

# A Detektortól a Végző Ábráig

*Az adatok feldolgozása...*

Ifj. Krasznahorkay Attila

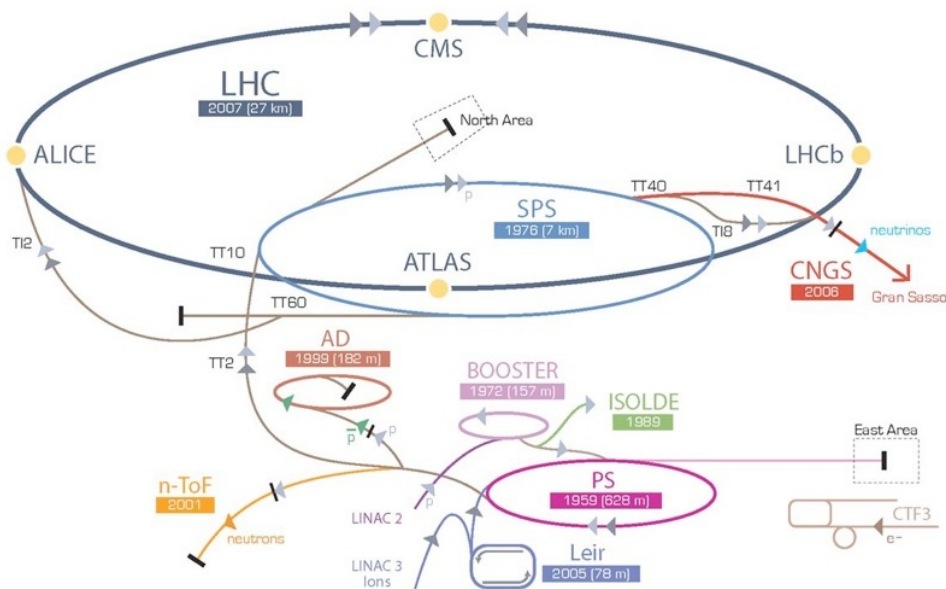


# ATLAS EXPERIMENT

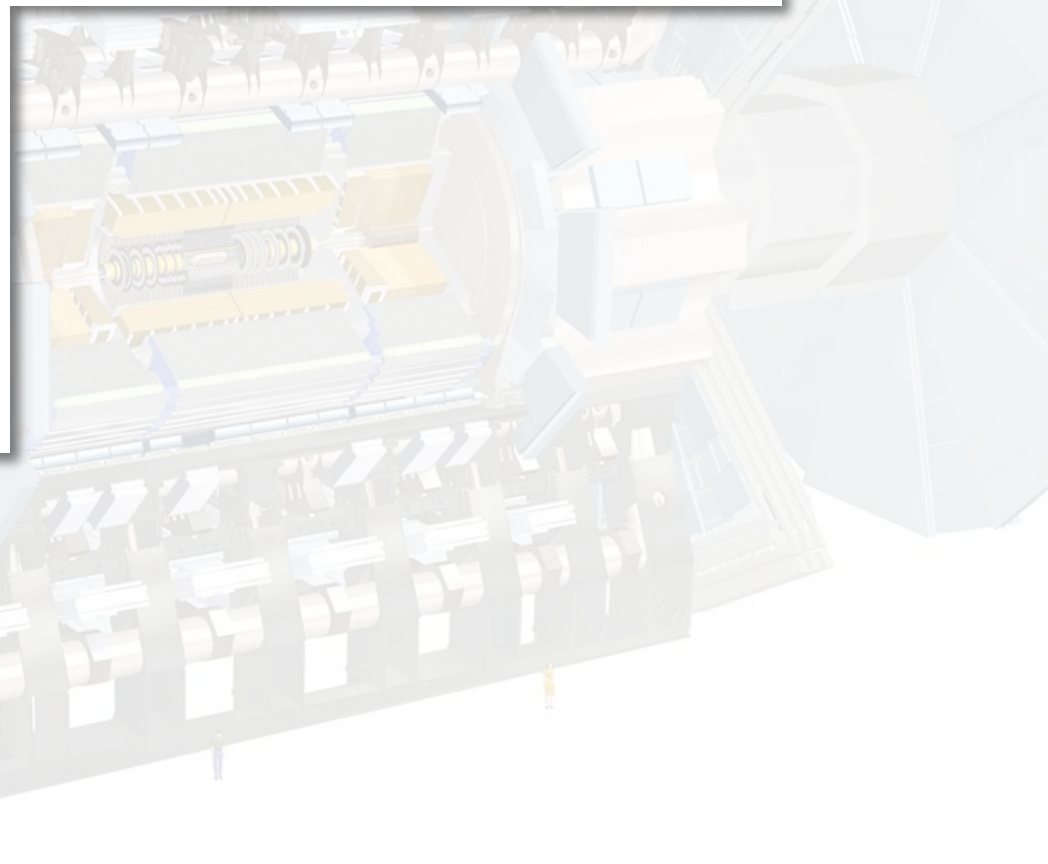
# A Madártávlat



CERN Accelerator Complex



Létrehozzuk az “érdekes”  
reakciókat  
(Varga Dezső előadása)

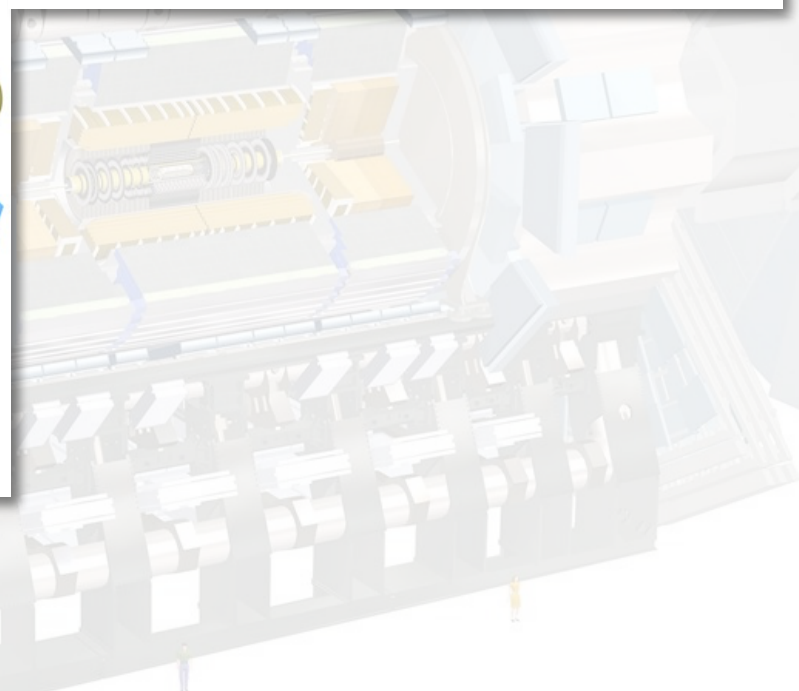
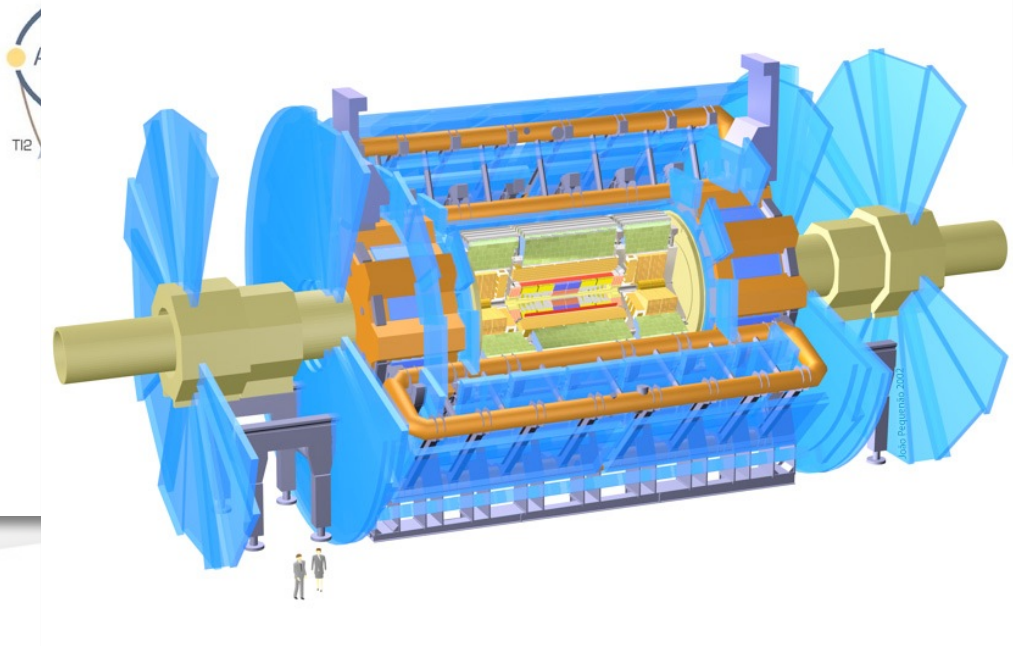


# A Madártávlat



CERN Accelerator Complex

Létrehozzuk az “érdekes”  
Érzékeljük a kijövő  
részecskéket  
(Varga Dezső előadása)

