



# A CERN bemutatása

Horváth Dezső  
MTA KFKI RMKI és ATOMKI  
Hungarian Teachers Programme, 2011

CERN: *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*  
Európai Nukleáris Kutatási Tanács  
Európai Részecskefizikai Laboratórium

57 év a részecskefizikai kutatásban

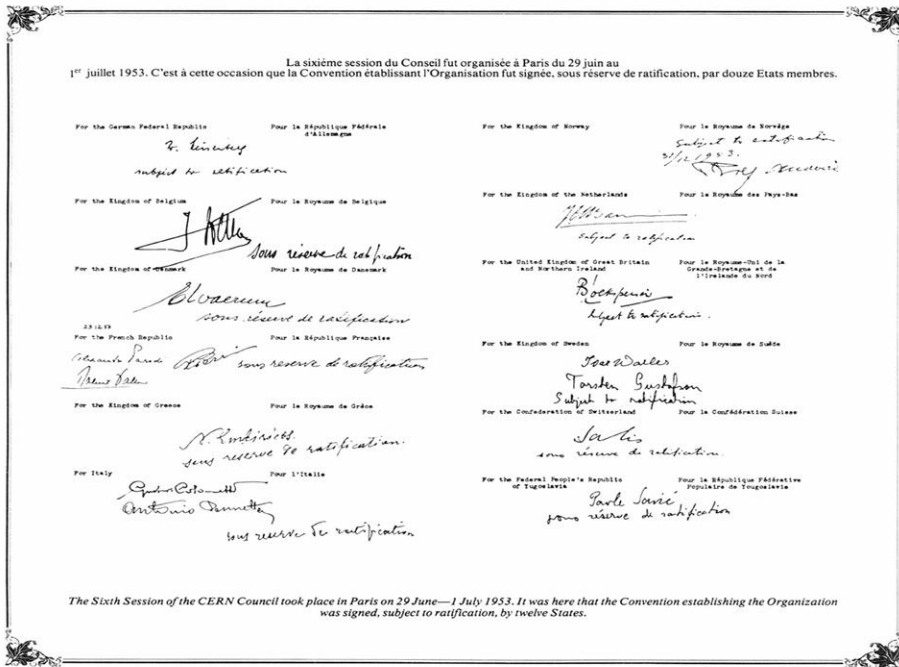




# CERN: Európai Részecskefizikai Laboratórium



- 1954-ben 12 ország alapította, ma már 20 ország tagja
- +Románia + Ciprus, Szlovénia, Izrael, Szerbia, Törökó.
- Évente több mint 10000 felhasználó (kutató)
- Éves költségvetése közel 1100 MCHF



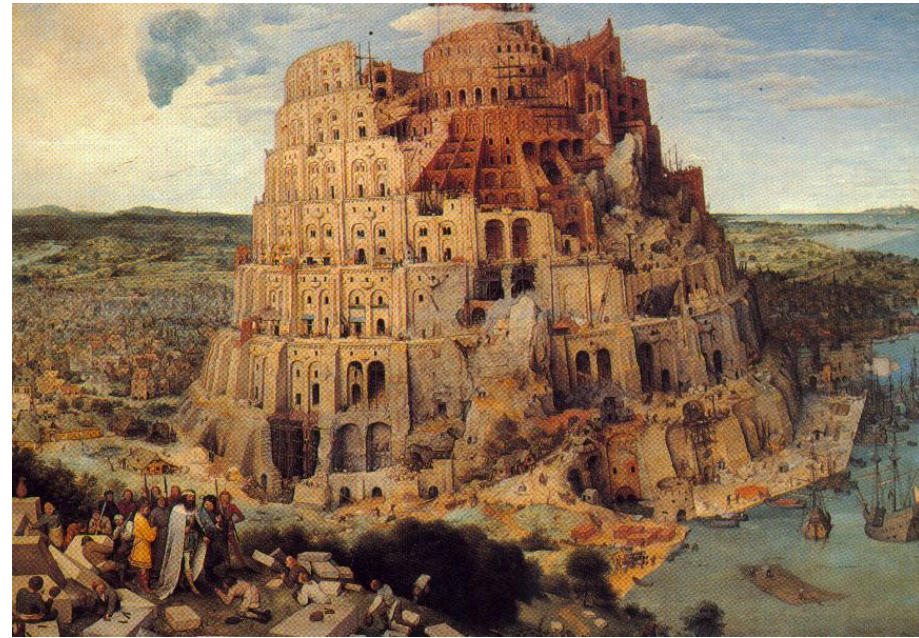
1954: szervezet alapító okirata az eredeti aláírásokkal

2004: A 20 tagország

Horváth Dezső: A CERN bemutatása



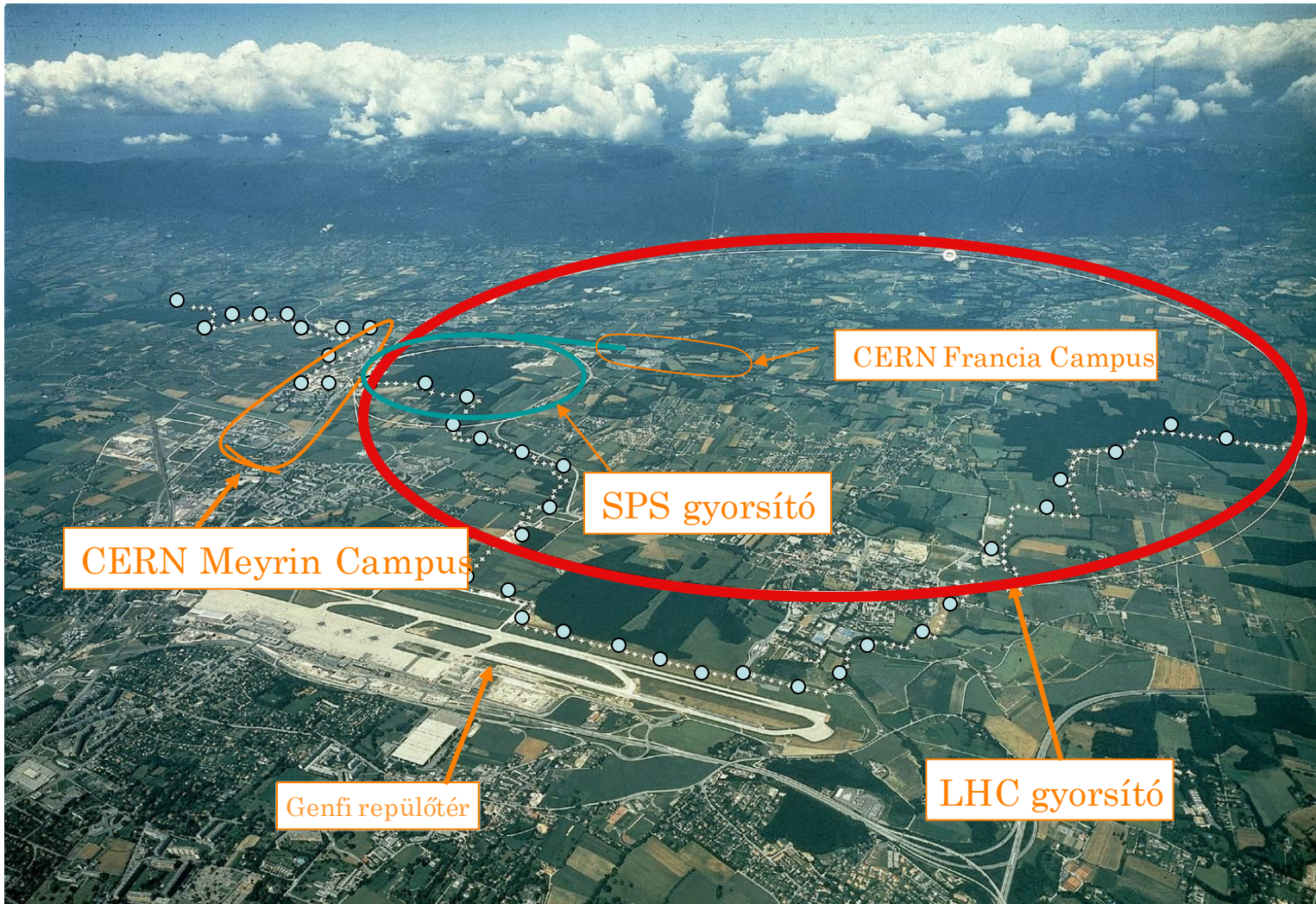
- A CERN 20 tagországa 18 különböző hivatalos nyelvet használ
- A 80 országból érkező kutatók közel 100 nyelven beszélnek
- A CERN hivatalos munkanyelvei az angol és a francia







