



# Európai Nukleáris Kutatási Szervezet Európai Részecskefizikai Laboratórium

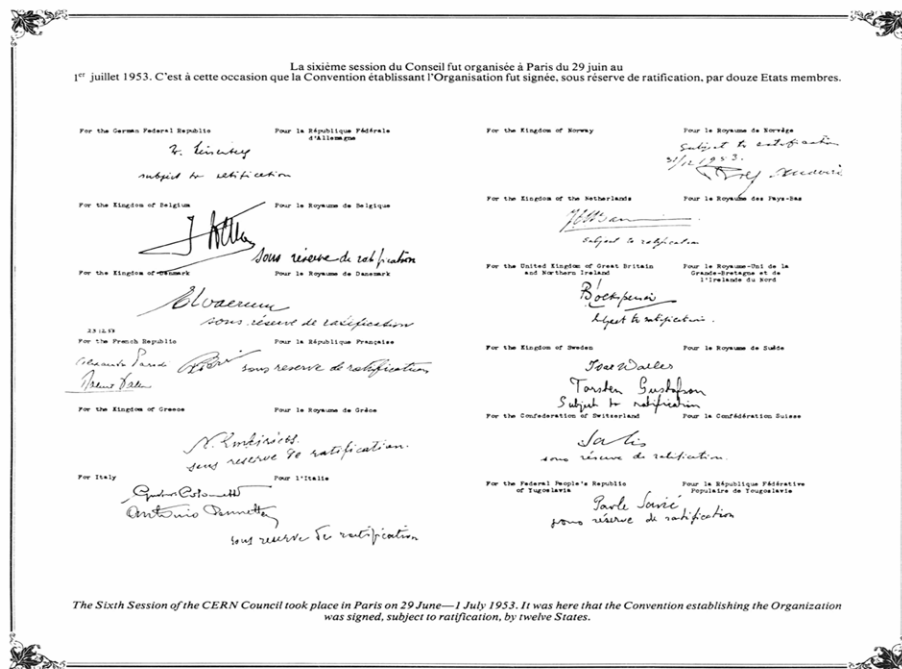
62 év a részecskefizikai kutatásban

1954-ben 12 ország alapította, ma 22 tagország

Utolsó csatlakozottak: **2014: Izrael (nem Európa!), 2016: Románia**

**+ Szerbia felvéve + Ciprus tárgyal (régén :-)** + **Pakisztán, Törökó. tagjelölt**

- **+ EU, UNESCO, India, Japán, Oroszo., USA megfigyelők**
- **2800 dolgozó + 68 ország, 792 intézmény, 11454 kutató (2015.12.31.)**
- **Éves költségvetése 1,1 milliárd CHF (Magyarország: 0.6%)**



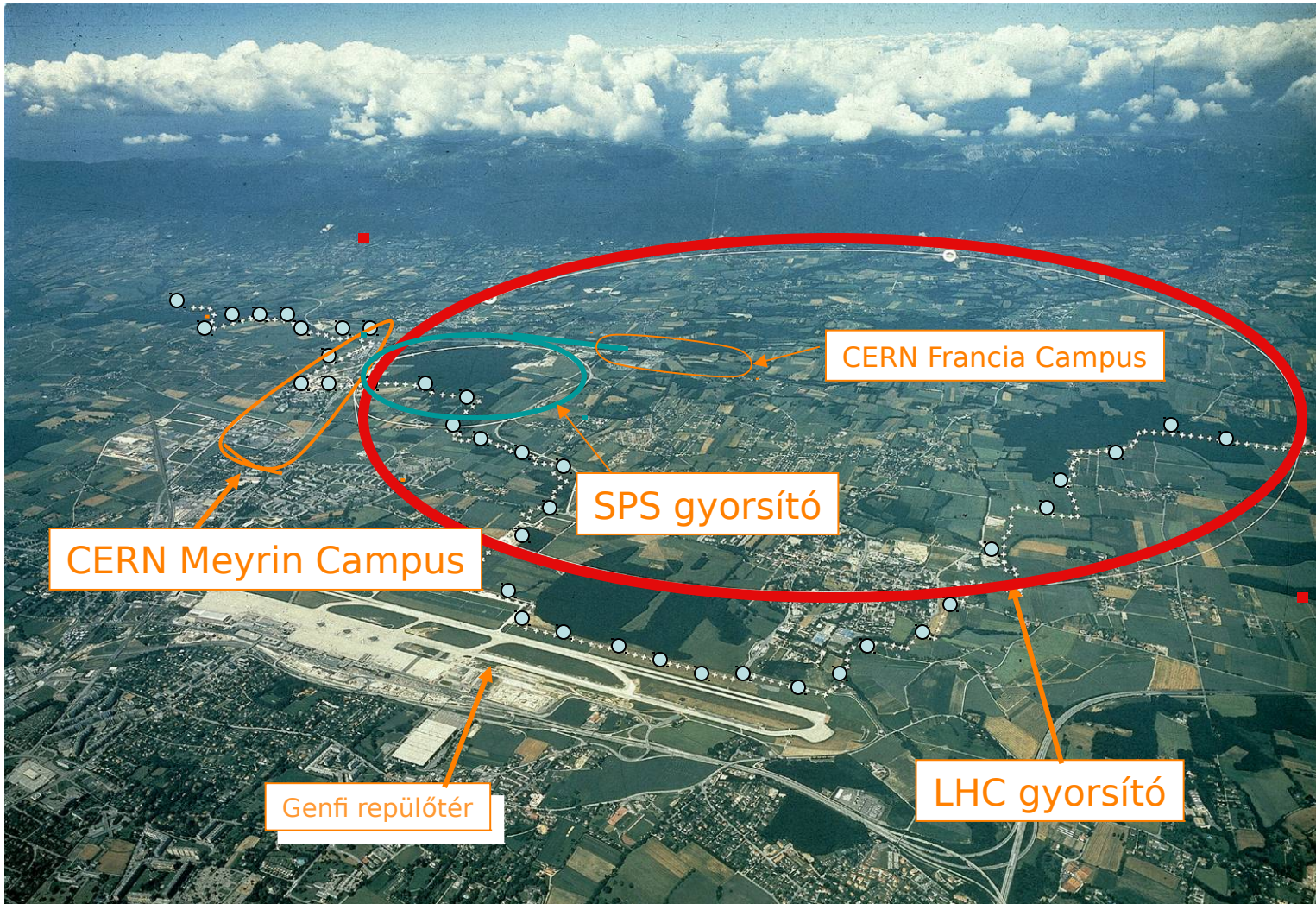
1954: A szervezet alapító okirata az eredeti aláírásokkal



2004: A 20 tagország

- A CERN 20 tagországa 18 különböző hivatalos nyelvet használ
- A 80 országból érkező kutatók közel 100 nyelven beszélnek
- A CERN hivatalos munkanyelvei az angol és a francia







- **Alkalmazottak [2800 össz. - 18 magyar]** (2014-es adat)

A CERN közvetlen alkalmazásában állnak

- Munkatársak (staff members) [2340 - 9]
- Ösztöndíjasok (fellows) [412 - 9]
- Tanulók, egy. hallgatók (apprentices)

- **Szerződésesek**

Máshol alkalmazásban (egyetemek, kutatóintézetek, non-profit szervezetek)

- Felhasználók (users, associates) [11 4540 - 68]
- Diákok (students) [441 - 8]