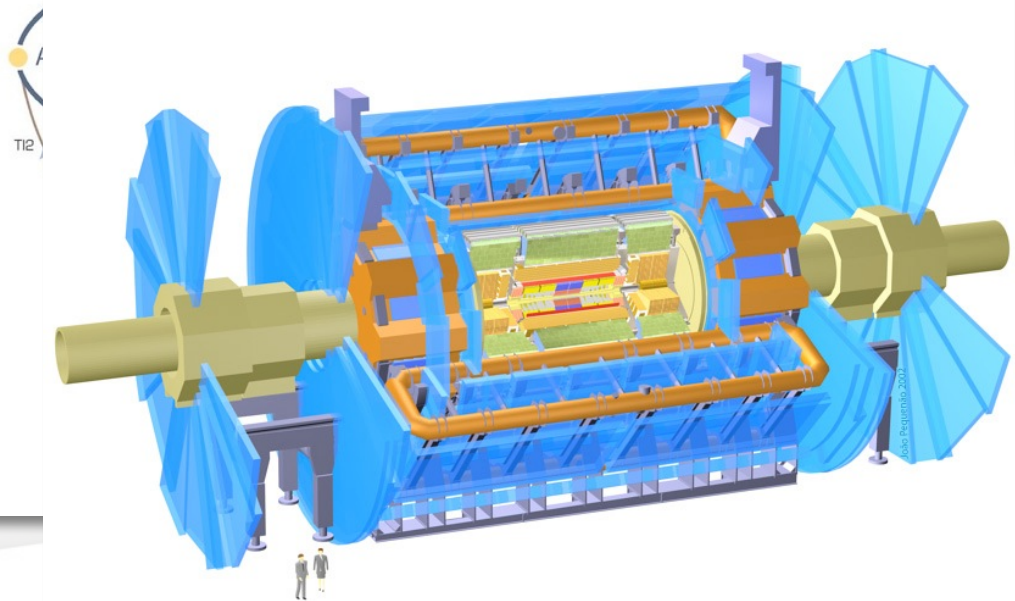


# A Madártávlat

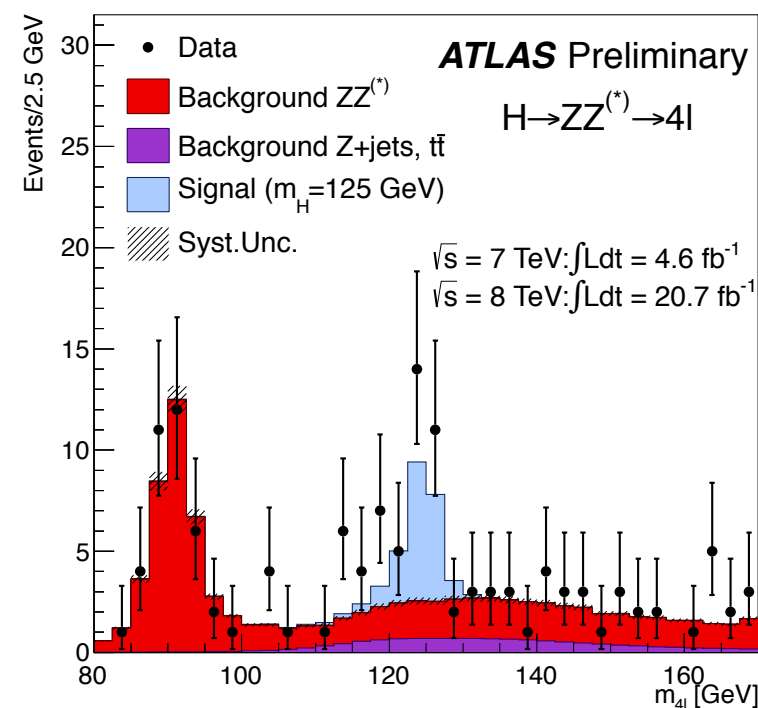


CERN Accelerator Complex

Létrehozzuk az “érdekes”  
Érzékeljük a kijövő  
részecskéket  
(Varga Dezső előadása)



Levonjuk a fizikára vonatkozó  
következtetéseket  
(Újvári Balázs és Veres Gábor  
előadásai)

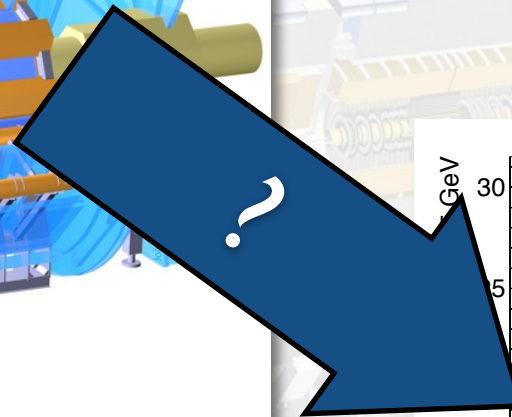
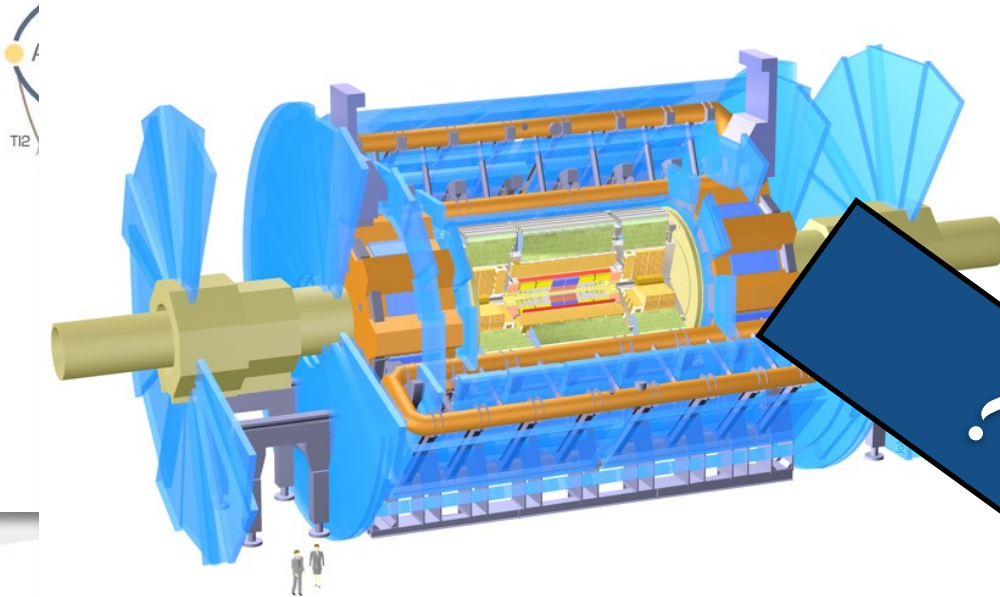


# A Madártávlat

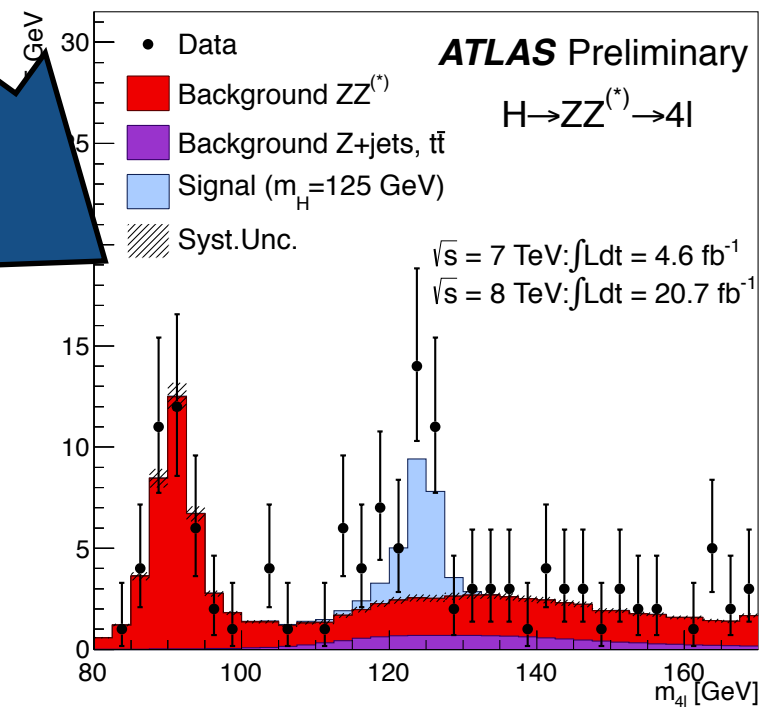


CERN Accelerator Complex

Létrehozzuk az “érdekes”  
Érzékeljük a kijövő  
részecskéket  
(Varga Dezső előadása)



Levonjuk a fizikára vonatkozó  
következtetéseket  
(Újvári Balázs és Veres Gábor  
előadásai)



# Technikailag...



```
krasznaa — ssh — 120x35
Warning: atlas-condb /cvmfs/atlas-condb.cern.ch/repo/conditions may be stale
2015Aug15 13:41 | lxcvms64.cern.ch | 1439638917
[bash][pcadp02]:~ > asetup AtlasProduction,20.1.6.1
Using AtlasProduction/20.1.6.1 with platform x86_64-slc6-gcc48-opt
  at /cvmfs/atlas.cern.ch/repo/sw/software/x86_64-slc6-gcc48-opt/20.1.6
Test area: /afs/cern.ch/user/k/krasznaa
[bash][pcadp02]:~ > dump-llct-data -n 2 /home/krasznaa/data/data15/RAW/data15_13TeV.00267167.physics_Main.merge.RAW/data
15_13TeV.00267167.physics_Main.merge.RAW._lb0428._SFO-1._0001.1
-----
MuCTPI DAQ fragment found!
ROD Fragment (All) | ee1234ee 00000009 03010000 00760000 0004139f
                   | 58007462 00000007 00000084 00000000 20180000
                   | 201c0000 20000000 00000000 00000000 00000002
                   | 00000003 00000001
ROD Header run no  | 0x4139f (267167)
ROD Header BCID   | 0x7 (7)
ROD Header LVL1 ID| 0x58007462
ROD Header trig-type| 0x84
ROD Data Mult word | 0x20180000
Pt1 Mult          | 0
Pt2 Mult          | 0
Pt3 Mult          | 0
Pt4 Mult          | 0
Pt5 Mult          | 0
Pt6 Mult          | 0
BCID              | 6
ROD Data Mult word | 0x201c0000
Pt1 Mult          | 0
Pt2 Mult          | 0
Pt3 Mult          | 0
Pt4 Mult          | 0
Pt5 Mult          | 0
Pt6 Mult          | 0
BCID              | 7
ROD Data Mult word | 0x20000000
```