# A CERN elhelyezkedése





# Kikkel találkozhatunk?



- **Alkalmazottak [2800 össz. – 18 magyar]** (2010-es adatok)

A CERN közvetlen alkalmazásában állnak

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

- **Szerződésesek**

Máshol rendelkeznek jogviszonnyal (egyetemek, kutatóintézetek, non-profit szervezetek)

- Felhasználók (users, associates) [10 300 - 69]
- Diákok (students) [441 - 8]

- **Beszállítók, szolgáltató cégek alkalmazottai**

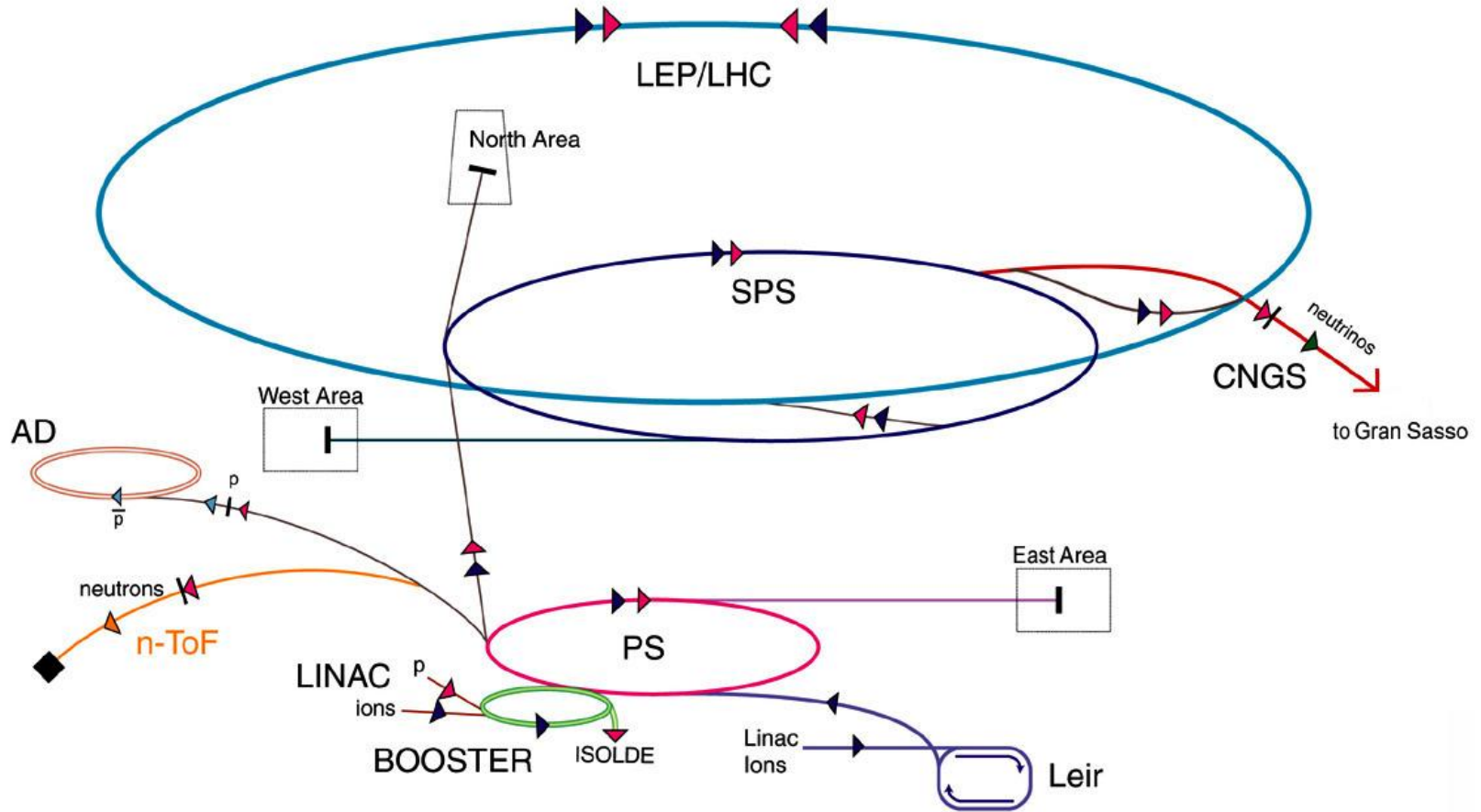
Profitorientált vállalkozások alkalmazottai







# A CERN gyorsítókomplexuma



- ▶ p (proton)
- ▶ ion
- ▶ neutron
- ▶  $\bar{p}$  (antiproton)
- ▶  $\blacktriangleleft$   $\blacktriangleright$  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 to Gran Sasso

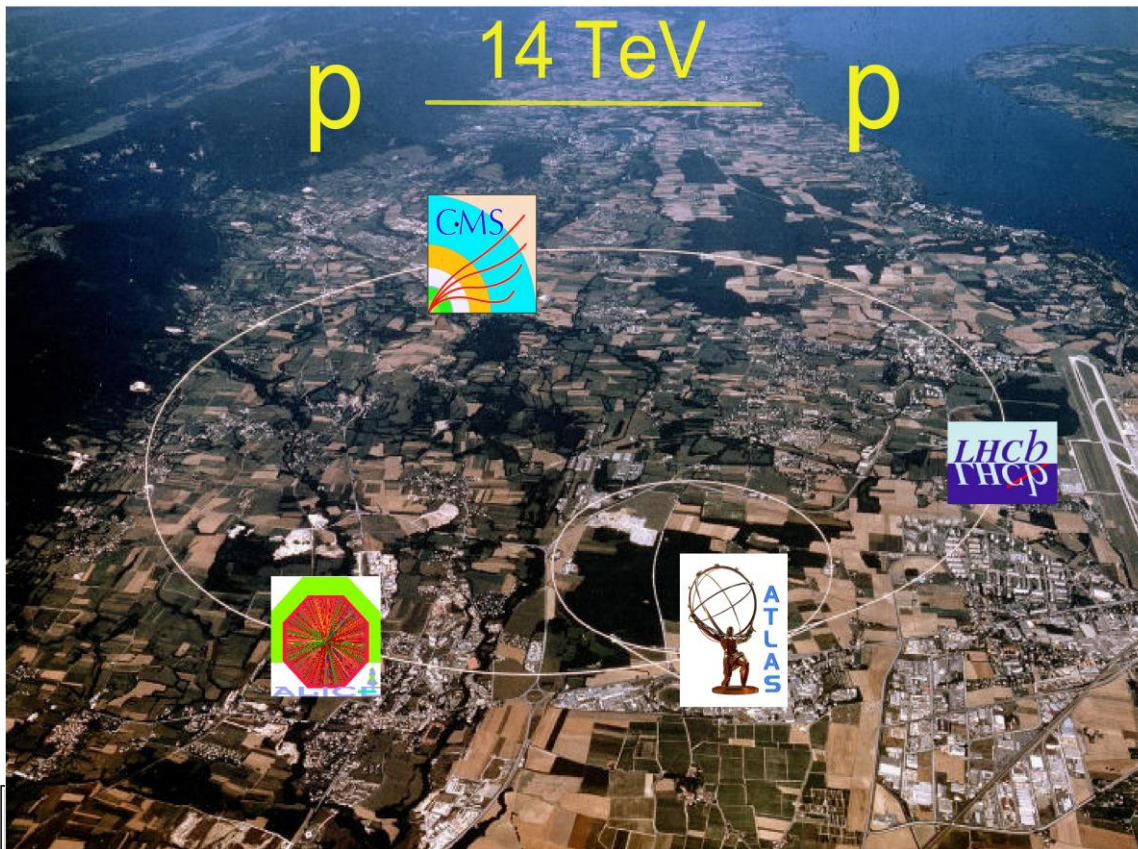




# Nagy hadron-ütköztető (LHC)



A valaha épített legnagyobb, az elemi részecskék vizsgálatára szolgáló tudományos mérőberendezés.