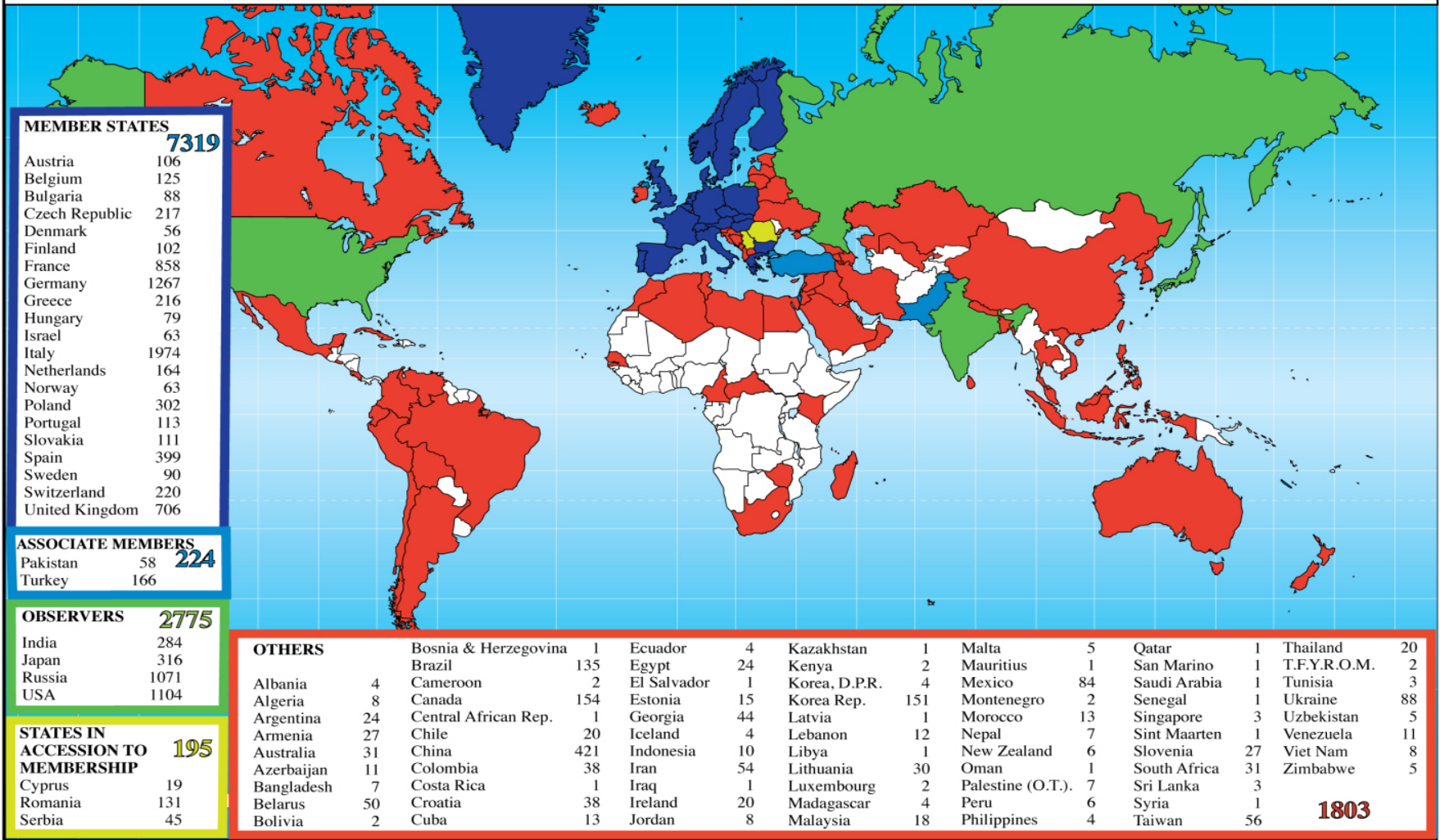
- **Beszállítók, szolgáltató cégek alkalmazottai**

Profitorientált vállalkozások alkalmazottai



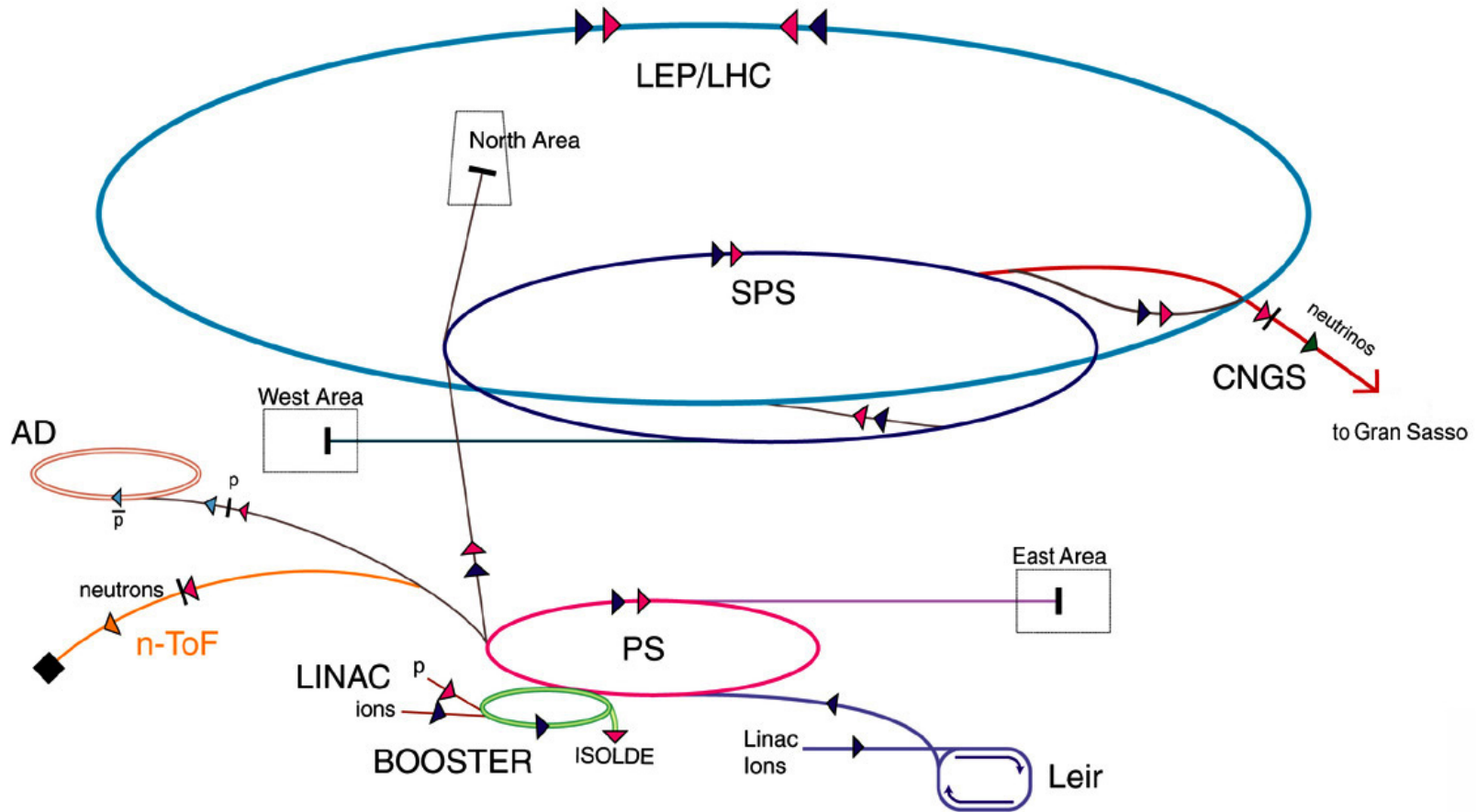
# A CERN kutatói

## Distribution of All CERN Users by Nationality on 12 January 2016



Olasz > német > amerikai > orosz > francia

## CERN gyorsítókomplexuma

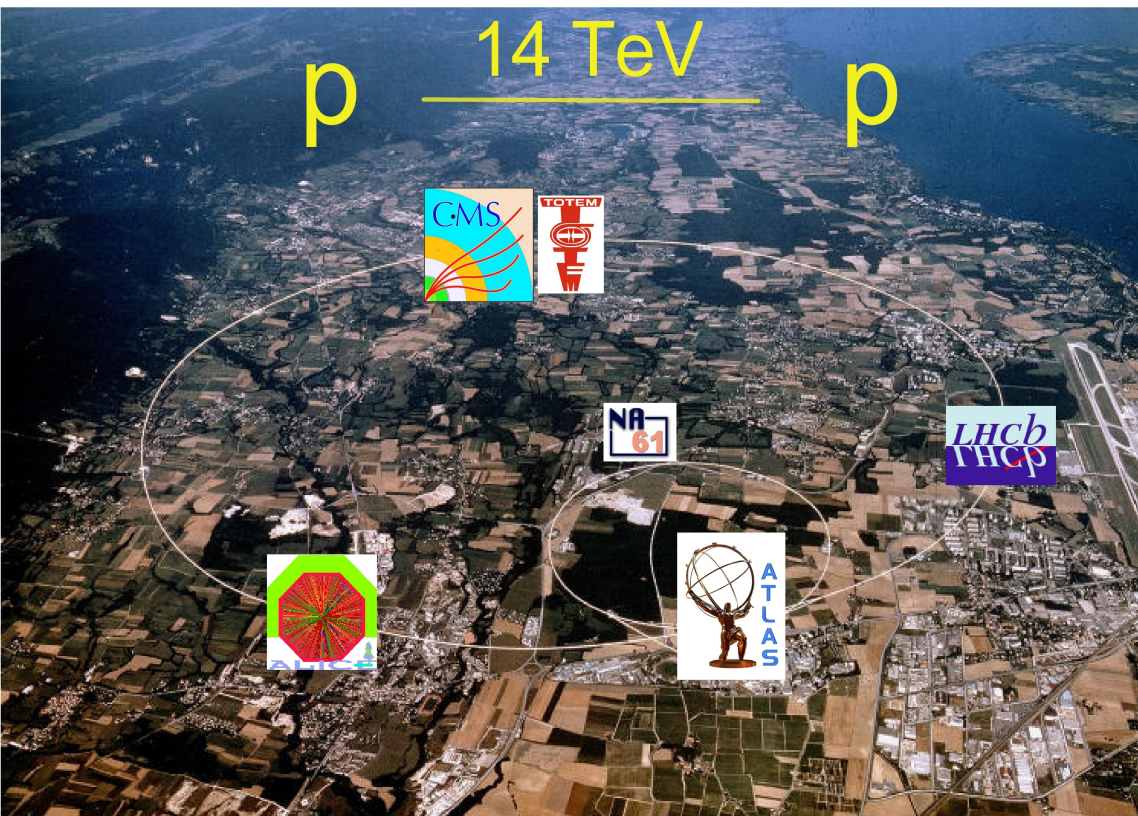


- p (proton)
- ion
- neutron
- $\bar{p}$  (antiproton)
- proton/antiproton conversion
- neutrino

- AD Antiproton Decelerator
- PS Proton Synchrotron
- SPS Super Proton Synchrotron

- LHC Large Hadron Collider
- n-ToF Neutron Time of Flight
- CNGS Cern Neutrinos Gran Sasso

A Nagy Hadron Ütköztető (LHC) a valaha épített  
legnagyobb, az elemi részecskék vizsgálatára szolgáló  
tudományos mérőberendezés.