# Technikailag...



Warning: atlas-condb /cvmfs/atlas-condb.cern.ch/repo/conditions may be stale  
2015Aug15 13:41 | [username@hostname] | 1428628017  
[bash][pcadp02]:~  
Using AtlasProduct  
at /cvmfs/  
Test area: /afs/ce  
[bash][pcadp02]:~  
15\_13TeV.00267167.  
-----  
MuCTPI DAQ fragmen  
ROD Fragment (A

ATLAS  
EXPERIMENT  
<http://atlas.ch>

ROD Header run  
ROD Header B  
ROD Header LVL1  
ROD Header trig-t  
ROD Data Mult w  
Pt1 M  
Pt2 M  
Pt3 M  
Pt4 M  
Pt5 M  
Pt6 M  
B  
ROD Data Mult w  
Pt1 M  
Pt2 M  
Pt3 M  
Pt4 M  
Pt5 M  
Pt6 M  
B  
ROD Data Mult w

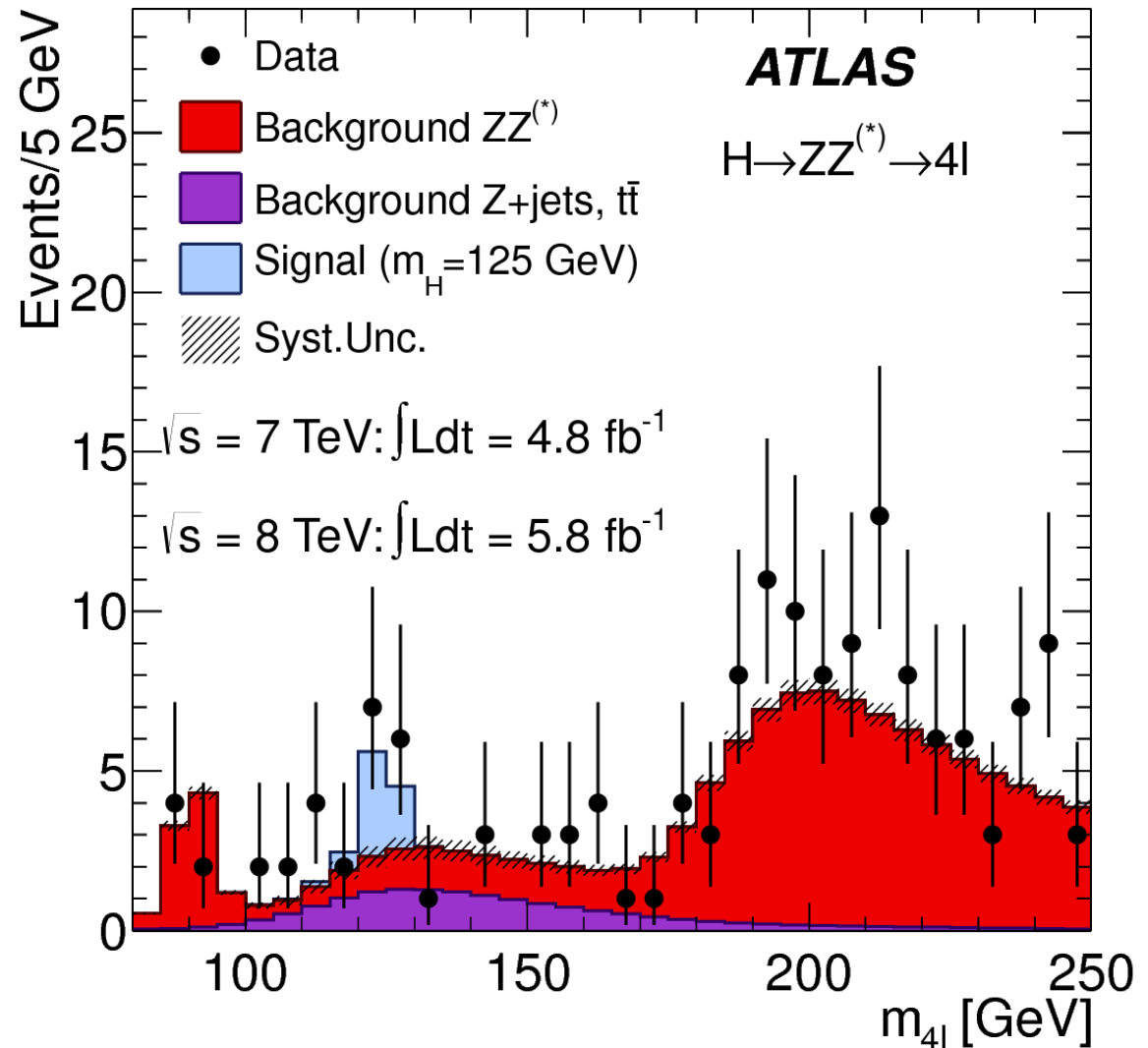
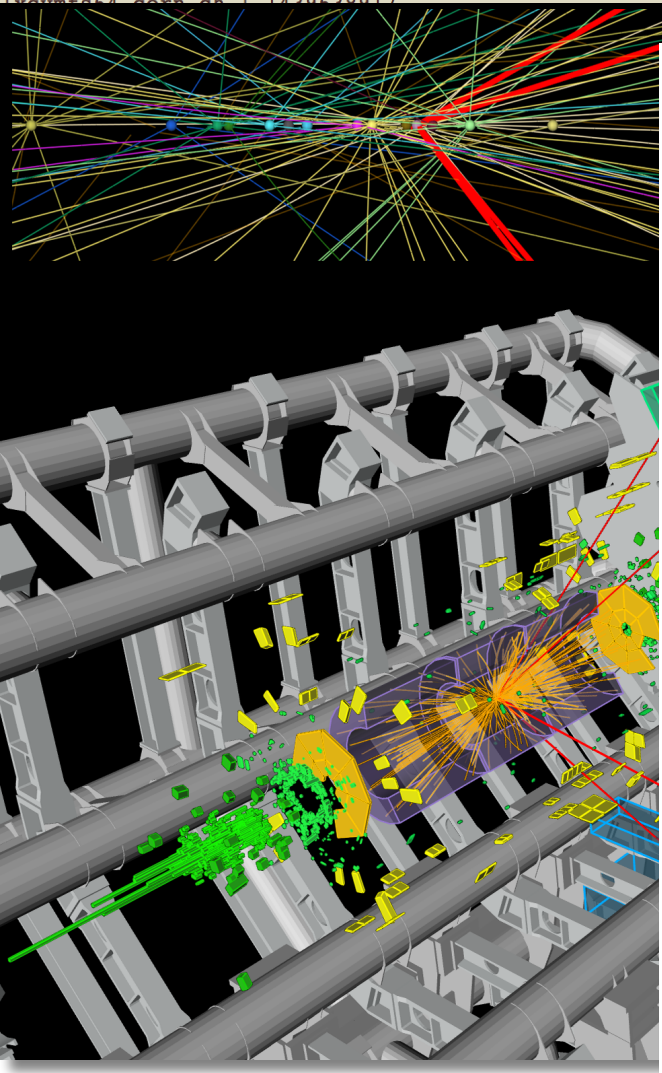
Run: 204769  
Event: 71902630  
Date: 2012-06-10  
Time: 13:24:31 CEST

# Technikailag...



```
Warning: atlas-condb /cvmfs/atlas-condb.cern.ch/repo/conditions may be stale
2015Aug15 13:41 | | |
[bash][pcadp02]:~
Using AtlasProduct
at /cvmfs/
Test area: /afs/ce
[bash][pcadp02]:~
15_13TeV.00267167.
-----
MuCTPI DAQ fragmen
ROD Fragment (A

ROD Header run
ROD Header B
ROD Header LVL1
ROD Header trig-t
ROD Data Mult w
Pt1 M
Pt2 M
Pt3 M
Pt4 M
Pt5 M
Pt6 M
B
ROD Data Mult w
Pt1 M
Pt2 M
Pt3 M
Pt4 M
Pt5 M
Pt6 M
B
ROD Data Mult w
```





# Adat-analízis Madártávlatból



- Minden adatot és szimulációt ugyanúgy feldolgozunk.
- Olyan mennyiségeket akarunk megmérni az adatokban amiknek a segítségével a fizikára tudunk következtetni.
- Mindezt sok alkalommal végezzük el egymás után, hogy a mérés bizonytalanságait meg tudjuk becsülni
- A kísérleti fizikus diákok/doktoranduszok ennek a menetét tanulják, sokszor éveken keresztül
- A technikai részletekkel pedig még ők is ritkán vannak tisztában...



- 1 db ATLAS esemény mérete: kb. 1.6 MB
  - Teljes intenzitás mellett ~40 millió eseményt “kapunk” másodpercenként (64 TB/s???)
- Az elsődleges eseményválogatás (trigger) kb. 1000 eseményt választ ki másodpercenként
  - Ezzel még mindig >50 TB adatot rögzítünk naponta
- Évente kb. 1 milliárd eseményt rögzítünk, és kb. 3 milliárd eseményt szimulálunk
  - 1 esemény teljes szimulálása: kb. 5 perc
  - 1 esemény rekonstruálása: kb. 20 másodperc
- -> Sok-sok millió “processzor órát” és O(100) PB tárhelyet használunk
  - És sok-sok pénzt költünk el közben.