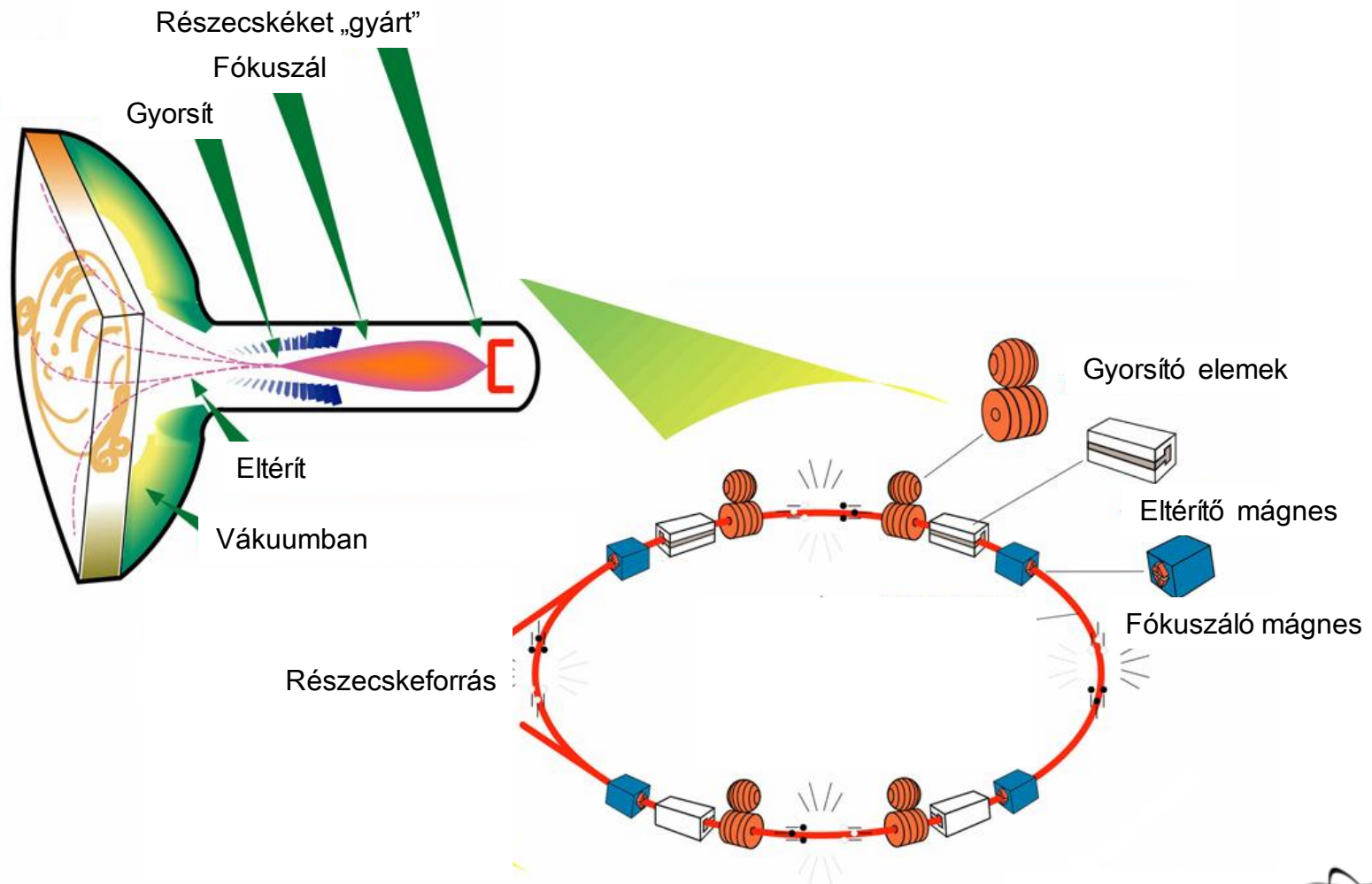
Négy hatalmas földalatti csarnok készült az óriási detektorok számára

A világ legnagyobb teljesítményű tudományos részecskegyorsítója

Szupravezető mágnesei alacsonyabb hőmérsékleten mint a világűr hidege



## a hagyományos televíziós készülék!



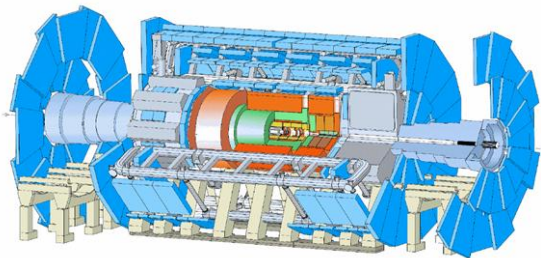




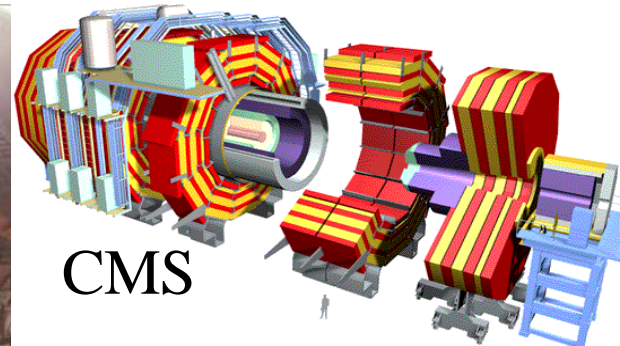
# A Nagy hadron-ütköztető (LHC)



Az LHC megváltoztathatja a világegyetemről alkotott képünket.

