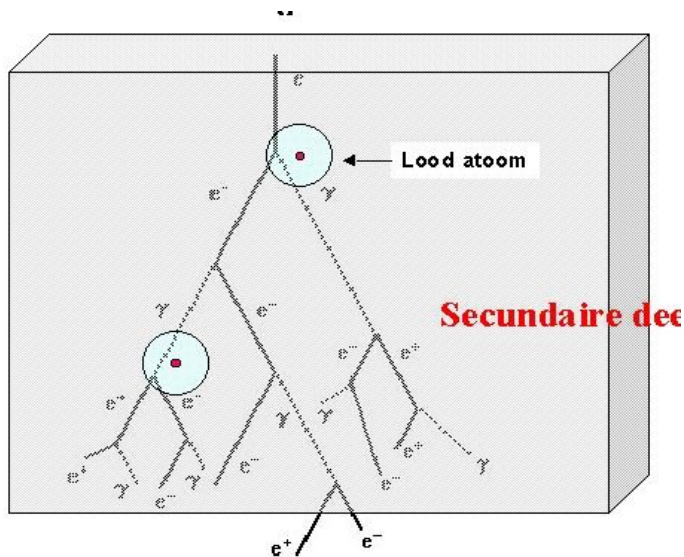
Egy-egy szilícium „lapocska” (pixel) mérete 100×100 mikron (~ 1 vastag hajszál!) Ezek a rajtu átfutó részecskéket elektromos impulzusok formájában jelzik és ezt „regisztrálja” a bonyolult kiovasó elektronika..

Kaloriméterek

Sűrű, szilárd anyagokban a részecskék sorozatos kölcsönhatásaik révén újabb részecskéket („lavinákat”) keltenek és végül teljes energiájukat elvesztik. A részecske-lavinák mérhető jeleket váltanak ki a kaloriméterekben (fotonok:fény, elektromos impulzusok) melyben a jelek nagysága/erőssége arányos a „leadott” energiával. Ezeket összegezve a részecske energiáját kiszámíthatjuk.

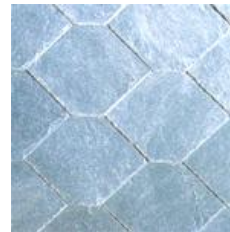
Elektromágneses (ECAL) kaloriméter

Fotonok és elektronok energiájának mérésére

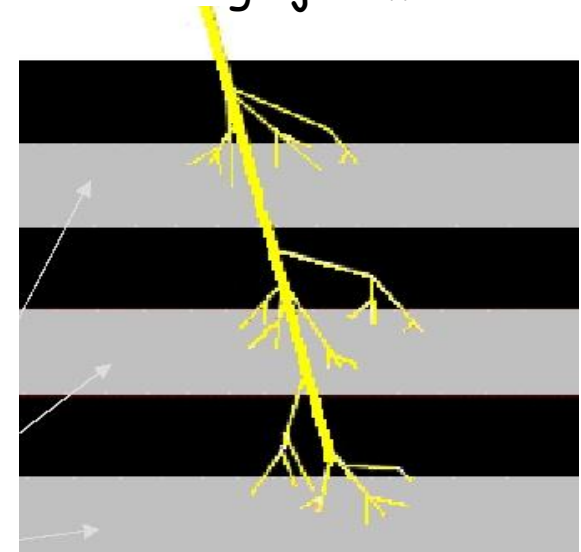


Hadronikus kaloriméter (HCAL)

Hadronok (proton, pi-mezon)... energiáját méri



Cellás/réteges szerkezetük révén az egyes részecskék jelei elkülöníthetők egymástól



Most már mindent tudunk a detektorokról:
építsünk hát egy mindent tudó kísérleti mérőrendszert !