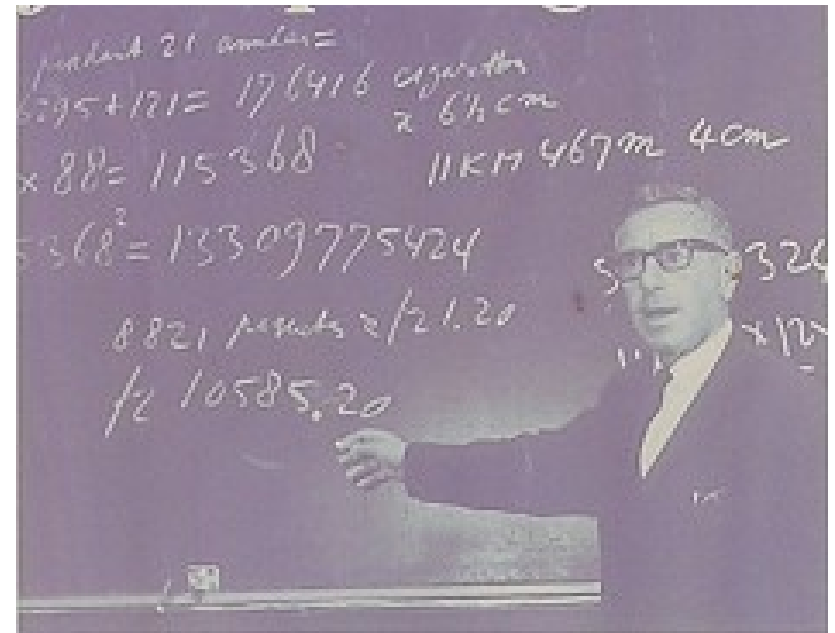
**A CERN-i  
Számítástechnika  
(Rövid) Története**

# A kezdetek...



Wim Klein

Képes volt egy 133 számjegyből álló szám 19. gyökét fejben meghatározni. Egyszerű matematikai műveletekben jóval gyorsabb volt kora számítógépeinél.



# Az első számítógépek



1958–61: AZ első valódi nagyszámítógép a CERN-ben, a MERCURY. Két 40 bites szám összeadása 180, szorzása 300 us-ig tartott. Lyukszallag programozás. 1966-ban elajándékozták a lengyel 'ásványtani és bányászati' minisztériumnak.



# Az első számítógépek



1961-63: Az IBM709 4x gyorsabb a MERCURY-nál. Mágnes szallagos egység 200 bpi sűrűséggel ír/olvas.

Támogatja a FORTRAN programozási nyelvet !



# Megjelent az Internet...

Mi az Internet ? – Az Internet összekapcsolt számítógépek millióinak rendszere. Neve az 'Interconnected networks' kifejezésre utal. A kapcsolat lényege nem a kábel vagy a rádiókapcsolat, hanem a közös nyelv (protokoll).

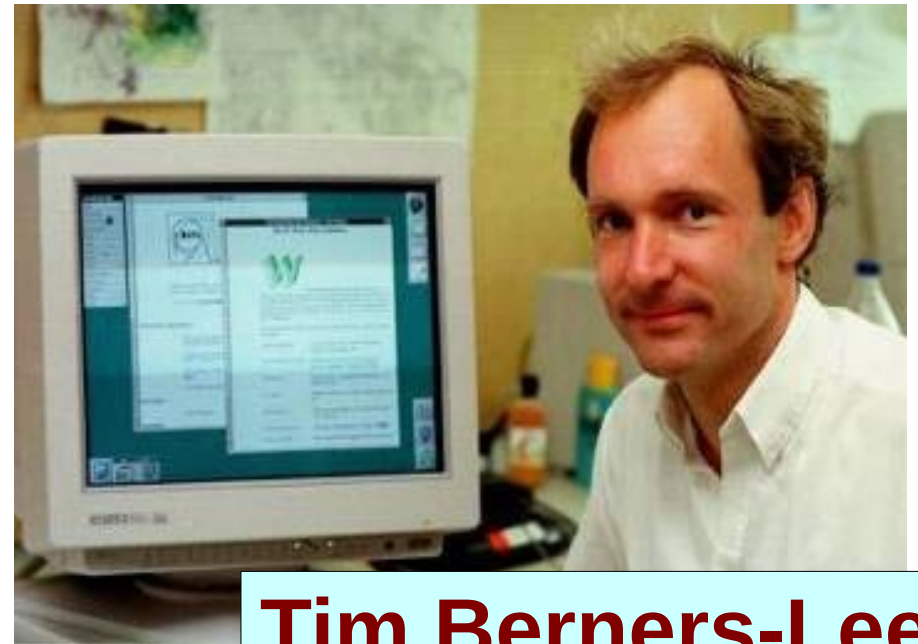
A protokoll – A protokoll az egymással való kapcsolattartás és információcsere szabályainak összessége. Az Interneten való kommunikációhoz a Transmission Control Protokol/Internet Protokolt használjuk.

A TCP/IP – A TCP/IP óriási előnye, hogy rengeteg, teljesen különböző hálózaton használható. Ez a tulajdonsága kulcsfontosságú volt az Internet gyors elterjedésében.

# ...és a WEB.

A World Wide Web (WWW) – 'csak' egy, az Internetet használó szolgáltatás. (WEB  $\neq$  Internet !!!). Segítségével információt oszthatunk meg, tehetünk nyilvánossá. A felhasználó a dokumentumokat feltölti egy webszerverre, amelynek egyedi címe (web address, vagy Uniform Resource Locator, URL) segítségével utalhatunk dokumentumokra.

Kezdetben – az információmegosztás statikus és egyirányú volt. Manapság a többirányú információmegosztást is támogató interaktív weboldalak, portálok, blogok uralják az internetet.



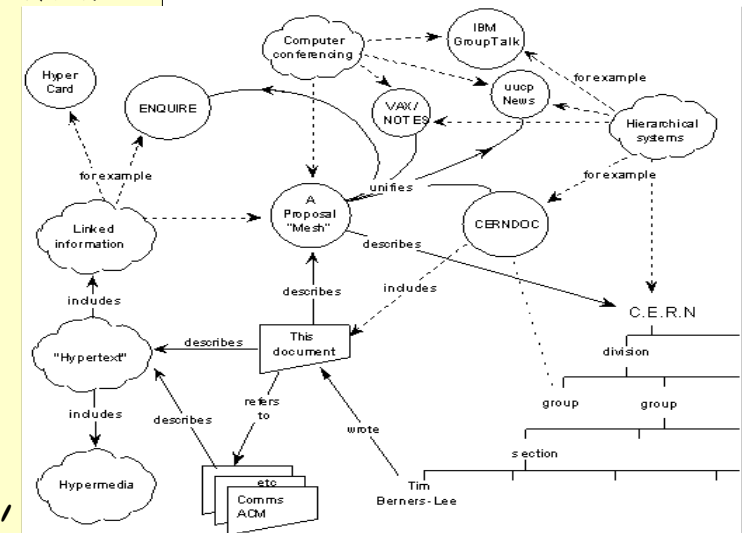
**Tim Berners-Lee**



# Miért is a CERN-ben fejlesztették ki a Web-et ?



- A tudományos kutatásban rendkívül fontos az információ és az ötletek szabad áramlása.
- A CERN 80 országában dolgozó 6500 kutató nagy közös barkácsolóműhelye.
- Az LHC tervezésekor kritikus fontosságúvá vált az információ gyors, könnyű és globális megosztásának megvalósítása.
- 1989: Tim Berners-Lee javaslata az LHC információs rendszerére
- 1991: első www rendszerek
- 1993: első és sokáig népszerű Mosaic browser, ekkor már 500 webserverver, 1%-os forgalom ! :-)

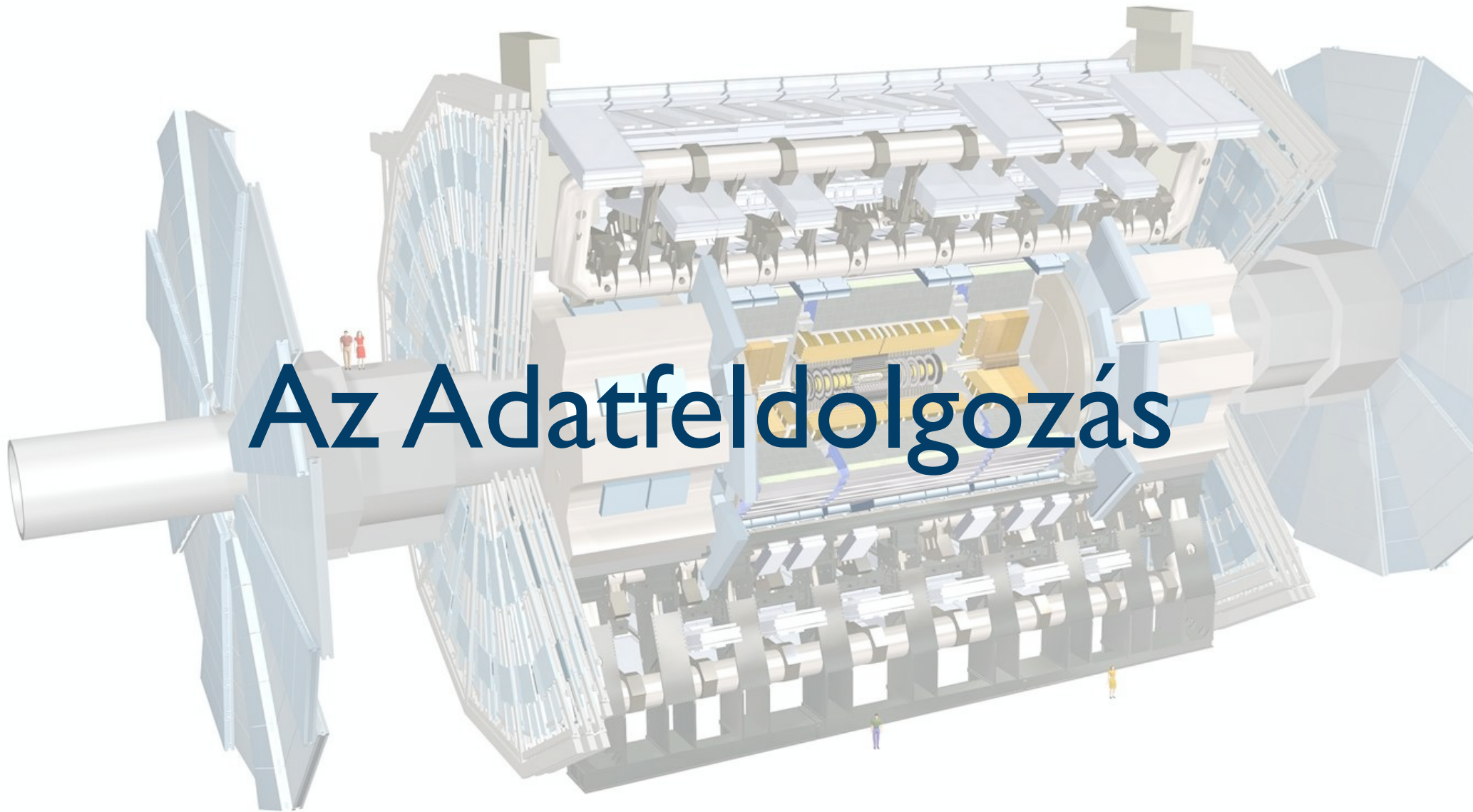


# És mi a Grid ?

A Grid - egy, az Internetre épülő szolgáltatás, csakúgy mint a Web. A Gridhez kapcsolt eszközök nem csak információt, osztanak meg, hanem tárterületet, számítási kapacitást, adatszázis információt, alkalmazásokat, hálózati forgalmat is !