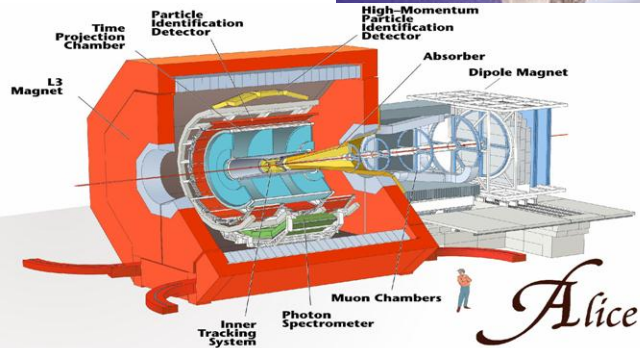
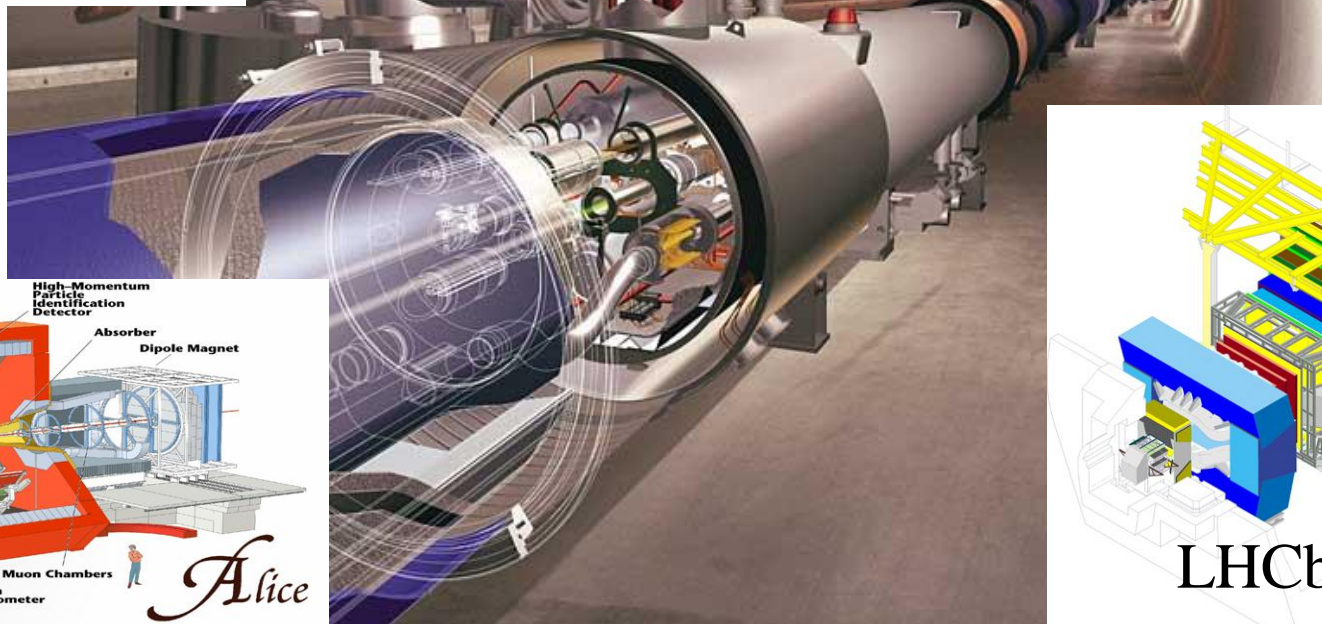