Legyen benne:

1. Nyomdetektor:

a töltött részecskék pályáinak jelzésére

2. Kaloriméterek

az energiák mérésére

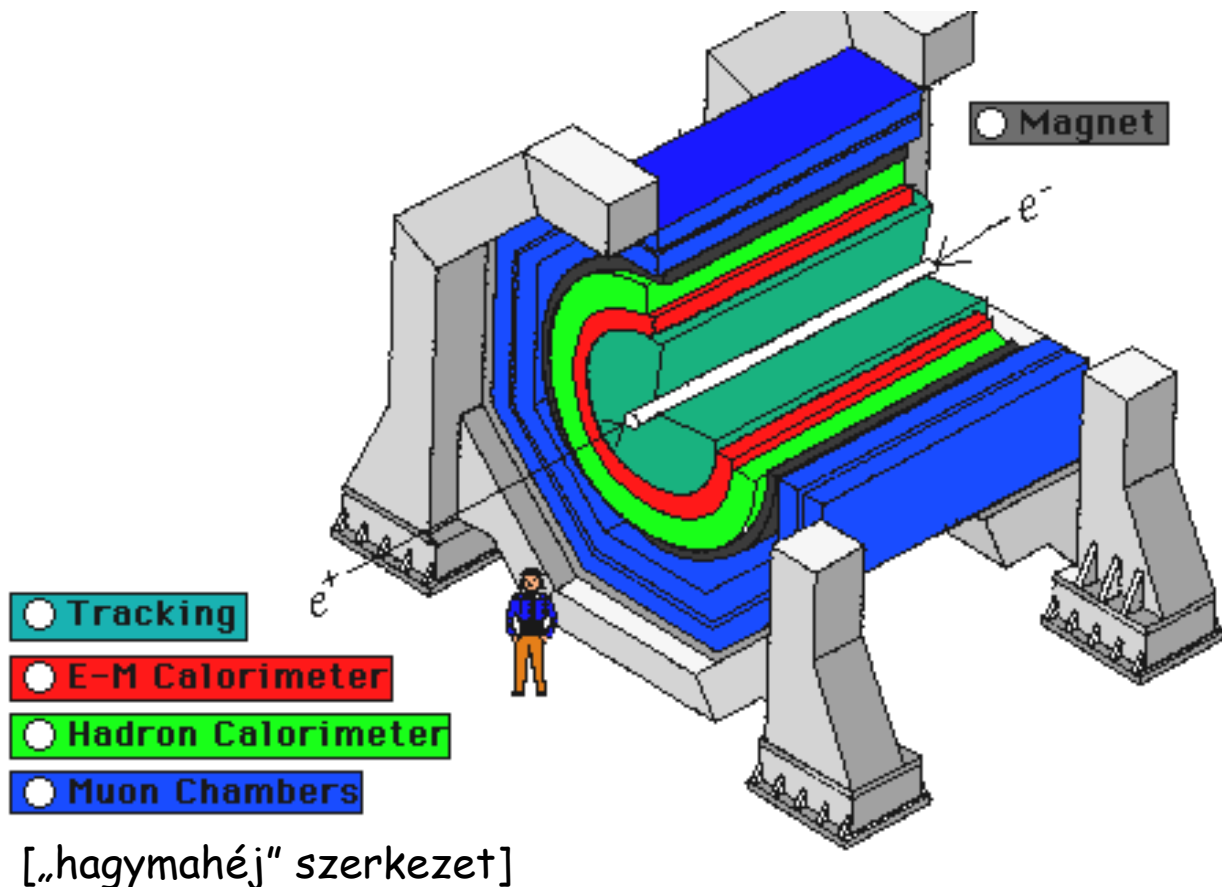
2a. ECAL: foton, elektron

2b. HCAL: hadronok
(proton, pi-mezon, stb.)

3. És Müon-detektor.