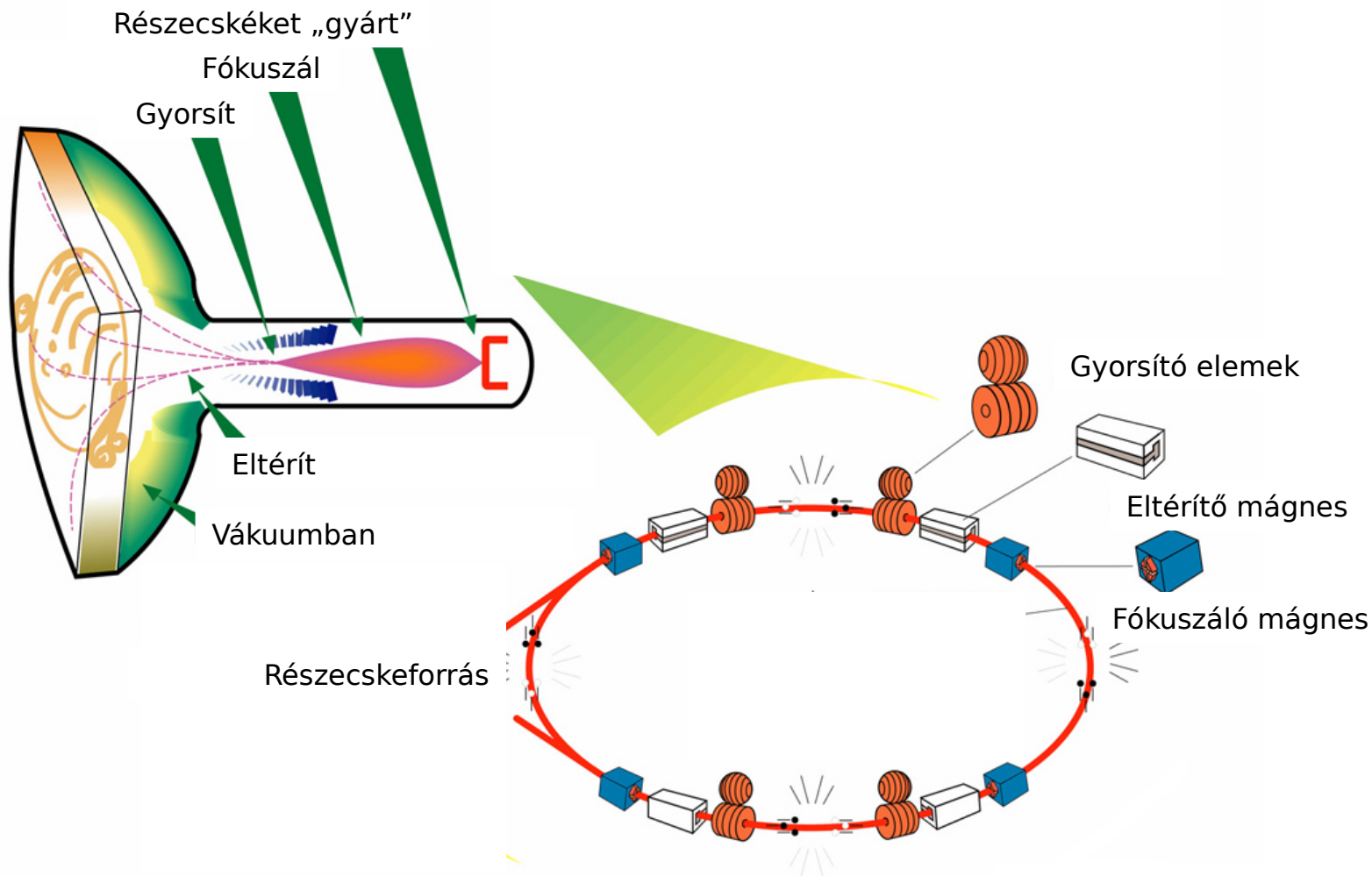
Óriási detektorok négy  
hatalmas földalatti  
csarnokban

A világ legnagyobb  
teljesítményű tudományos  
részecskegyorsítója

Szupravezető mágnesei  
alacsonyabb  
hőmérsékleten mint a  
világűr hidege

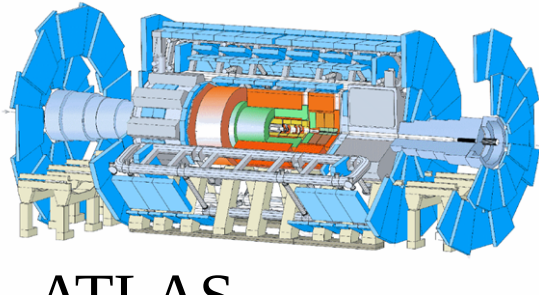


## a hagyományos televíziós készülék!

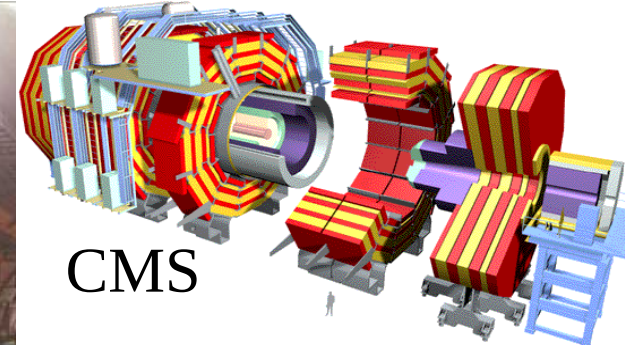


# A Nagy hadron-ütköztető (LHC)

Az LHC megváltoztathatja a világegyetemről alkotott képünket.

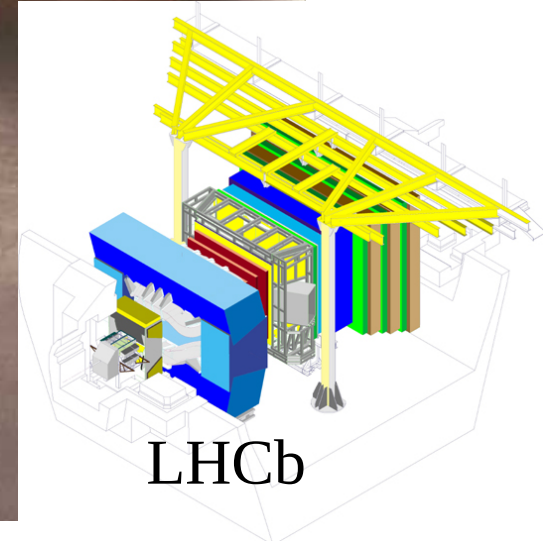
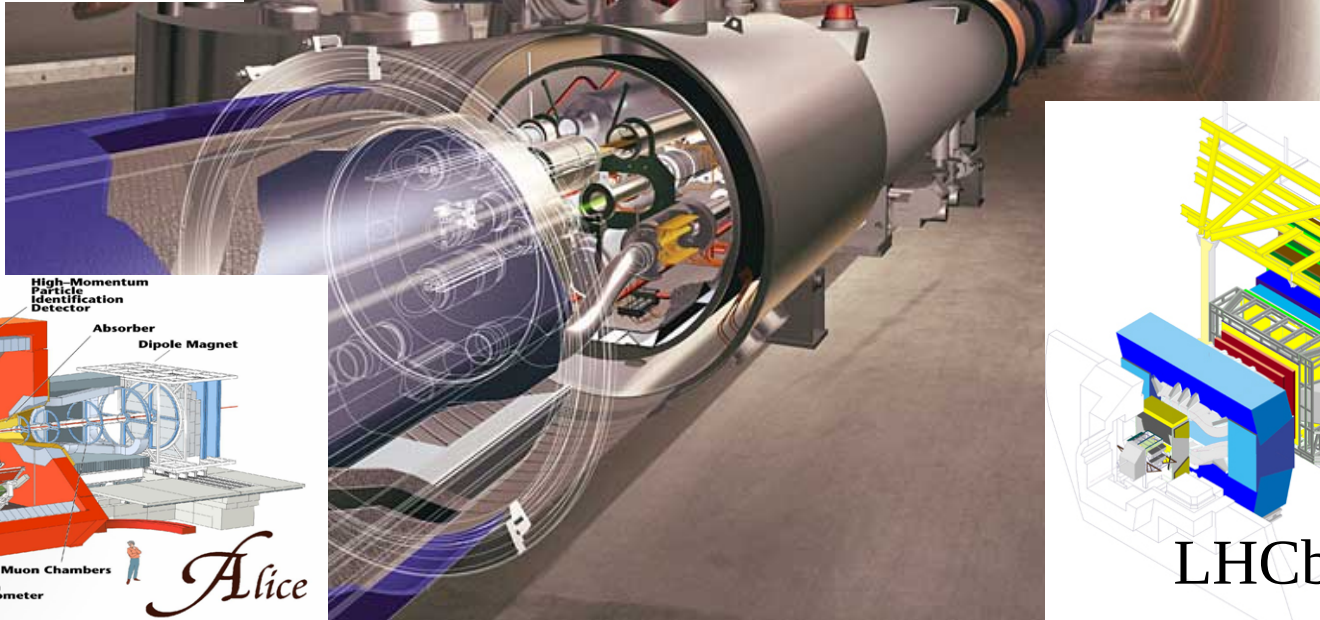