ATLAS

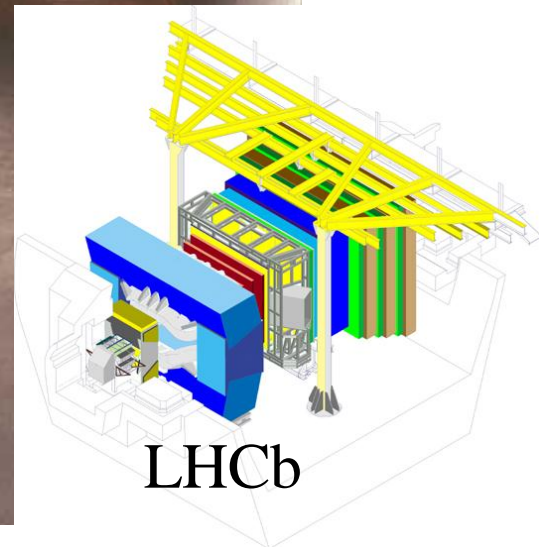


CMS

ALICE



*ALICE*



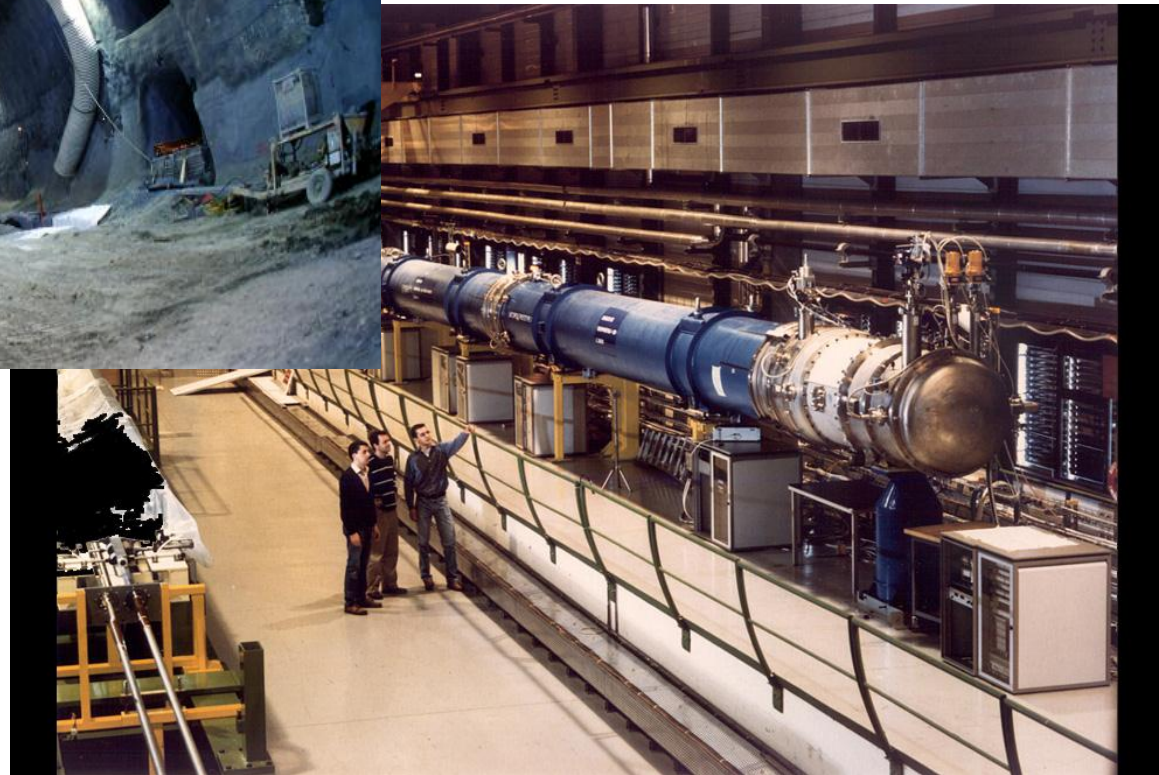
LHCb







27 km kerületű  
100 méterre a föld alatt







# A CMS-detektor építése (felszínen)



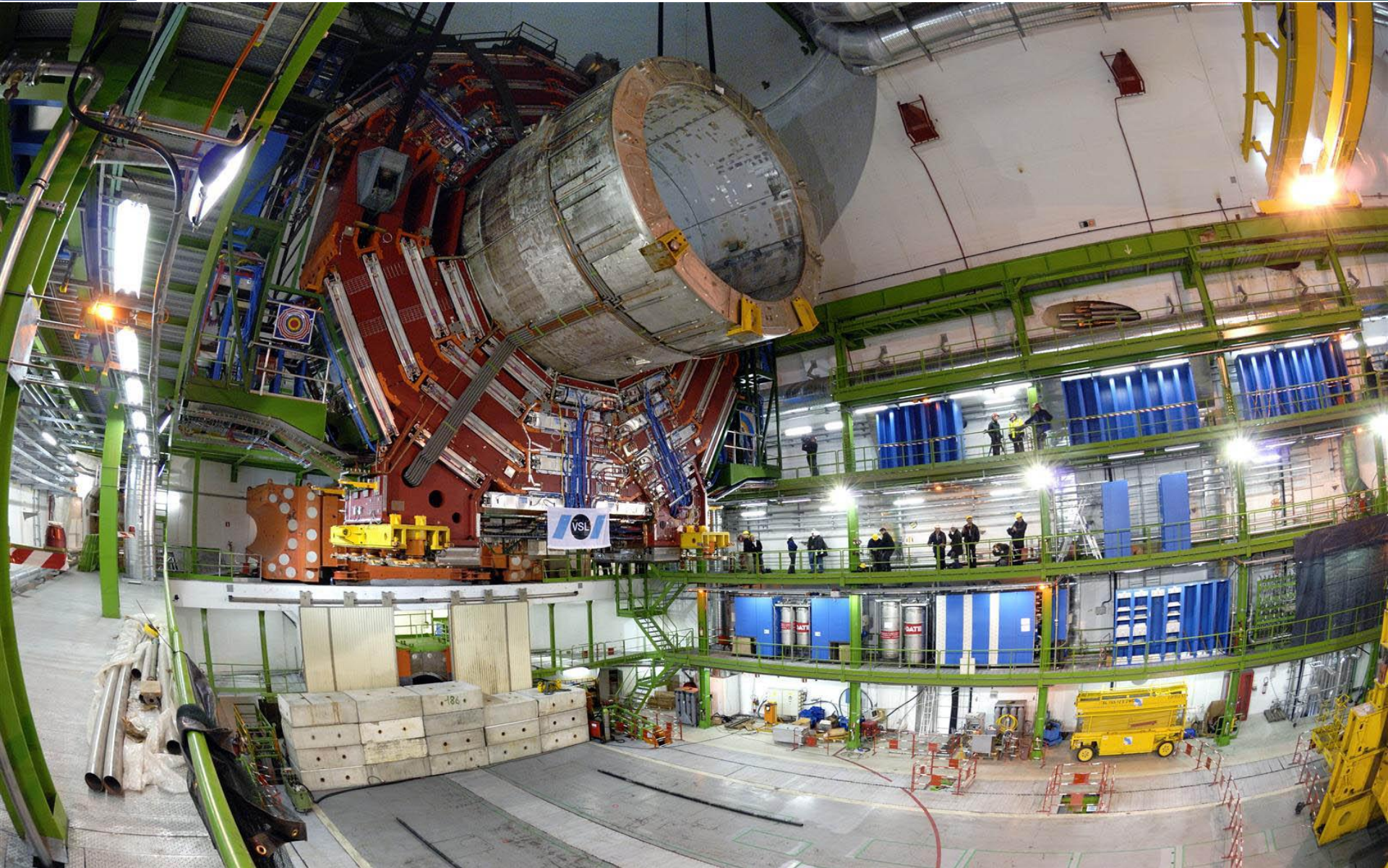
Horváth Dezső: A CERN bemutatása





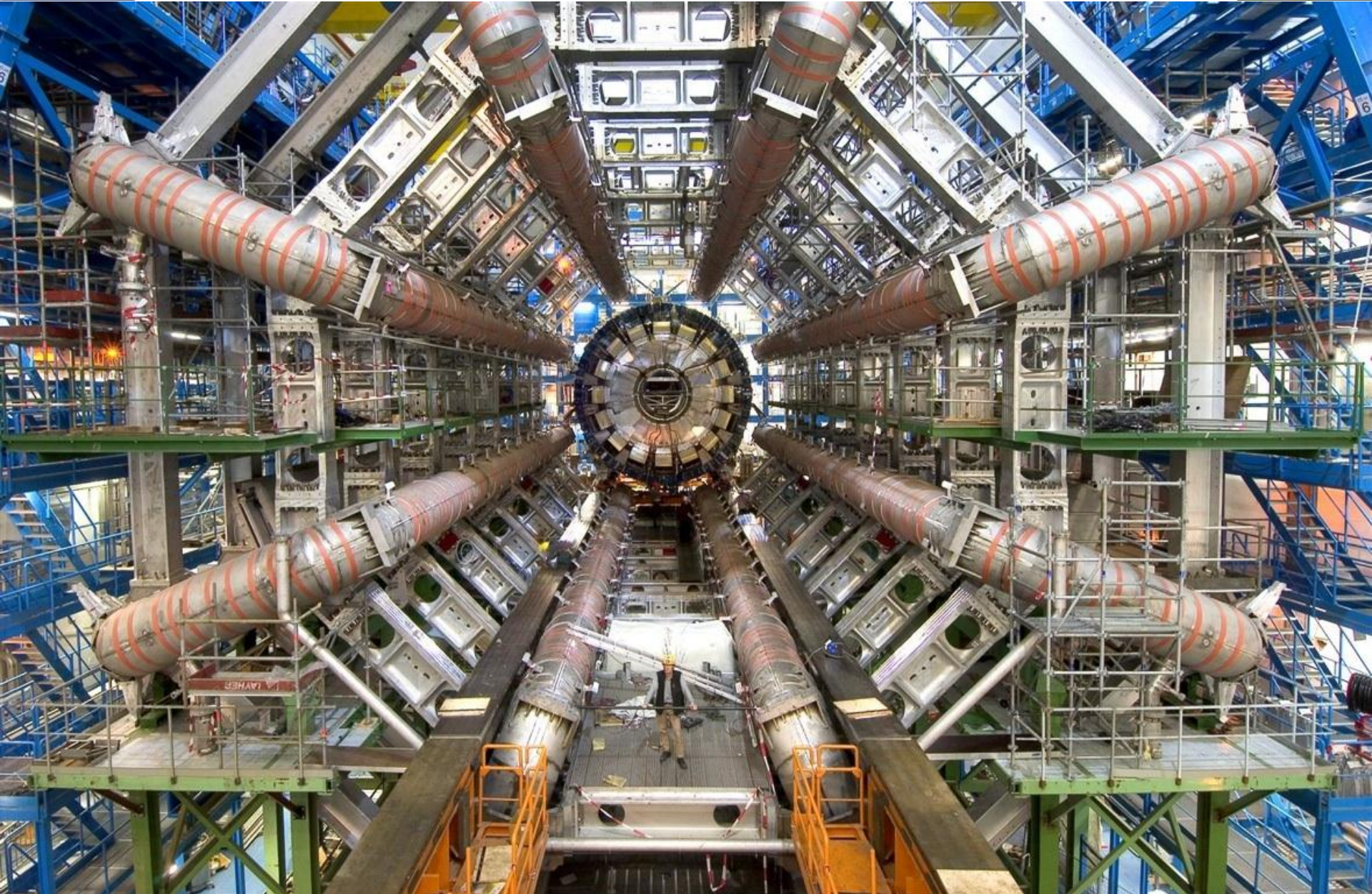


# A CMS-mágnes behelyezése (föld alatt)





# Az ATLAS detektor mágnesei







# ALICE: A Large Ion Collider Experiment



Nagy magyar csoport (RMKI+ELTE)