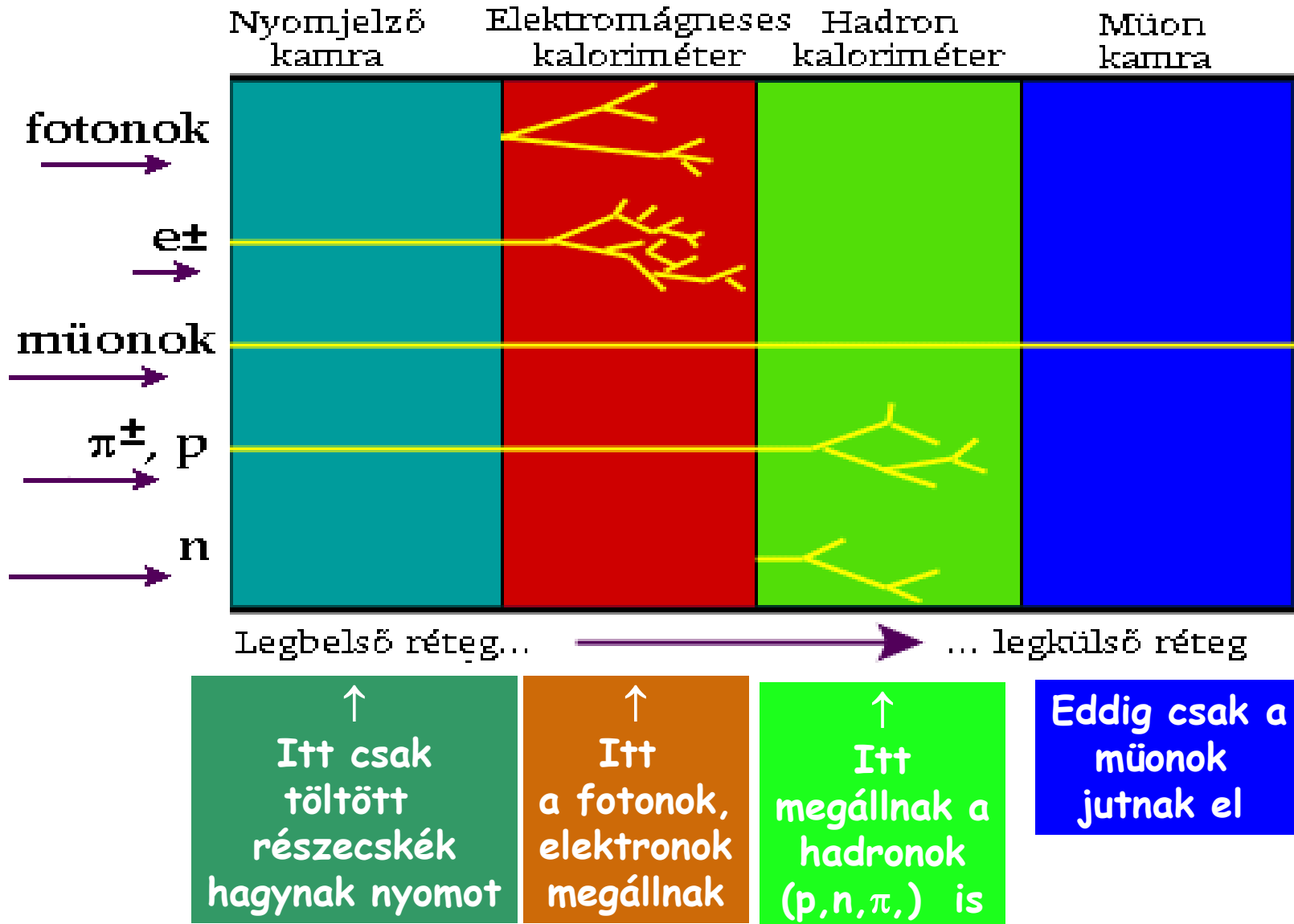
(a müon detektor is
nyomdetektor,
kisebb felbontással)

Mindezeket helyezzük
erős mágneses térbe (szupravezető).