- **Neve** az elektromos hálózatok analógiájára lett kitalálva.
- **Hasonlat:** Fogyasztók és szolgáltatók → kenyérszárító és erőmű
- **Ötlet:** Évtizedek óta létezik, de globális méretekben csak most valósult meg.



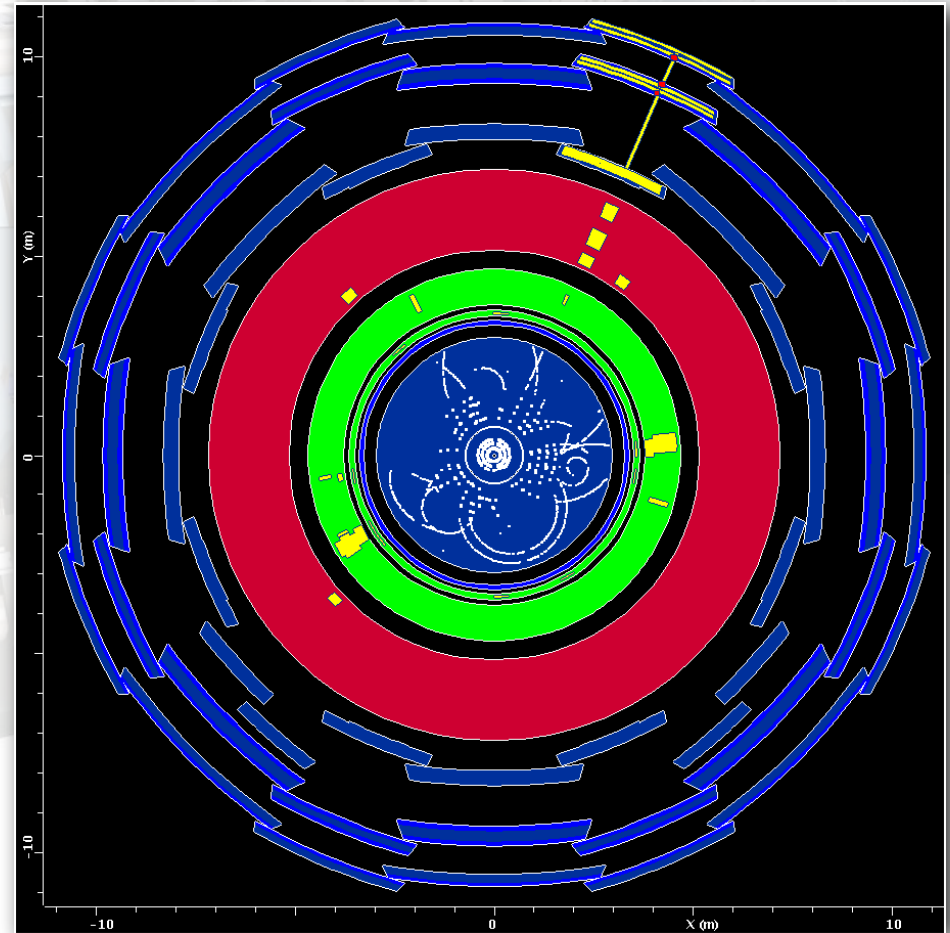
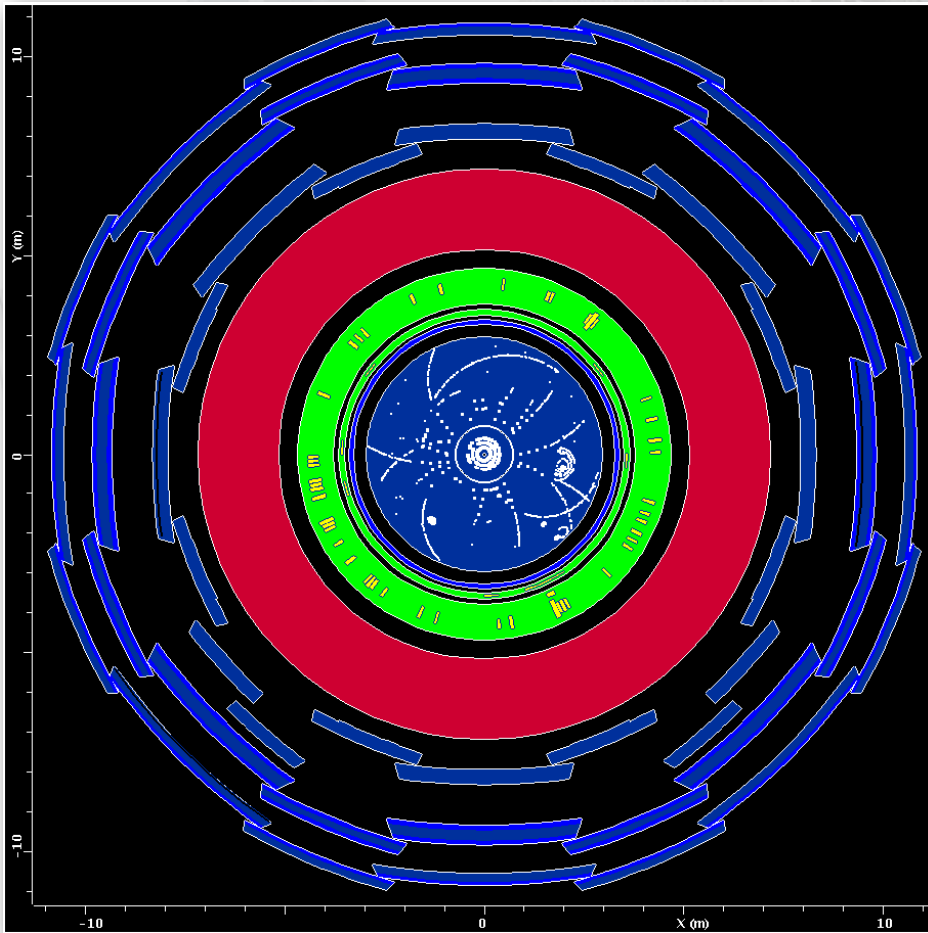


# Az Adatfeldolgozás

# Adatgyűjtés



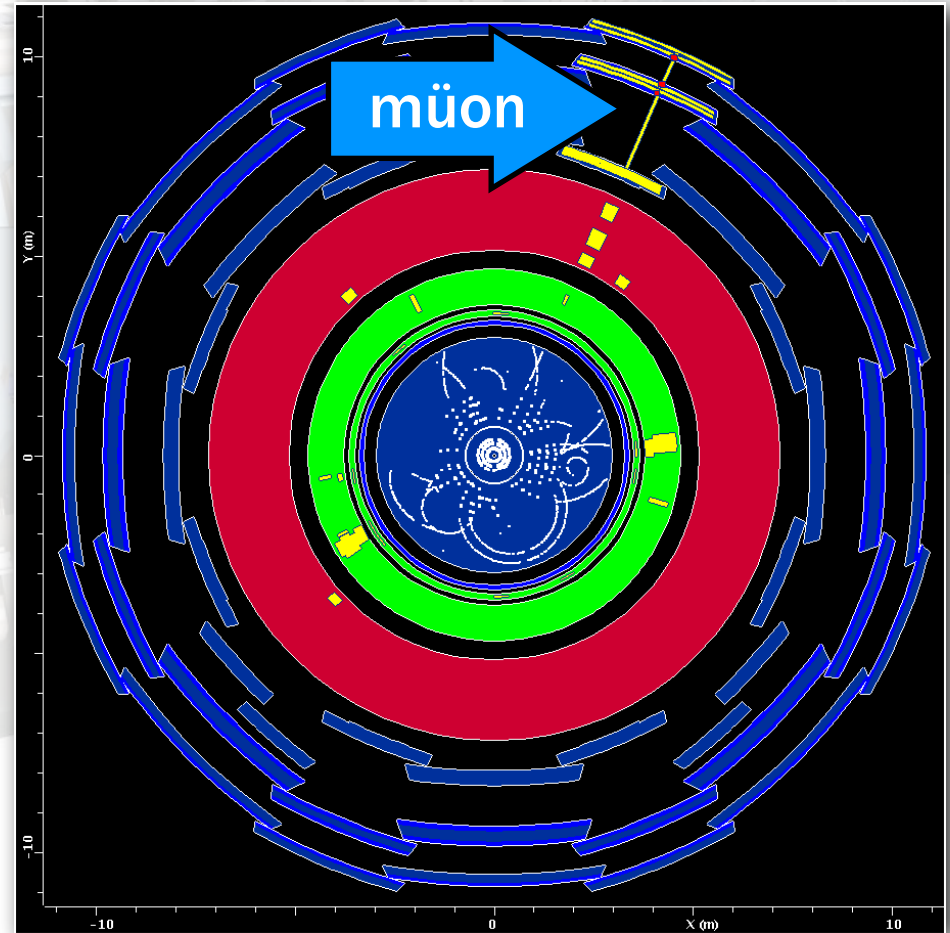
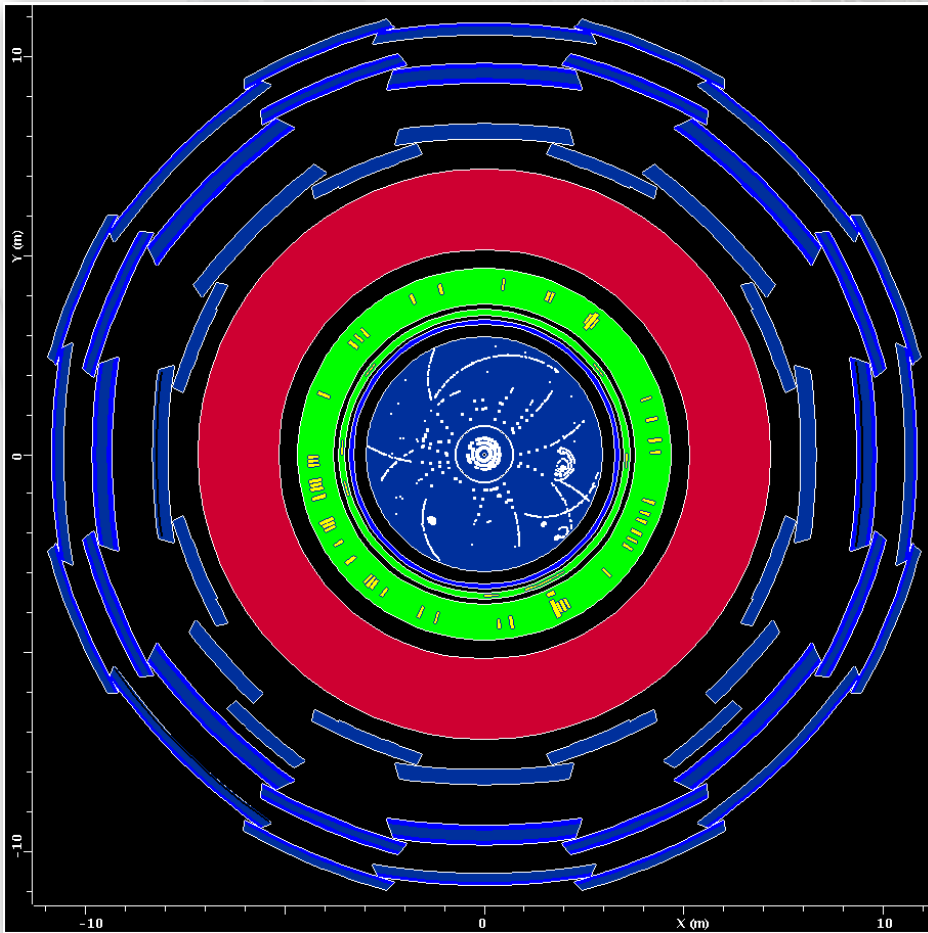
- Nem tudunk minden érzékelt eseményt rögzíteni
- Azokat, amiktől nem várunk új fizikát, azonnal el kell dobjunk
  - Hogyan?