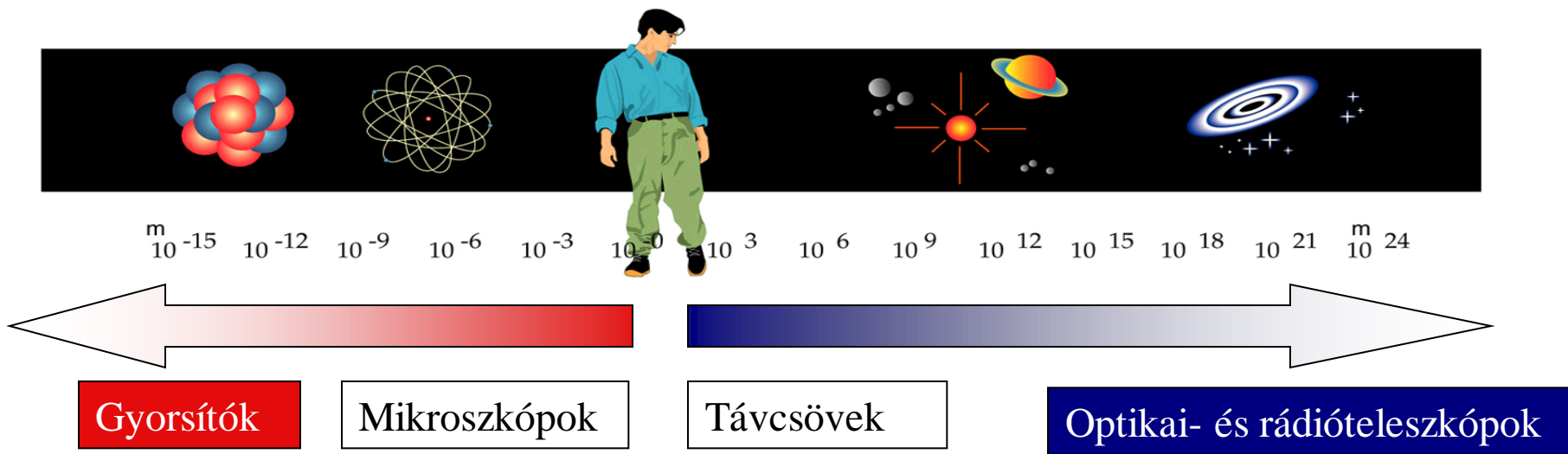
Horváth Dezső: A CERN bemutatása



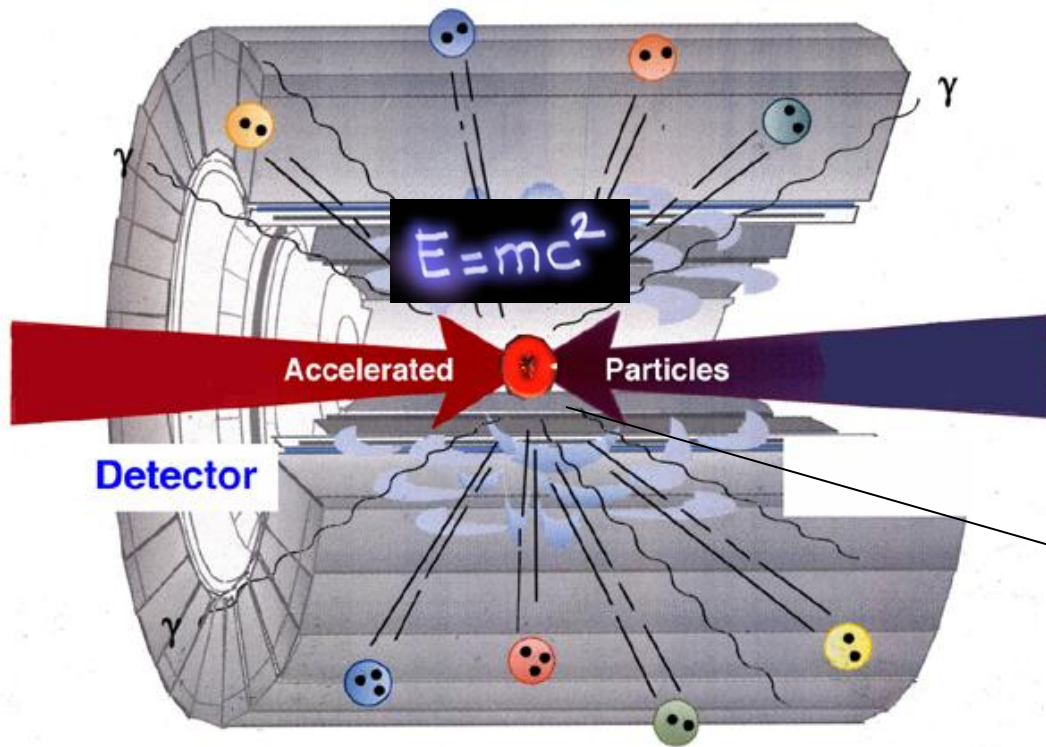


# Minek a részecskegyorsító?

A részecskefizika az anyag legmélyebb szerkezetét vizsgálja



Nagyobb energia  $\rightarrow$  rövidebb hullámhossz  $\rightarrow$  kisebb távolság  
 $\rightarrow$  mélyebb szerkezet



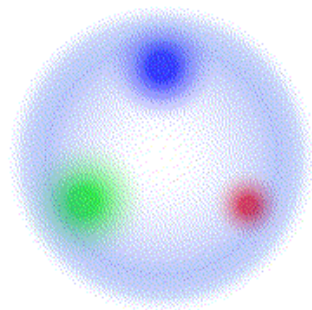
1) Energiakonzentráció a részecskéken (**gyorsító**)

2) Részecskék **ütköztetése** (ősrobbanás-közeli állapot előidézése, új részecskék keltése)

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

# Az anyag alkotóelemei

Quarks (Gell-Mann) 1964


















Proton

Napjaink periódusos rendszere

	Quarks		Leptons	
Generation 3	Top	Bottom	Tau	Tau-neutrino
Generation 2	Charm	Strange	Muon	Muon-neutrino
Generation 1	Up	Down	Electron	Electron-neutrino



Quarks		Leptons		Bosons
 up	 down	 electron	 neutrino $e$	 photon
 charm	 strange	 muon	 neutrino $\mu$	 gluon
 top	 beauty	 tau	 neutrino $\tau$	 $Z^0 W^\pm$
				 Higgs

The Standard Model

A. Pich - CERN Summer Lectures 2005

## AZ ELEMI RÉSZECSKÉK 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>	elekt. töltés	jel/íz	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elekt. 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.

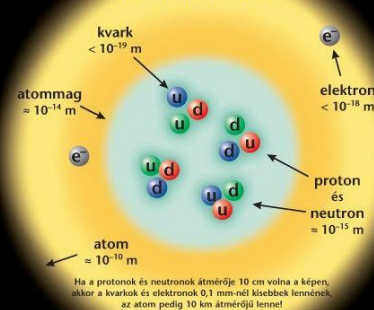
### Fermionikus hadronok

barionok (qqq) és antibarionok (q̄q̄q̄) – több száz ismert barion van					
jel/név	kvark-össz.	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elekt. töltés	spin	
p proton	uud	0,938	1	1/2	
p̄ anti-proton	ūūū	0,938	-1	1/2	
n neutron	udd	0,940	0	1/2	
Λ lambda	uds	1,116	0	1/2	
Ω 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 d<sup>+</sup> 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 mezéjét, a piros vonalak a kvarkok pályáját mutatják.

### Az atom szerkezete



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

erős – szín (spin = 1)			elektromgyenge (spin = 1)		
jel/név	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elekt. töltés	jel/név	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elekt. töltés
g gluon	0	0	γ gamma-foton	0	0
W <sup>+</sup>	80,39	-1	W <sup>-</sup>	80,39	1
Z <sup>0</sup>	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 hasonló.