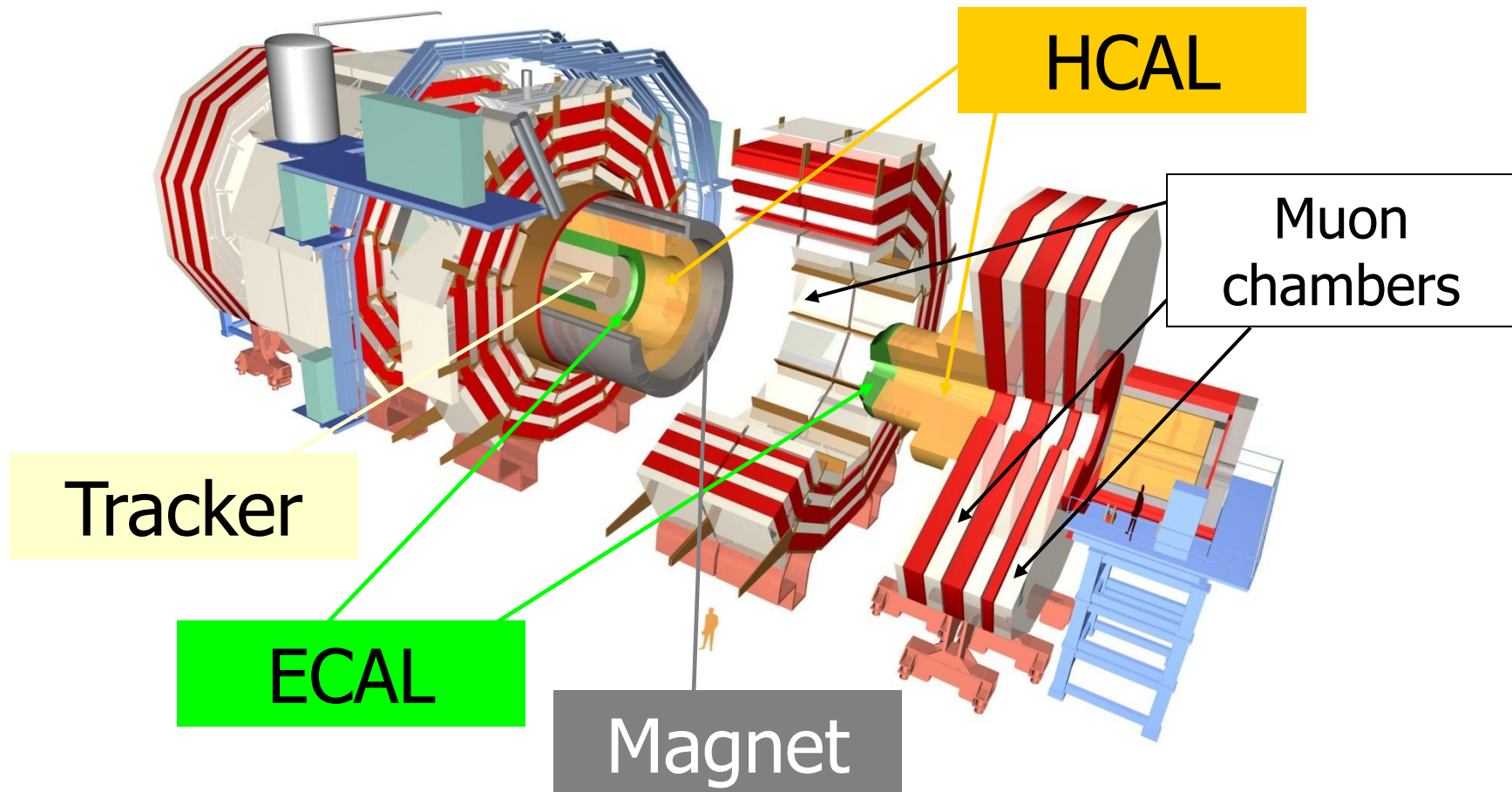


Ezek a lakóháznyi óriások
5-15 000 (!) tonnát nyomnak

Foglaljuk össze a legfontosabb tudnivalókat a detektorokról: "mit-mivel"