ATLAS

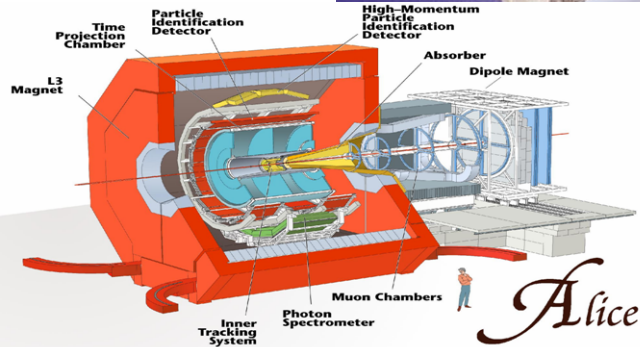


CMS

ALICE



LHCb



*L3*

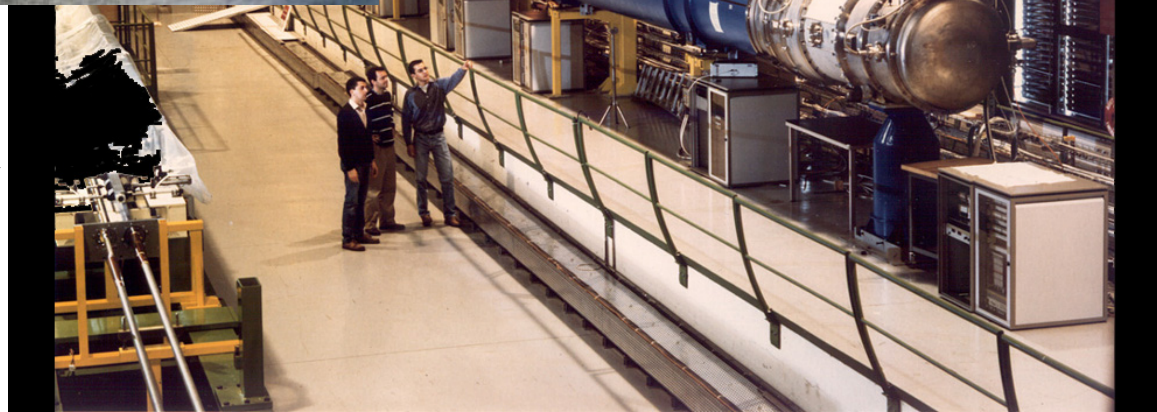
# Az LHC építése



27 km kerületű  
100 méterre a föld alatt

Az alagút építése

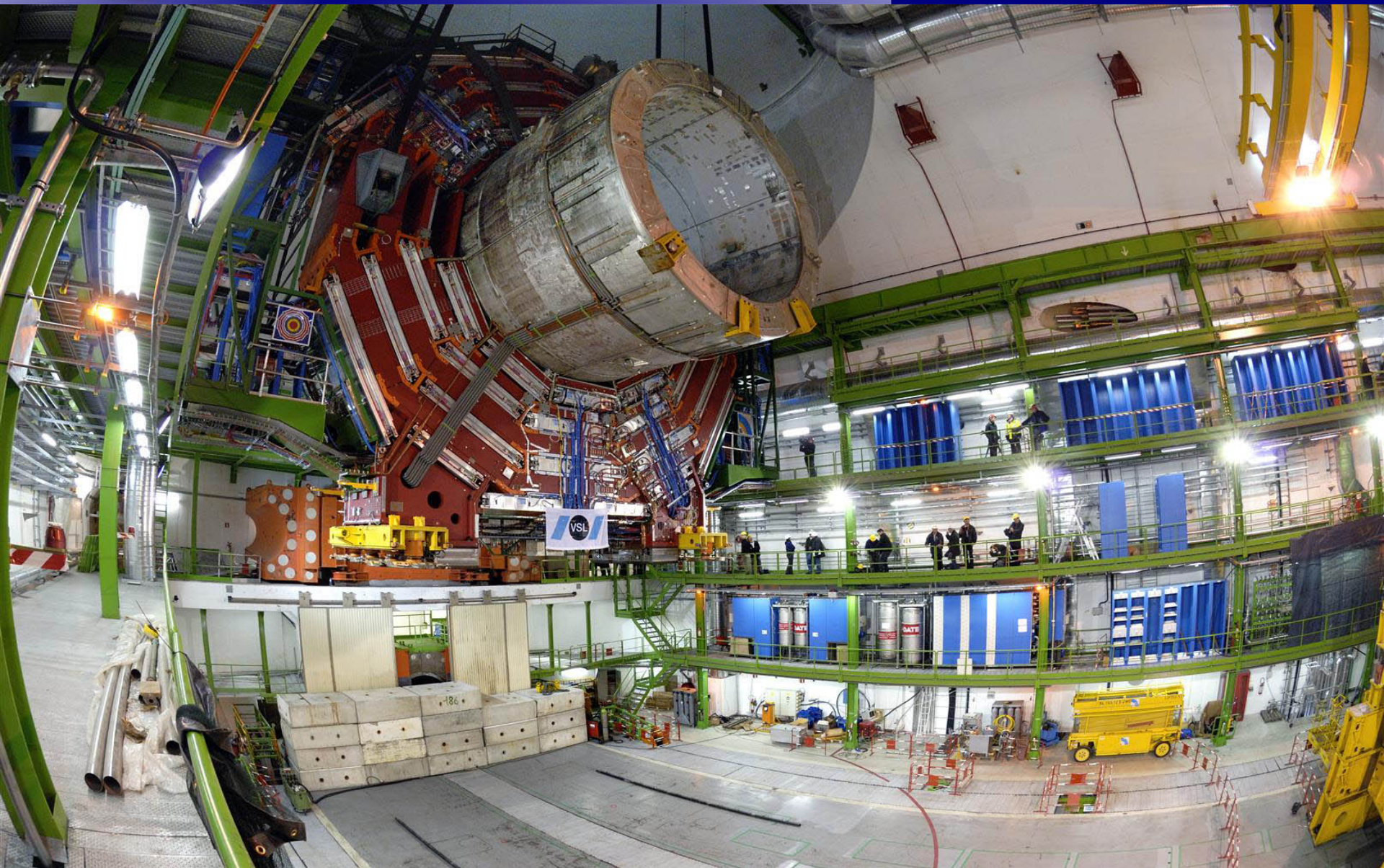
SM18



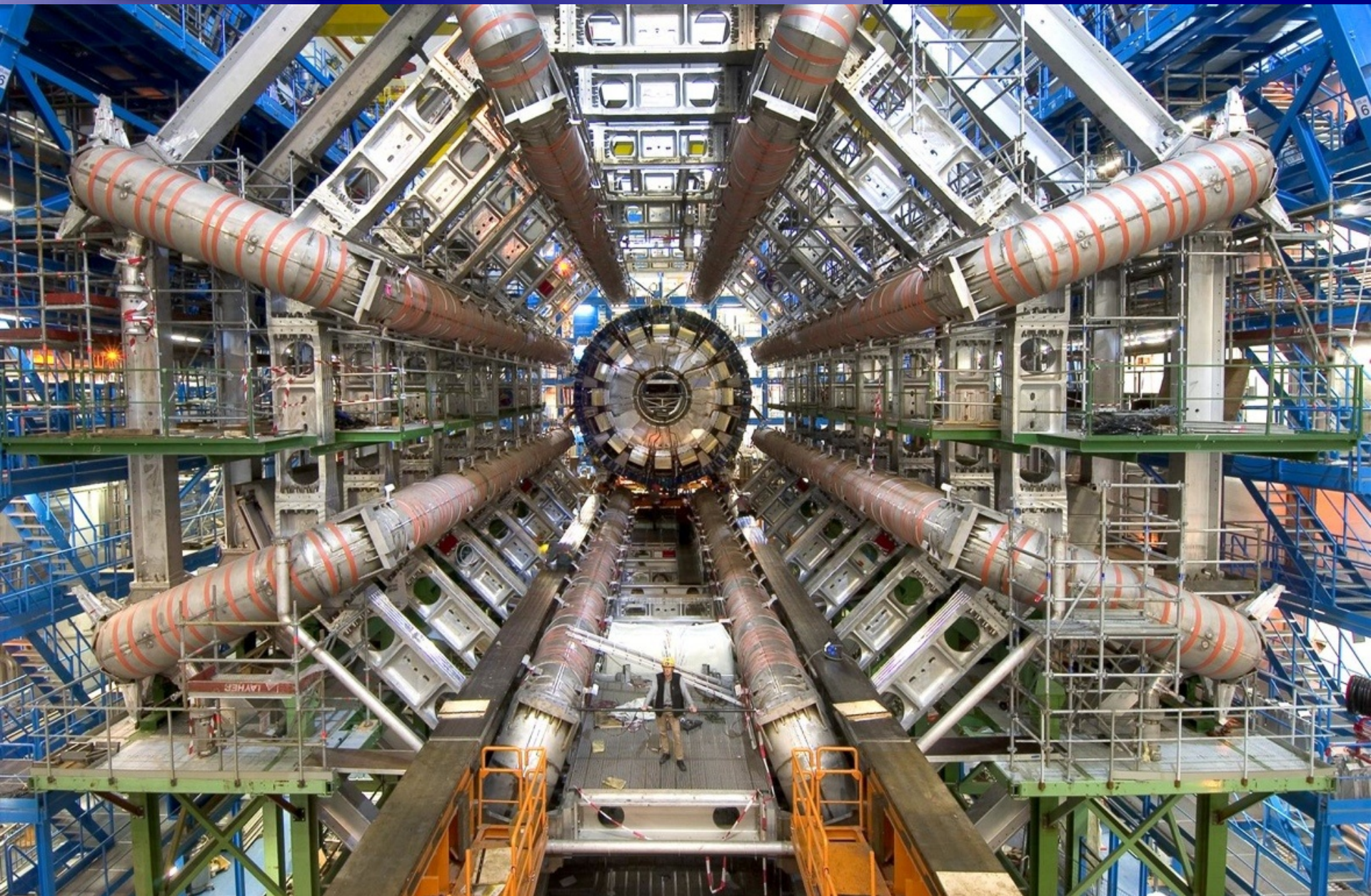
# A CMS-detektor építése a felszínen



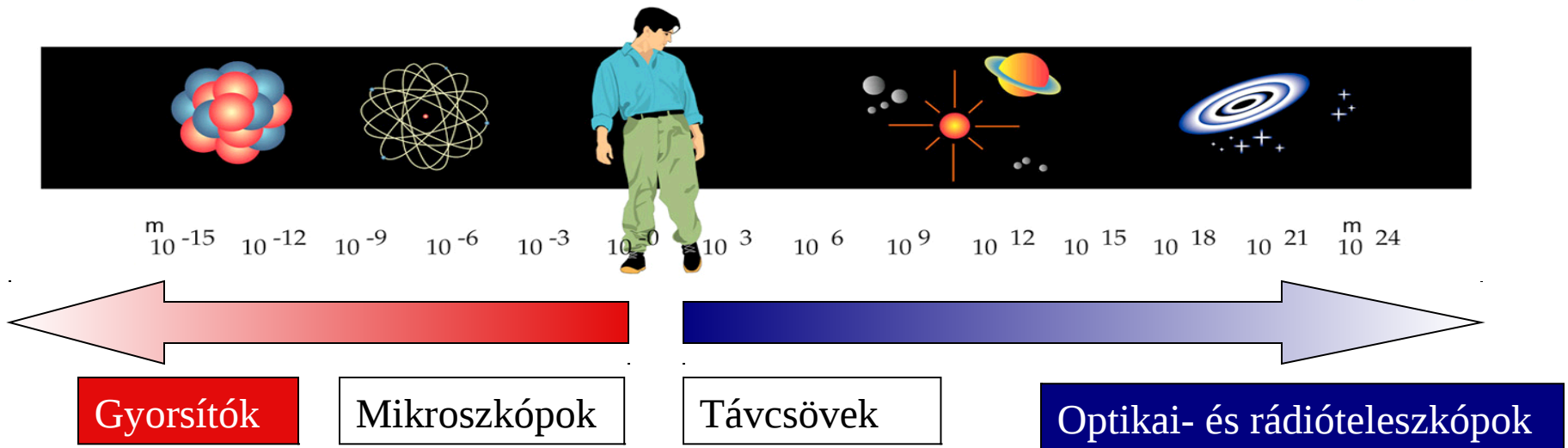
# A CMS-mágnes behelyezése



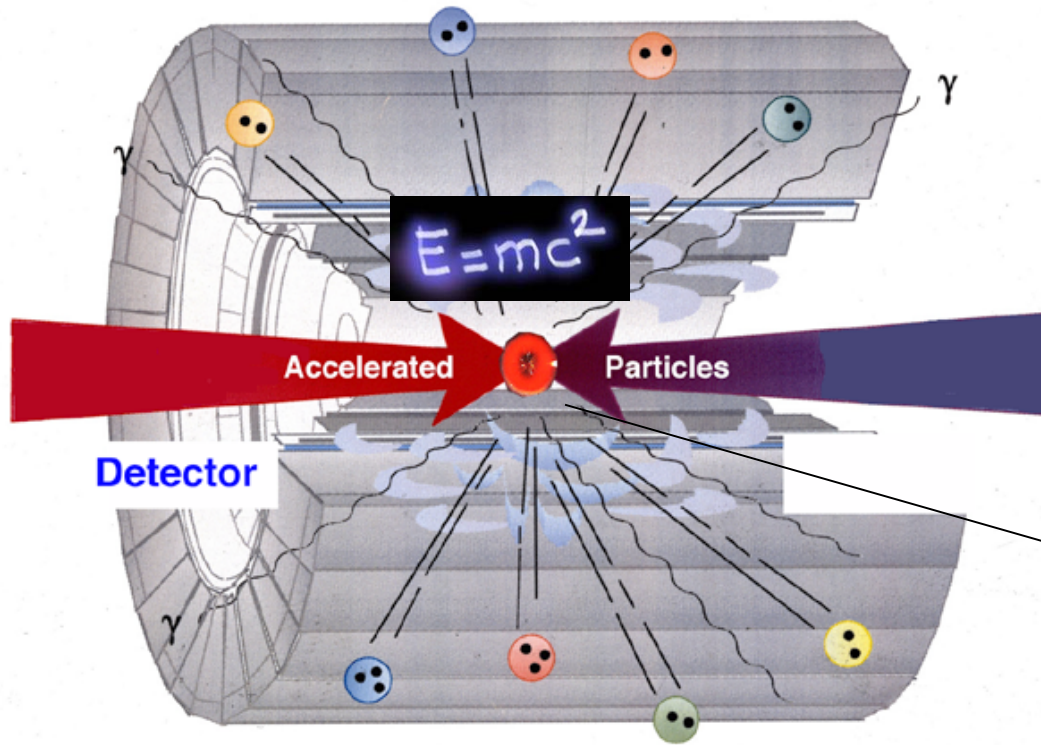
# Az ATLAS detektor mágnesei



A részecskefizika az anyag legmélyebb szerkezetét vizsgálja



Nagyobb energia → rövidebb hullámhossz → kisebb távolság  
→ mélyebb szerkezet



1) Energiakonzentráció a részecskéken (**gyorsító**)

2) Részecskék **ütköztetése** (ősrobbanás-közeli állapot előidézése)

3) Létrehozott részecskék azonosítása a **detektorban** (új fizikára mutató jelek keresése)

**Gyorsító?** Minden nagyenergiás részecske relativisztikus



## AZ ELEMI RÉSZECSEKÉK ÉS ALAPVETŐ KÖLCSÖNHATÁSOK Standard Modellje

Az elemi részecskékre és alapvető kölcsönhatásokra vonatkozó jelenlegi legpontosabb ismereteinket összegzi a Standard Modell, amely az erős és egyesített elektromgyenge kölcsönhatások elmélete. A gravitáció, jóllehet alapvető kölcsönhatás, nem része a Standard Modellnek.

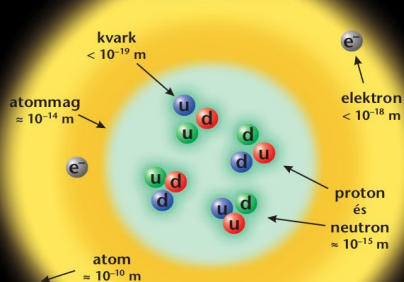
**Fermionok** – az anyag építőköve, spinjük: 1/2, 3/2, 5/2 ...

| kvarkok (spin = 1/2) |                          |                | leptonok (spin = 1/2)            |                          |                |