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

### A kölcsönhatások tulajdonságai

tulajdonság	erős		gyenge (elektromgyenge)	elektromágneses (elektromgyenge)	gravitációs (nem az SM része)
	alapvető	visszamaradó			
amire hat	szintöltés	lásd magyarázat	íz	elektromos töltés	tömeg, energia, lendület
ezek a részecskék érzik	kvarkok, gluonok	hadronok	kvarkok, leptonok	elekt. töltötték	minden
közvetítő részecske	gluonok	mezonok	W <sup>+</sup> , W <sup>-</sup> , Z <sup>0</sup> -bozon	γ-foton	graviton (még nem figyelték meg)
relatív erősség két kvarkra	10 <sup>-18</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

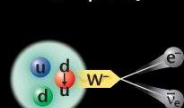
mezonok (q̄q) – több száz ismert mezon van					
jel/név	kvark-össz.	tömeg GeV/c <sup>2</sup>	elekt. töltés	spin	
π <sup>+</sup> pion	uđ	0,140	1	0	
K <sup>+</sup> kaon	sū	0,494	-1	0	
ρ <sup>+</sup> mezon	uđ	0,770	1	1	
B <sup>+</sup> mezon	dū	5,279	0	0	
eta-c mezon	cĉ	2,980	0	0	

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

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

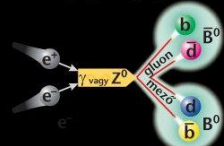
Kereskedelmi forgalomba nem hozható, oktatási célra szabadon felhasználható.

$$n \rightarrow p e^- \bar{\nu}_e$$



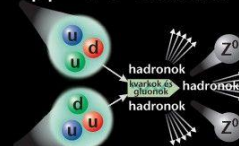
Egy neutron protonra, elektróra és antineutrínóra bomlik egy virtuális W-bozon (gyenge kölcsönhatás) közvetítésével. Ez a béta-bomlás.

$$e^+ e^- \rightarrow B^0 \bar{B}^0$$



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

$$pp \rightarrow Z^0 Z^0 + \text{hadronok}$$



Nagy energiájú, erősen kölcsönható protonok ütközésekor keletkezhetnek hadronok és nehéz részecskék, például Z-bozonok.





Mystery



Miért van éppen három részecskegeneráció?

Mystery



Hol van a Higgs-bozon?

Mystery



Miért nincsenek antigalaxisok?

Mystery

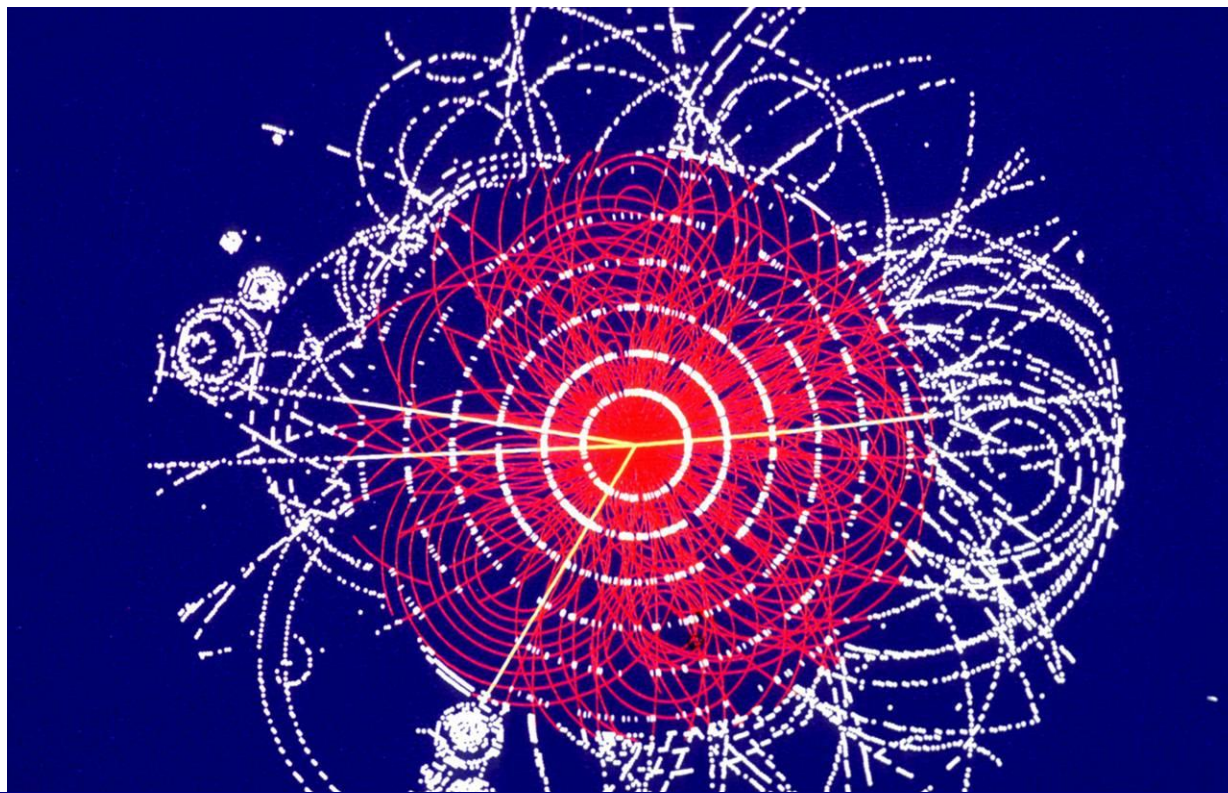


Mi alkotja a sötét anyagot?

Az LHC segít  
megoldani  
ezeket a  
rejtélyeket

# Higgs-jelek az LHC-ben

Az LHC két protonnyalábja másodpercenként 40 millió alkalommal fog találkozni, esetenként 10-20 p-p ütközéssel