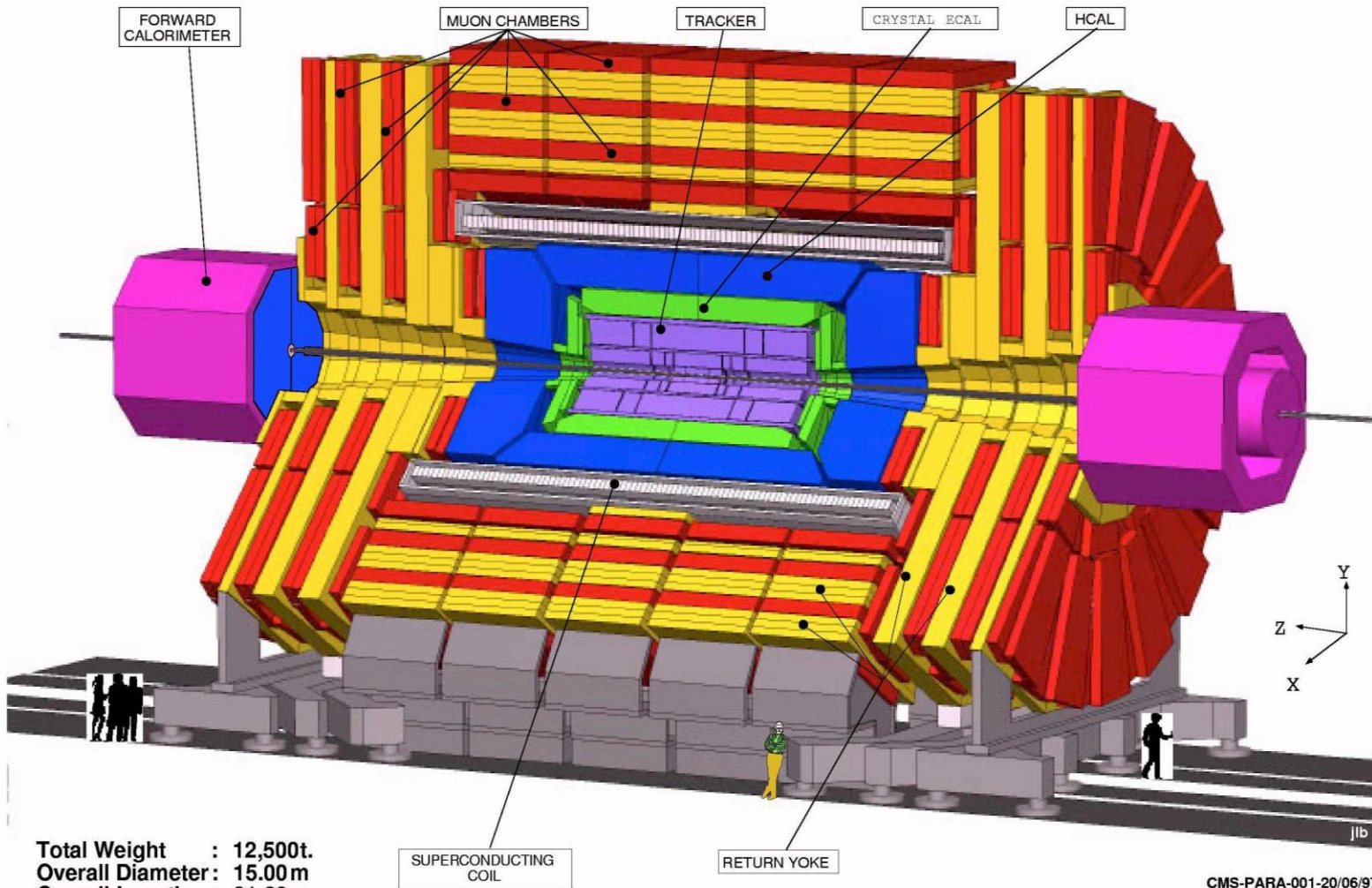
Nézzük meg hát most
a mi CMS detektorunkat
(CMS: Compact Muon Solenoid)