# Adatgyűjtés



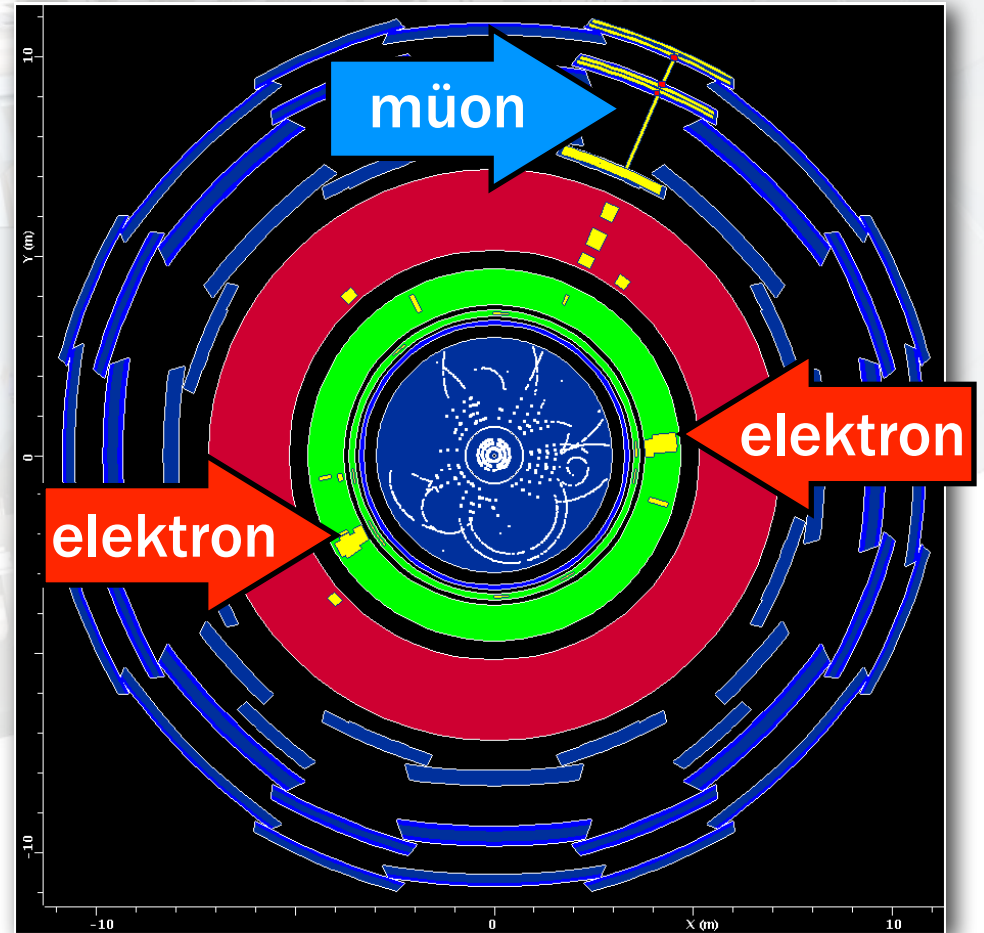
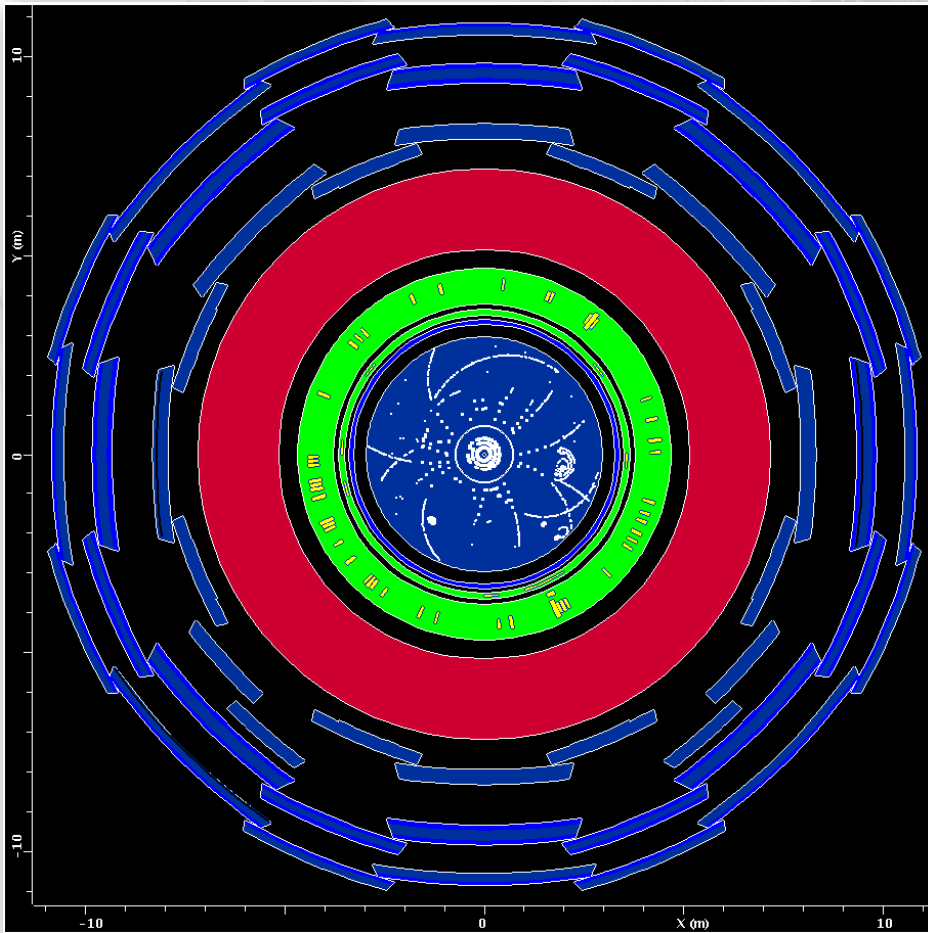
- Nem tudunk minden érzékelt eseményt rögzíteni
- Azokat, amiktől nem várunk új fizikát, azonnal el kell dobjunk
  - Hogyan?