|----------------------|--------------------------|----------------|----------------------------------|--------------------------|----------------|
| jel/íz               | tömeg GeV/c <sup>2</sup> | elektr. töltés | jel/íz                           | tömeg GeV/c <sup>2</sup> | elektr. töltés |
| u up                 | 0,003                    | 2/3            | ν <sub>e</sub> elektron neutrínó | < 10 <sup>-8</sup>       | 0              |
| d down               | 0,006                    | -1/3           | e elektron                       | 0,000511                 | -1             |
| c charm              | 1,3                      | 2/3            | ν <sub>μ</sub> müion neutrínó    | < 0,0002                 | 0              |
| s strange            | 0,1                      | -1/3           | μ müion                          | 0,106                    | -1             |
| t top                | 175                      | 2/3            | ν <sub>τ</sub> tau neutrínó      | < 0,02                   | 0              |
| b bottom             | 4,3                      | -1/3           | τ tau                            | 1,7771                   | -1             |

**Tömeg:** a részecskefizikában az energiát elektronvoltban (eV), a tömeget GeV/c<sup>2</sup> egységekben ( $E = mc^2$ ) mérik. 1 GeV = 10<sup>9</sup> eV = 1,60 · 10<sup>-10</sup> J. A proton tömege 0,938 GeV/c<sup>2</sup> = 1,67 · 10<sup>-27</sup> kg.