Adatai: súlya 12.5 tonna, hossza 21 méter, átmérője 15 méter

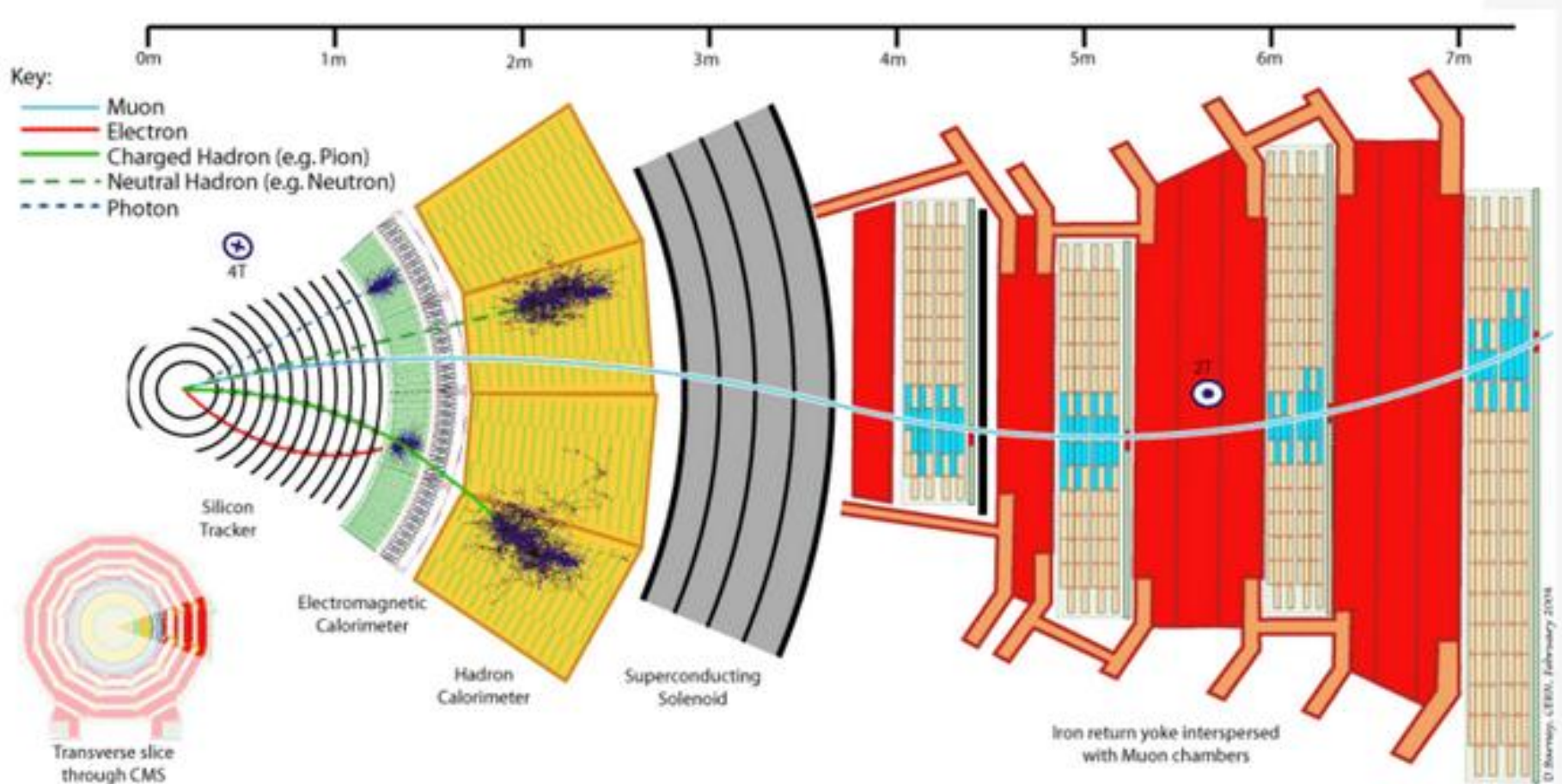
Toljuk most egybe az egészet és gyönyörködünk benne

Teljes összeállítása már a föld alatt történt,
ott igazi fotó készítésére már nem volt hely