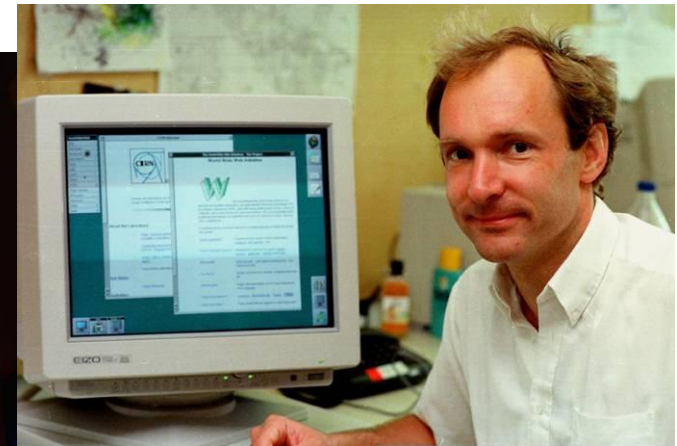


**1,000,000,000,000 ÜTKÖZÉSENKÉNT  
VÁRUNK 1 HIGGS-ESEMÉNYT!**

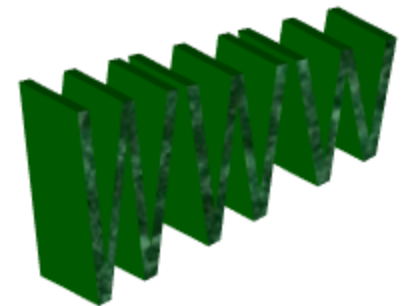


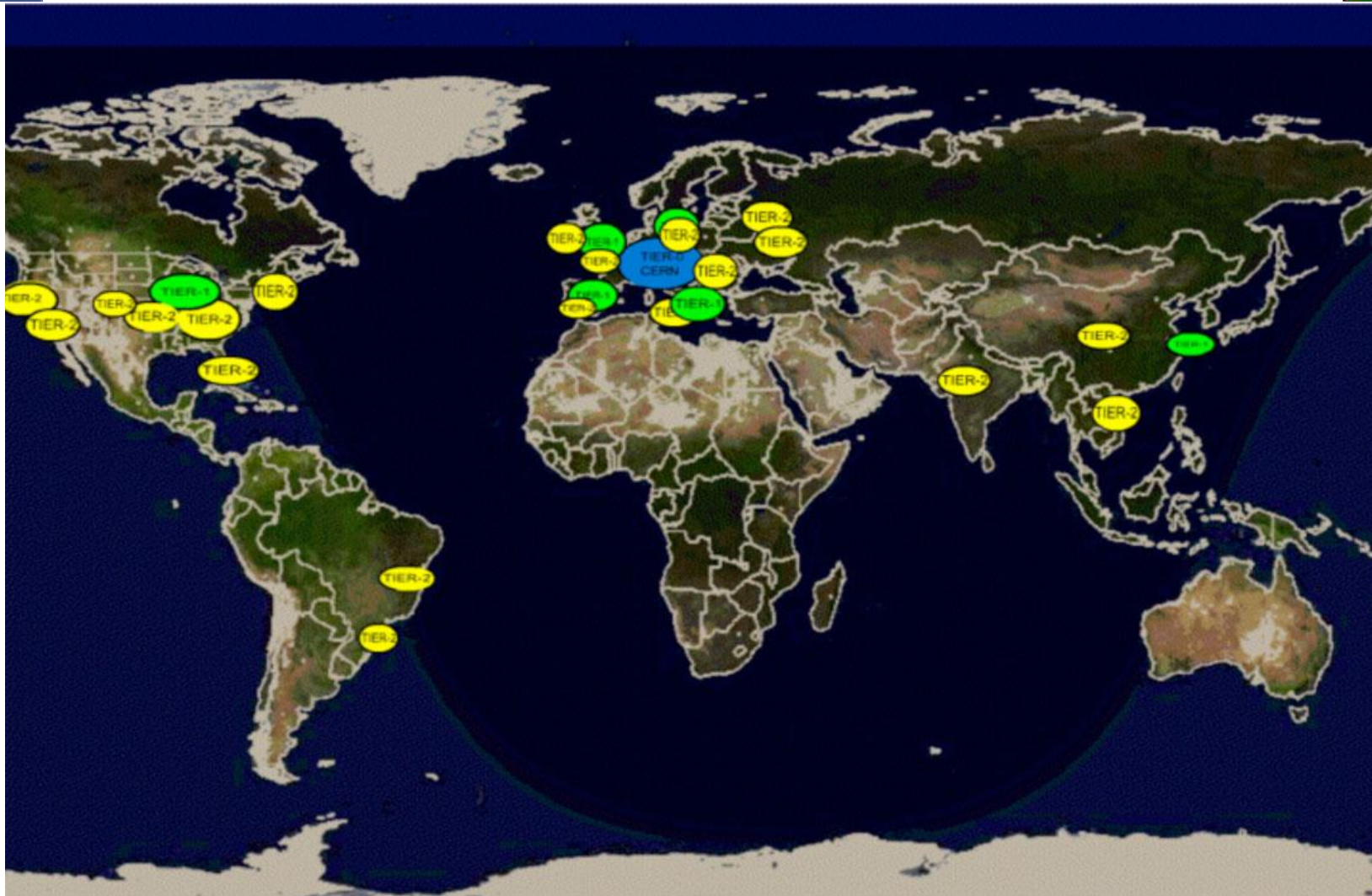


# CERN, Internet, Világháló



Tim Berners-Lee





CMS-tárhelyek (WLCG Tier-1 központok):  
Barcelona, Bologna, Chicago, Karlsruhe, Lyon, Oxford, Taipei

Horváth Dezső: A CERN bemutatása



# Orvosi alkalmazások



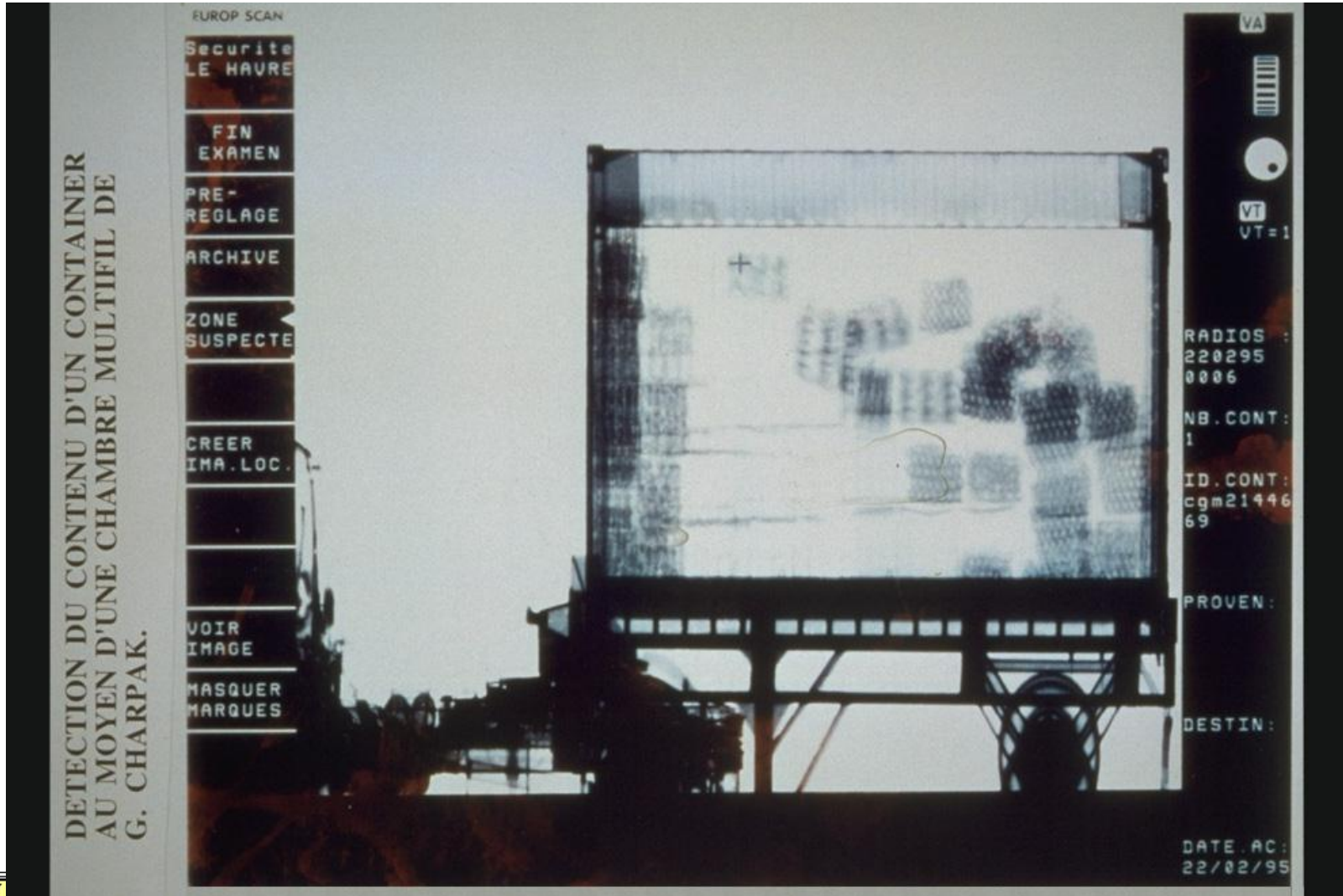
Horváth Dezső: A CERN bemutatása







# Kormányzati alkalmazások







Évente közel 500 diák, akik hazaviszik az itt szerzett tudásukat



Horváth Dezső: A CERN bemutatása







És a tanárok, akik útjukra indítják őket...



HTP-2006



Horváth Dezső: A CERN bemutatása





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



•Mindenhol !



twitter

You Tube

facebook®







# Nyitott laboratórium



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



# A CMS vezérlőterme



<https://cms.web.cern.ch/cms/Media/CMSeYE/cam7.html>

Bővebben: Hadronlovagok, MTV, 2011

Horváth Dezső: A CERN bemutatása





# Kate McAlpine (AlpineKat): LHC Rap



<http://www.youtube.com/watch?v=j50ZsEojtM>

Search

Brows

Large Hadron Rap

alpinekat

4 videos

Subscribe



Like Dislike Add to Share

6,728,843

Uploaded by alpinekat on Jul 28, 2008

Rappin' about CERN's Large Hadron Collider! Links below...

25,088 likes, 1,219 dislikes

Pontos fizika, lehet tanulni belőle!



Horváth Dezső: A CERN bemutatása