# Adatgyűjtés



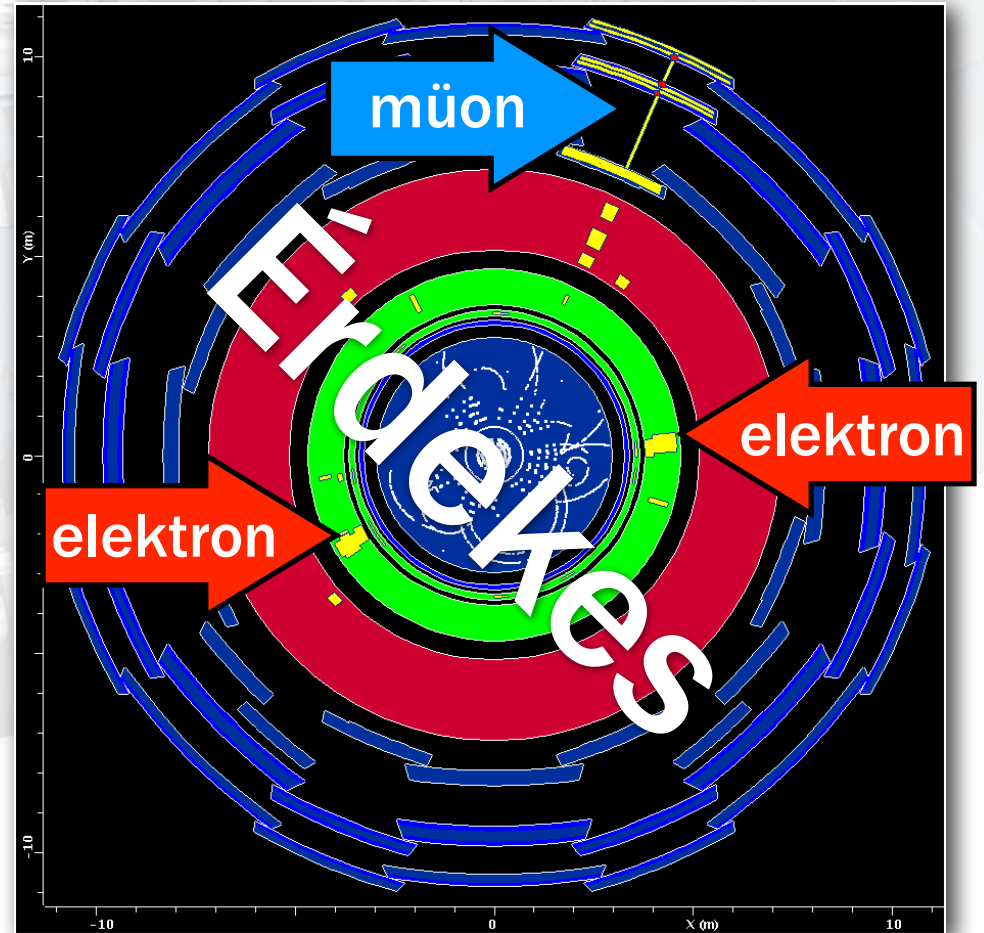
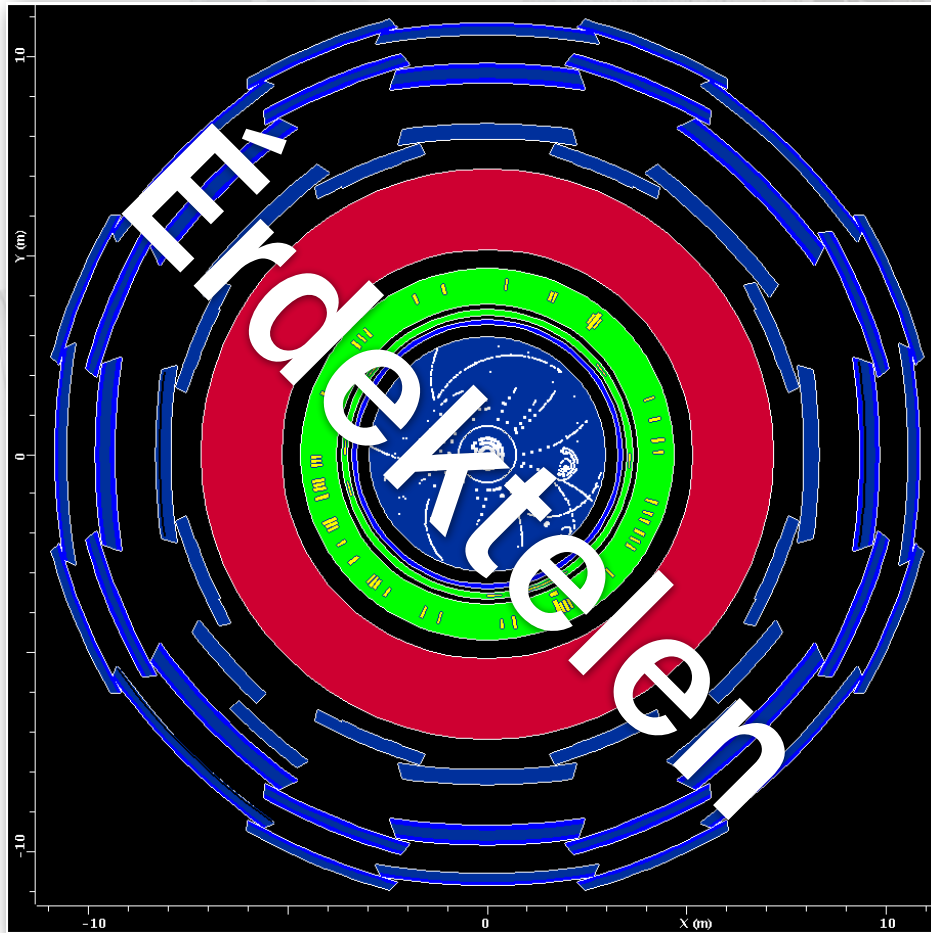
- Nem tudunk minden érzékelt eseményt rögzíteni
- Azokat, amiktől nem várunk új fizikát, azonnal el kell dobjunk
  - Hogyan?



# Adatgyűjtés



- Nem tudunk minden érzékelt eseményt rögzíteni
- Azokat, amiktől nem várunk új fizikát, azonnal el kell dobjunk
  - Hogyan?

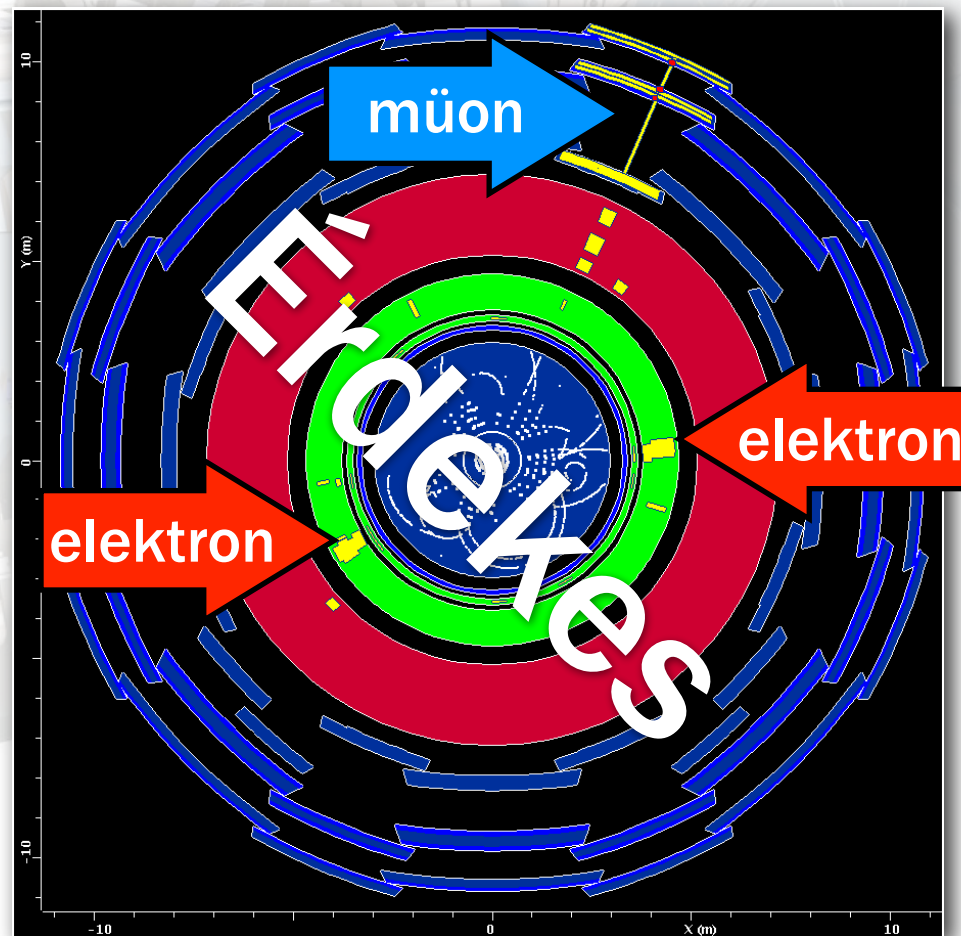
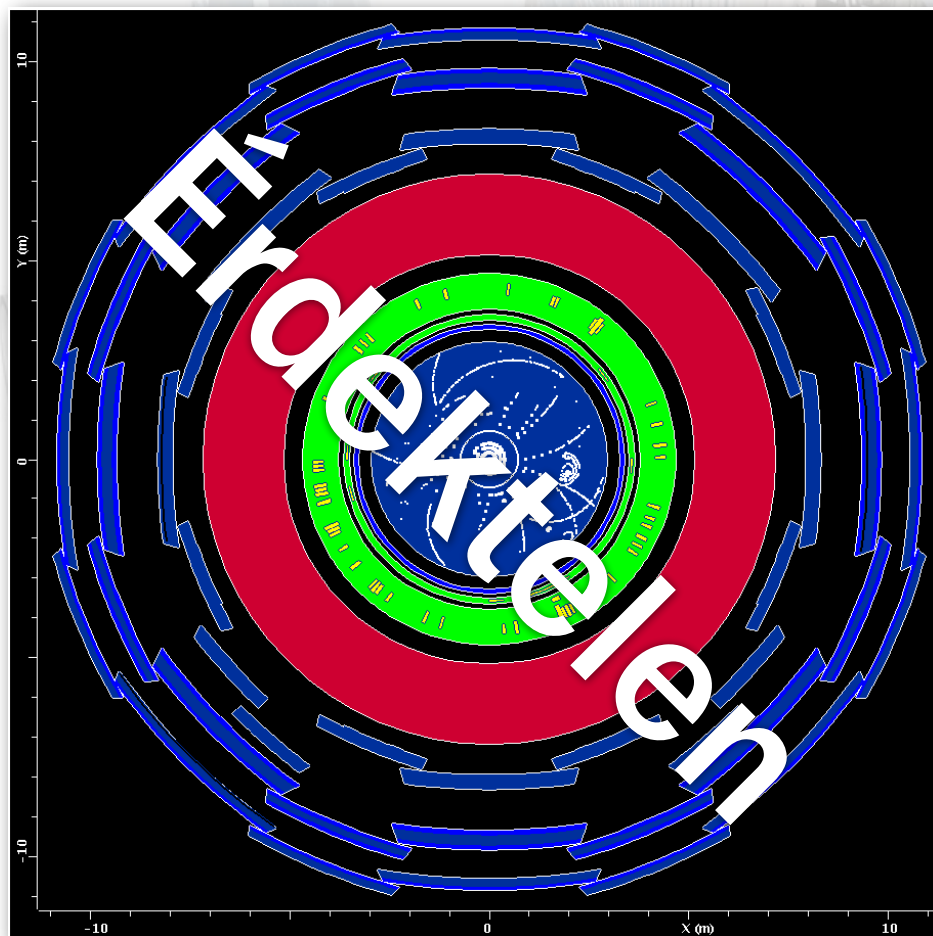


“Online” szoftver

# Adatgyűjtés



- Nem tudunk minden érzékelt eseményt rögzíteni
- Azokat, amiktől nem várunk új fizikát, azonnal el kell dobjunk
- Hogyan?