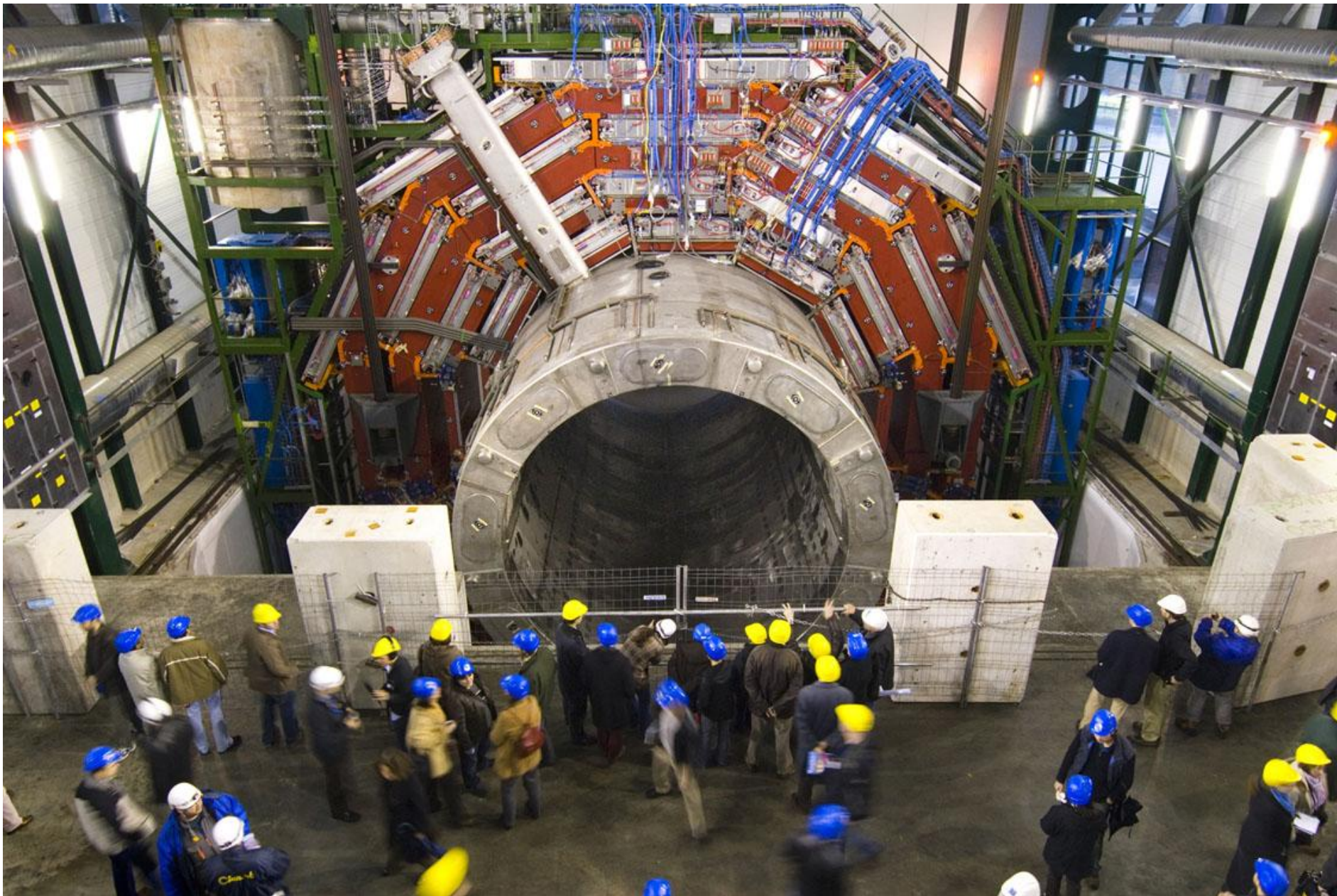
Total Weight : 12,500t.
Overall Diameter : 15.00 m
Overall Length : 21.60 m
Magnetic Field : 4Tesla

Még egy utolsó pillantás kedvenc CMS detektorunkra
(itt most egy szeletkét láthatunk részletesebben)