**Töltés:** az elektromos töltéseket a protontöltés egységében adjuk meg. A proton töltése 1,60 · 10<sup>-19</sup> Coulomb.

### Az atom szerkezete



Ha a protonok és neutronok átmérője 10 cm volna a képen, akkor a kvarkok és elektronok 0,1 mm-nél kisebbek lennének, az atom pedig 10 km átmérőjű lenne!

**Bozonok** – a kölcsönhatások közvetítői, spinjük: 0, 1, 2 ...

| erős – szín (spin = 1) |                          |                | elektromgyenge (spin = 1)   |                          |                |
|------------------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|----------------|
| jel/név                | tömeg GeV/c <sup>2</sup> | elektr. töltés | jel/név                     | tömeg GeV/c <sup>2</sup> | elektr. töltés |
| g gluon                | 0                        | 0              | γ gamma-foton               | 0                        | 0              |
|                        |                          |                | W <sup>±</sup> W-bozon      | 80,39                    | -1             |
|                        |                          |                | Z <sup>0</sup> Z-null bozon | 91,187                   | 0              |

**Szintöltés:** a kvarkok és gluonok „szintöltést” hordoznak. A kvarkok három-, a gluonok nyolcféle „színűek” lehetnek. Kvarkok és gluonok szabadon nem létezhetnek. Őket a szintöltések között ható alapvető erős kölcsönhatás kétféleképpen kötheti össze színsemleges hadronokba: vagy három kvark alkothat egy bariont, vagy egy kvark-antikvark-pár alkothat egy mezont.

A visszamaradó erős kölcsönhatás a színsemleges nukleonok – vagyis az atommagot alkotó neutronok és protonok – között hat (ez felelős a „magerőkért”), jellegében a Van der Waals-kölcsönhatáshoz hasonlít.

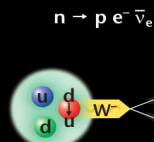
A spin a részecske saját perdülete. A spint ħ egységekben adjuk meg, ahol ħ = h/2π = 6,58 · 10<sup>-25</sup> GeVs = 1,05 · 10<sup>-34</sup> Js.

### Fermionikus hadronok

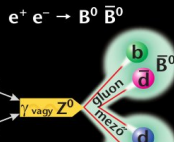
| barionok (qqq) és antibarionok (q̄q̄q̄) – több száz ismert barion van |             |                          |                |      |
|---|-------------|--------------------------|----------------|------|
| jel/név   | kvark-össz. | tömeg GeV/c <sup>2</sup> | elektr. töltés | spin |
| p proton  | uud         | 0,938                    | 1              | 1/2  |
| anti-proton   | ūūū         | 0,938                    | -1             | 1/2  |
| n neutron   | udd         | 0,940                    | 0              | 1/2  |
| lambda  | uds         | 1,116                    | 0              | 1/2  |
| omega   | sss         | 1,672                    | -1             | 3/2  |

**Antianyag:** a részecskének általában van „antirészecskéje”, amely azonos tulajdonságú, de ellentétes töltésű, mint a részecske. Néhány elektromosan semleges részecske egyben saját antirészecskéje is. Ilyen a Z<sup>0</sup>-bozon, a γ-foton, vagy az η<sub>c</sub>-mezon, de a K<sup>0</sup>-kaon, mely d̄s kvark-antikvark-párból áll, már nem.

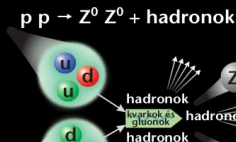
Az ábrák a jellemző fizikai folyamatokat csak szemléltetik, hozzájuk értelmes módon skálát rendelni nem lehet. A kékeszöld tartományok a gluonok felhőjét, illetve mezejét, a piros vonalak a kvarkok pályáját mutatják.



Egy neutron protonra, elektronra és antineutronra bomlik egy virtuális W-bozon (gyenge kölcsönhatás) közvetítésével. Ez a béta-bomlás.



Nagy energiájú elektron–pozitron-ütközésben (elektromgyenge kölcsönhatás) B<sup>0</sup>-anti-B<sup>0</sup>-kéltés, γ-foton vagy Z<sup>0</sup>-bozon közvetítésével.



Nagy energiájú, erős kölcsönható protonok ütközésekor keletkezhetnek hadronok és nehéz részecskék, például Z<sup>0</sup>-bozonok.

### A kölcsönhatások tulajdonságai

| tulajdonság                    | erős                    |                 | gyenge (elektromgyenge)                |                   | gravitációs (nem az SM része)    |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|--|-------------------|----------------------------------|
|                                | alapvető                | visszamaradó    | íz                                     | elektromos töltés |                                  |
| amire hat                      | szintöltés              | lásd magyarázat | íz                                     | elektromos töltés | tömeg, energia, lendület         |
| ezek a részecskék érzik        | kvarkok, gluonok        | hadronok        | kvarkok, leptonok                      | elektr. töltötték | minden                           |
| közvetítő részecske            | gluonok                 | mezonok         | W <sup>±</sup> , W <sup>0</sup> -bozon | γ-foton           | graviton (még nem figyelték meg) |
| relatív erősség két up kvarkra | 10 <sup>-16</sup> m     | –               | 0,8                                    | 1                 | 10 <sup>-41</sup>                |
| két proton az atommagban       | 3 · 10 <sup>-17</sup> m | –               | 10 <sup>-4</sup>                       | 1                 | 10 <sup>-41</sup>                |
|                                | –                       | 20              | 10 <sup>-7</sup>                       | 1                 | 10 <sup>-36</sup>                |

### Bozonikus hadronok

| mezonok (q̄q) – több száz ismert mezon van |             |                          |                |      |
|--|-------------|--------------------------|----------------|------|
| jel/név                                    | kvark-össz. | tömeg GeV/c <sup>2</sup> | elektr. töltés | spin |
| π pion                                     | uđ          | 0,140                    | 1              | 0    |
| K kaon                                     | sū          | 0,494                    | -1             | 0    |
| ρ ró-mezon                                 | uđ          | 0,770                    | 1              | 1    |
| B <sup>0</sup> B-null mezon                | dđ          | 5,279                    | 0              | 0    |
| η eta-c mezon                              | cđ          | 2,980                    | 0              | 0    |

Az eredeti posztert a Contemporary Physics Project (<http://CPEPweb.org>) készítette. A magyar változat Kármán Tamás és Somogyi Gábor munkája.

Megjelent a Fizikai Szemle mellékletként, a Paksi Atomerőmű Zrt. támogatásával. Letölthető a <http://fizikaiszemle.hu> honlapról.

Kereskedelmi forgalomba nem hozható, oktatási célra szabadon felhasználható.



*Mystery*



Miért van éppen három részecskegeneráció?

*Mystery*



Csak egyetlen Higgs-bozon van?

*Mystery*



Miért nincsenek antigalaxisok?

*Mystery*



Mi alkotja a sötét anyagot?

Az LHC segít  
válaszolni  
ezekre a  
kérdésekre

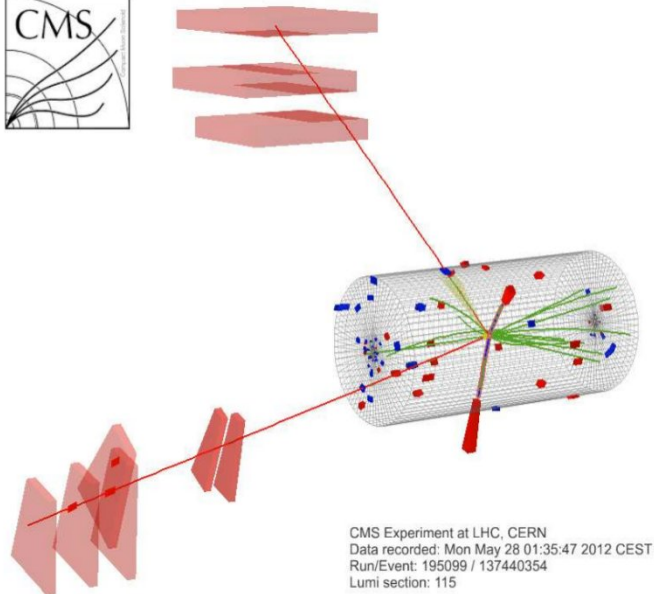
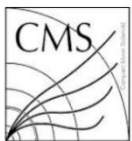


# Az LHC CMS együttműködése 2012-ben

- 41 ország 179 intézménye
- 3275 fizikus (közülük 1535 diák)
- 790 mérnök és technikus
- Résztvevők intézmény országa szerint:  
USA: 1149, Olaszo.: 439, Németo.: 298, Oroszo.: 234
- Útlevél szerint:  
USA: 707, olasz: 554, német: 315, orosz: 305
- Magyar intézményből: 40, magyar útlevéllal: 44

Az LHC két protonnyalábja 2012-ben másodpercenként 20 millió alkalommal találkozott, esetenként 10-30 p-p ütközéssel

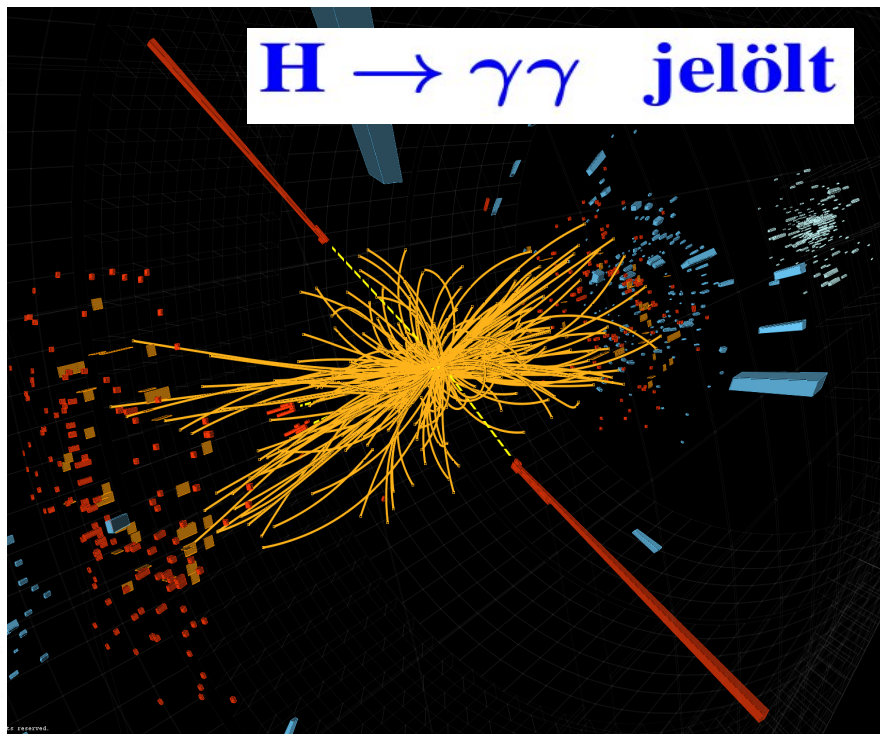
CMS:  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow e^+e^-\mu^+\mu^-$



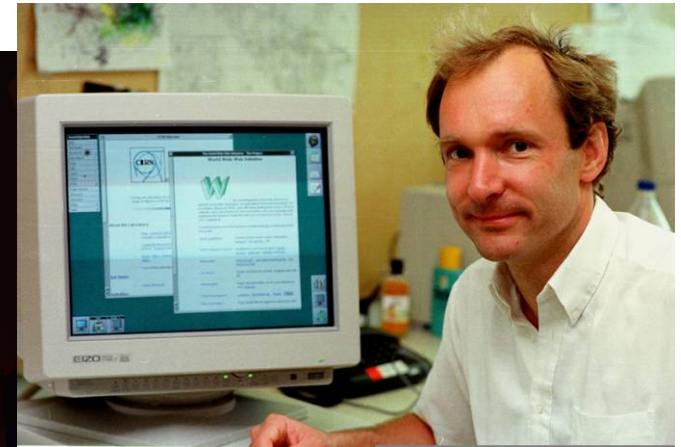
Horváth Dezső: Higgs-bozon az LHC-nél

Wiener FK. 2012.07.17.