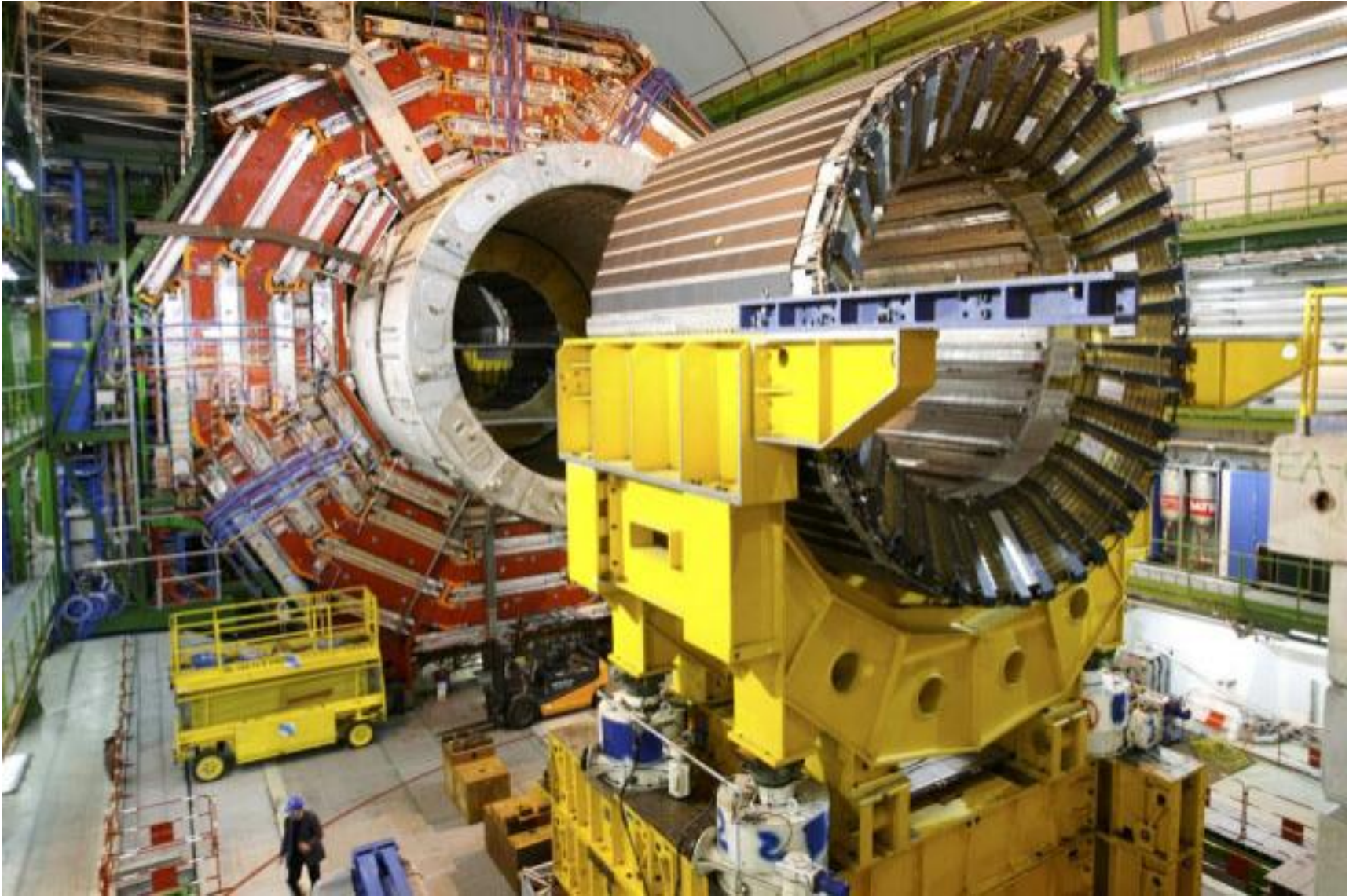


„Hagymahéj” szerkezet

Épül a detektor (1)



Épül a detektor (2)



Épül a detektor (3)



Kész a detektor
*„Be van fejezve a nagy mű, igen.
A gép forog, az alkotó pihen.”*





Kis türelem és
izgalmas dolgokkal fogunk még megismerkedni