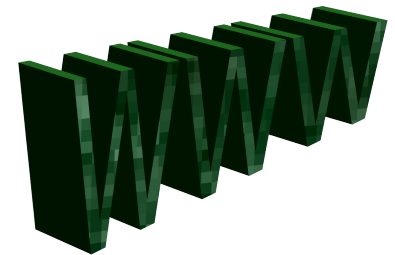
- p. 37/54

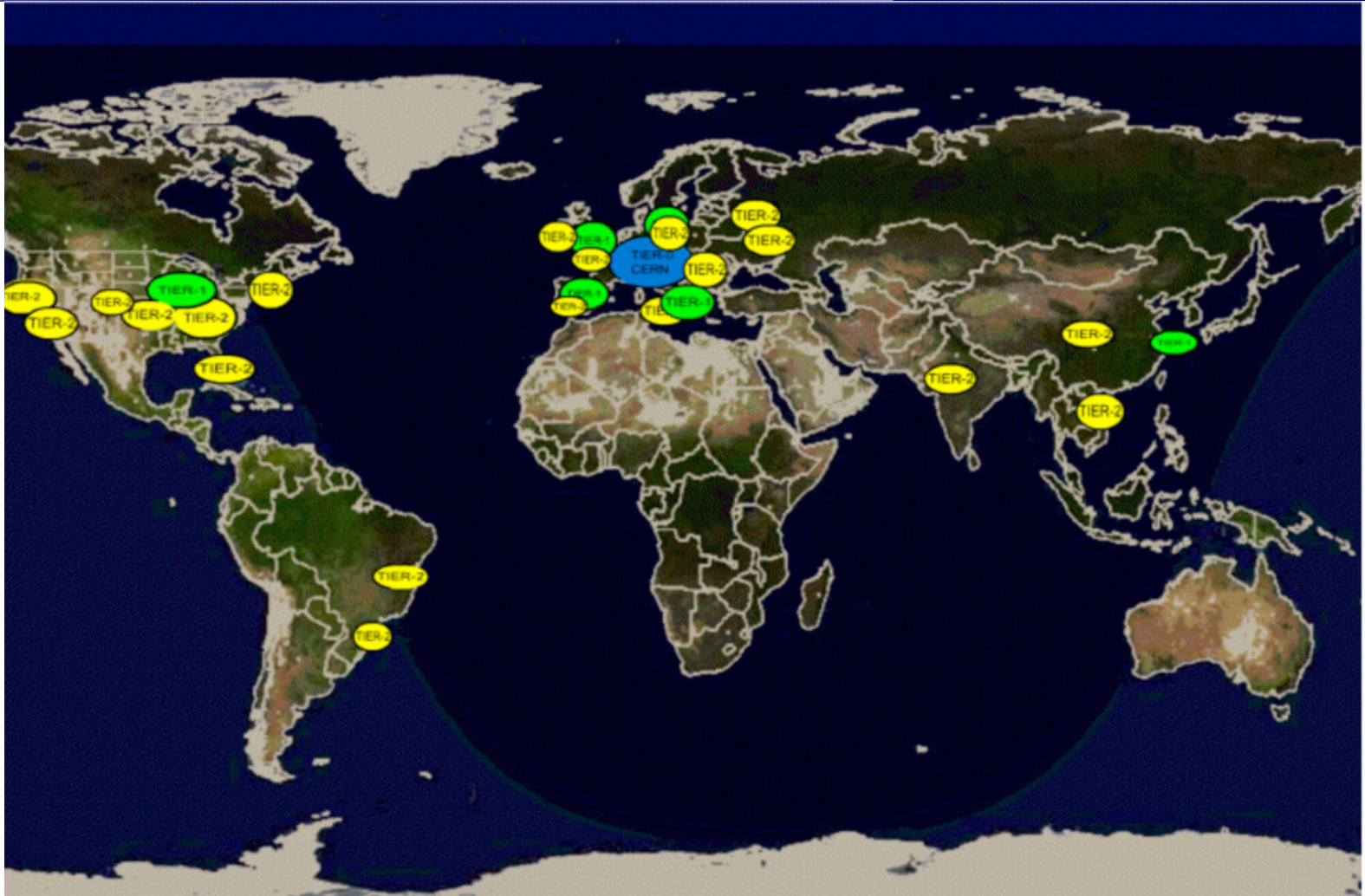


2013-14: fejlesztési szünet. 2015-től 13 TeV, 40 MHz

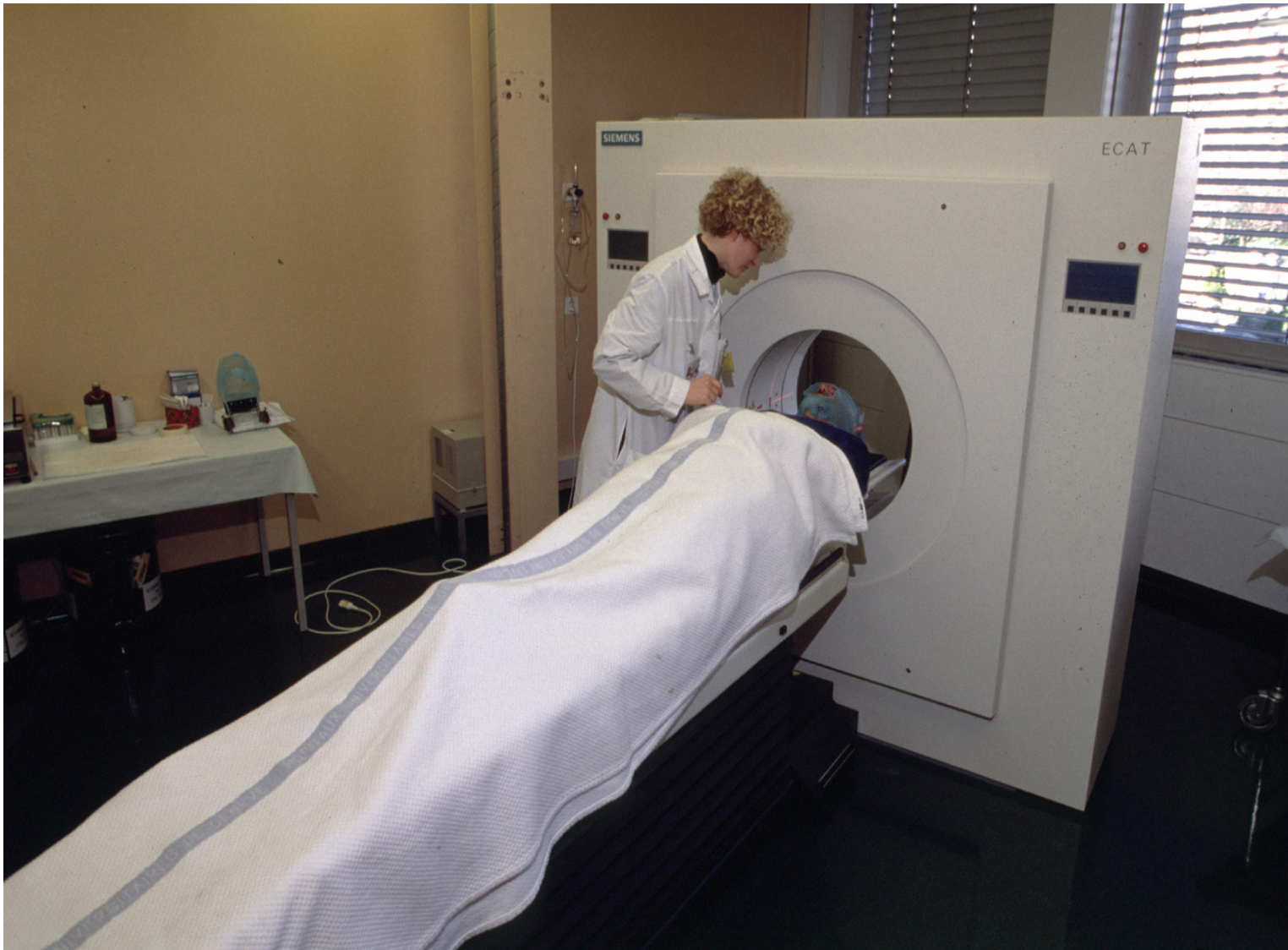


Tim Berners-Lee



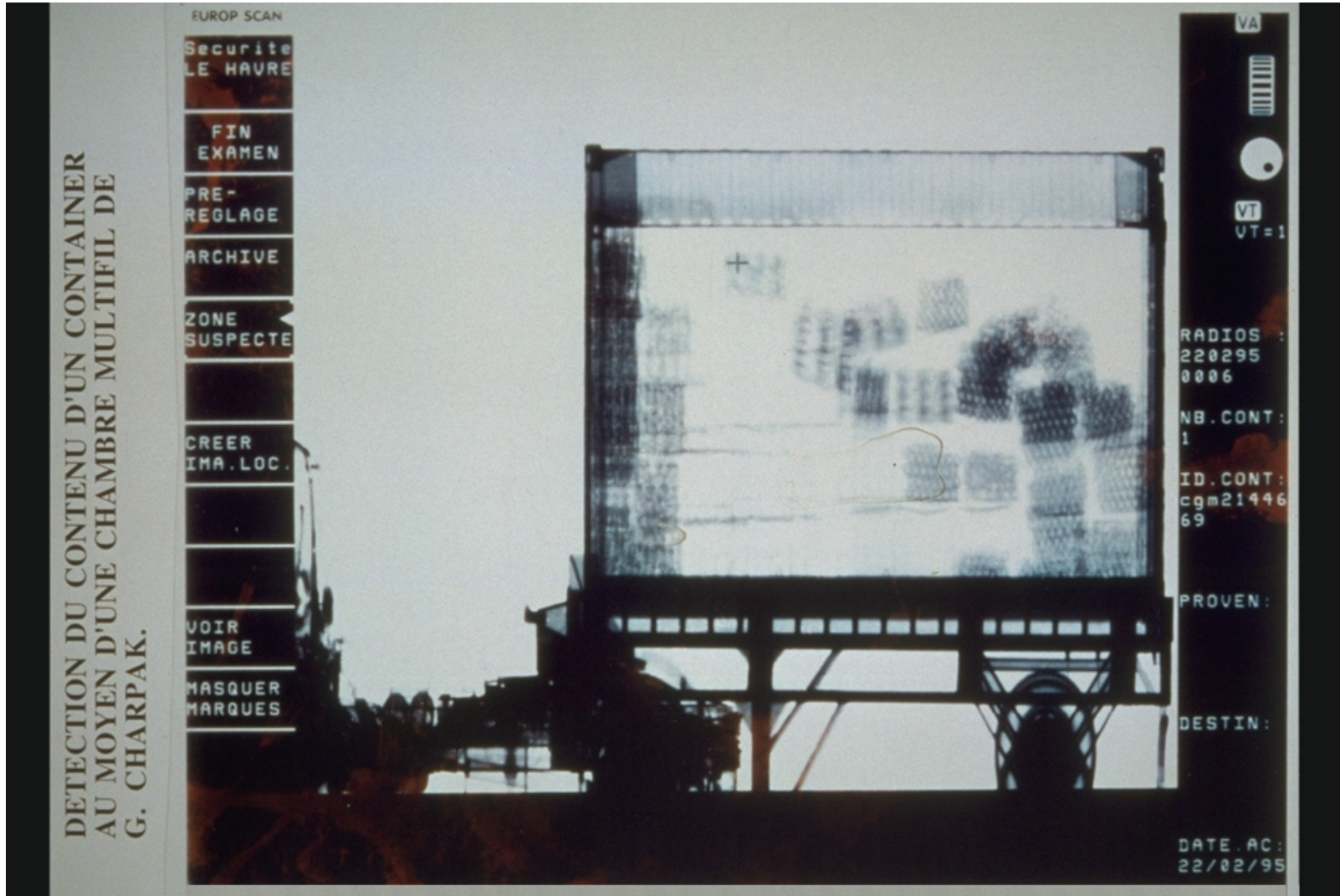


CMS-tárhelyek: Barcelona, Bologna, Chicago, Karlsruhe, Lyon, Oxford, Taipei  
Tier-0 részben Budapestre költözött, 2013 június 13-án átadták (Wigner Adatközpont)









Évente közel 500 diák, akik hazaviszik  
az itt szerzett tudásukat





És a tanárok, akik újtukra indítják őket...



HTP-2006



És ha valaki kíváncsi,  
hol talál még valamit a CERN-ről a weben?

Mindenhol !



twitter



## A CERN a nyitott társadalom jó példája:

- Minden kutatási eredmény nyilvános
- Mindenhova be lehet menni, ahol nincs veszély és nem zavarjuk a dolgozókat
- Mindenütt szabad fényképezni
- Webkamerák figyelik az LHC és detektorai működését

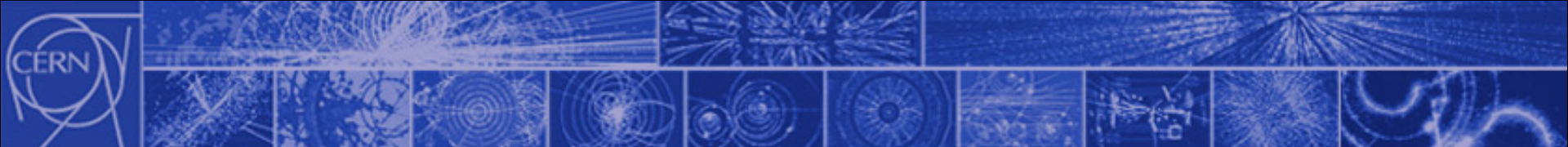
cmseye06 2012-05-02 15:29:33



Ügyelet:  
spanyol,  
holland,  
kínai,  
orosz,  
francia,  
magyar

DCS:  
Szillási Z.

DQM: HD



## Kate McAlpine (AlpineKat): LHC Rap

A. Capella: Bohemian Gravity

Pontos  
fizika,  
lehet  
tanulni  
belőle!