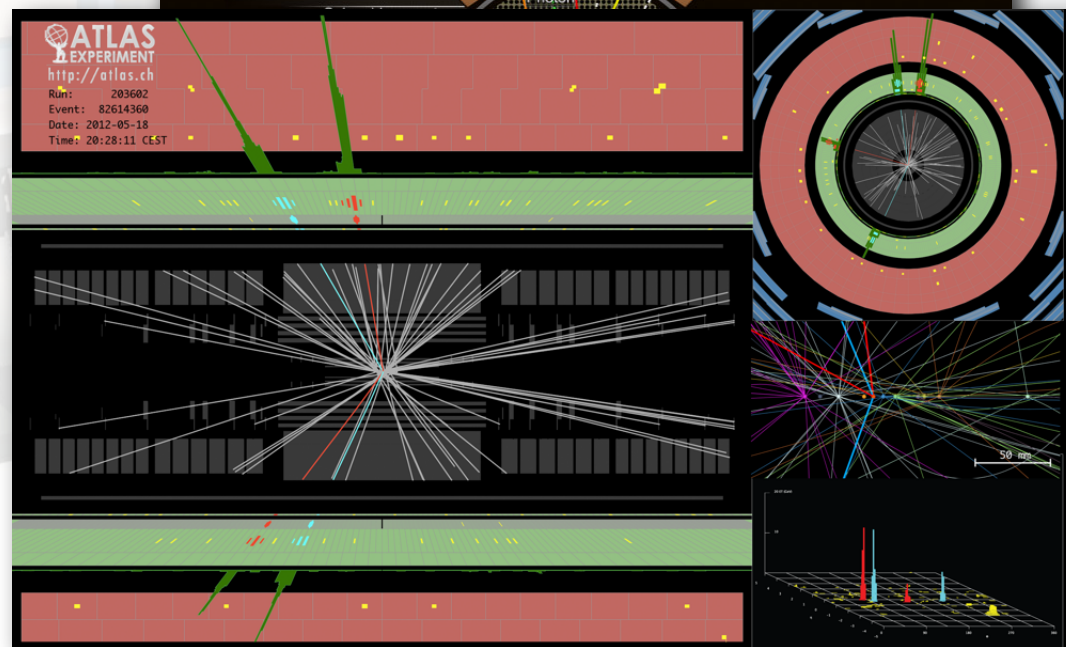
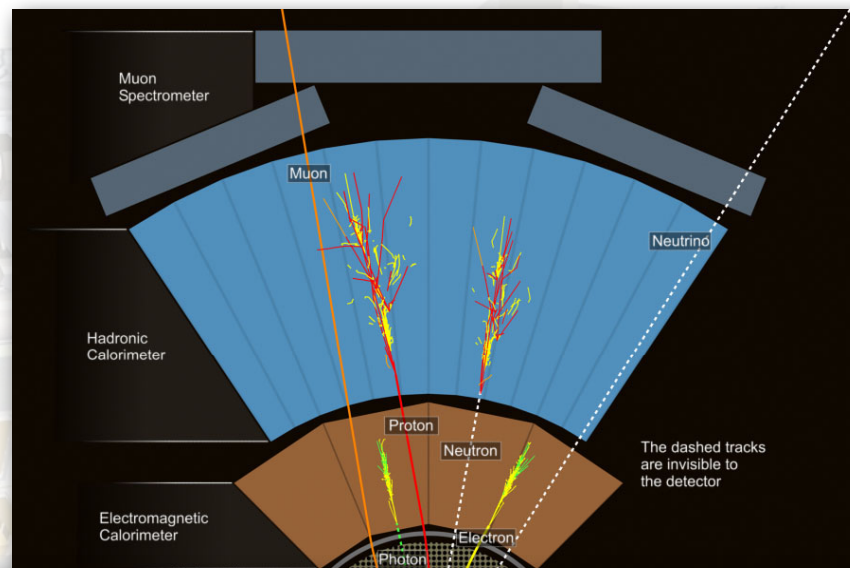




# Rekonstrukció



- A kísérletek saját szoftvert írnak/írtak a bejövő adataik első feldolgozásához
  - Hasonló ahhoz, ahogyan egy digitális fényképezőgép létrehozza a képet az érzékelőjéből jövő jelek alapján
- A világ legösszetettebb szoftverei...
  - Az ATLAS-ban ez kb. 8 millió sor programkód (>\$200M)
  - Csak a legnagyobb vállalatok írnak még szoftvert ilyen léptékben...

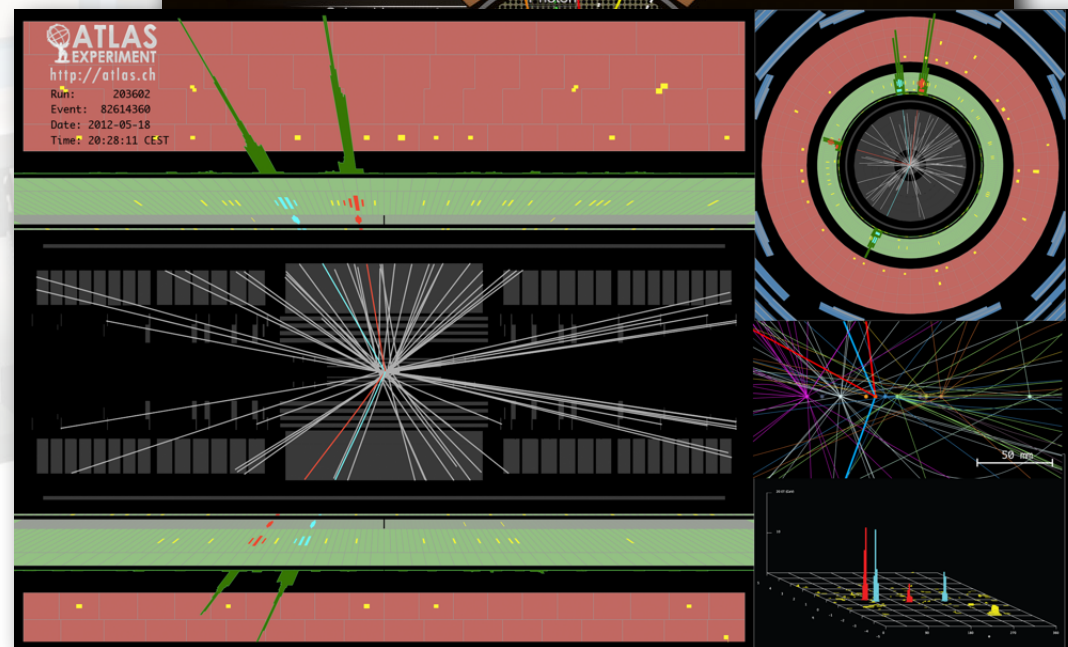
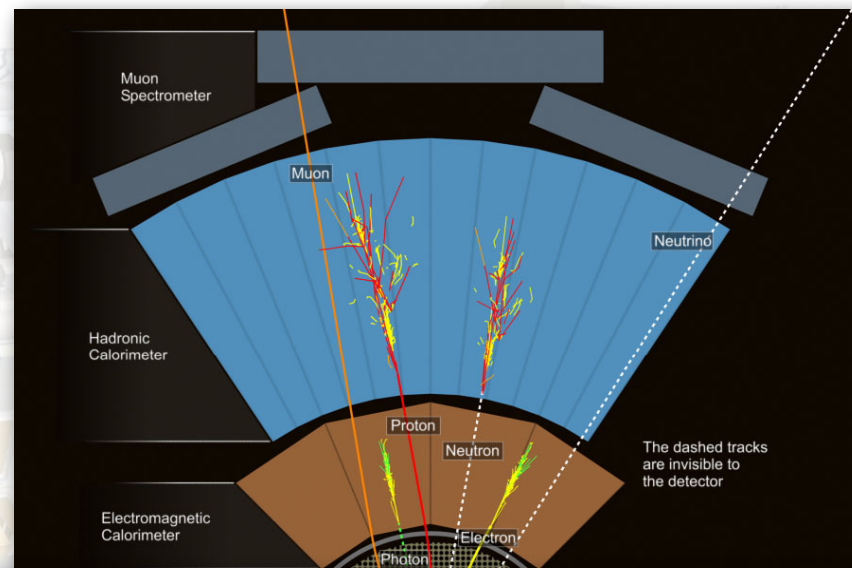


“Offline” szoftver

# Rekonstrukció



- A kísérletek saját szoftvert írnak/írtak a bejövő adataik első feldolgozásához
- Hasonló ahhoz, ahogyan egy digitális fényképezőgép létrehozza a képet az érzékelőjéből jövő jelek alapján
- A világ legösszetettebb szoftverei...
  - Az ATLAS-ban ez kb. 8 millió sor programkód (>\$200M)
  - Csak a legnagyobb vállalatok írnak még szoftvert ilyen léptékben...



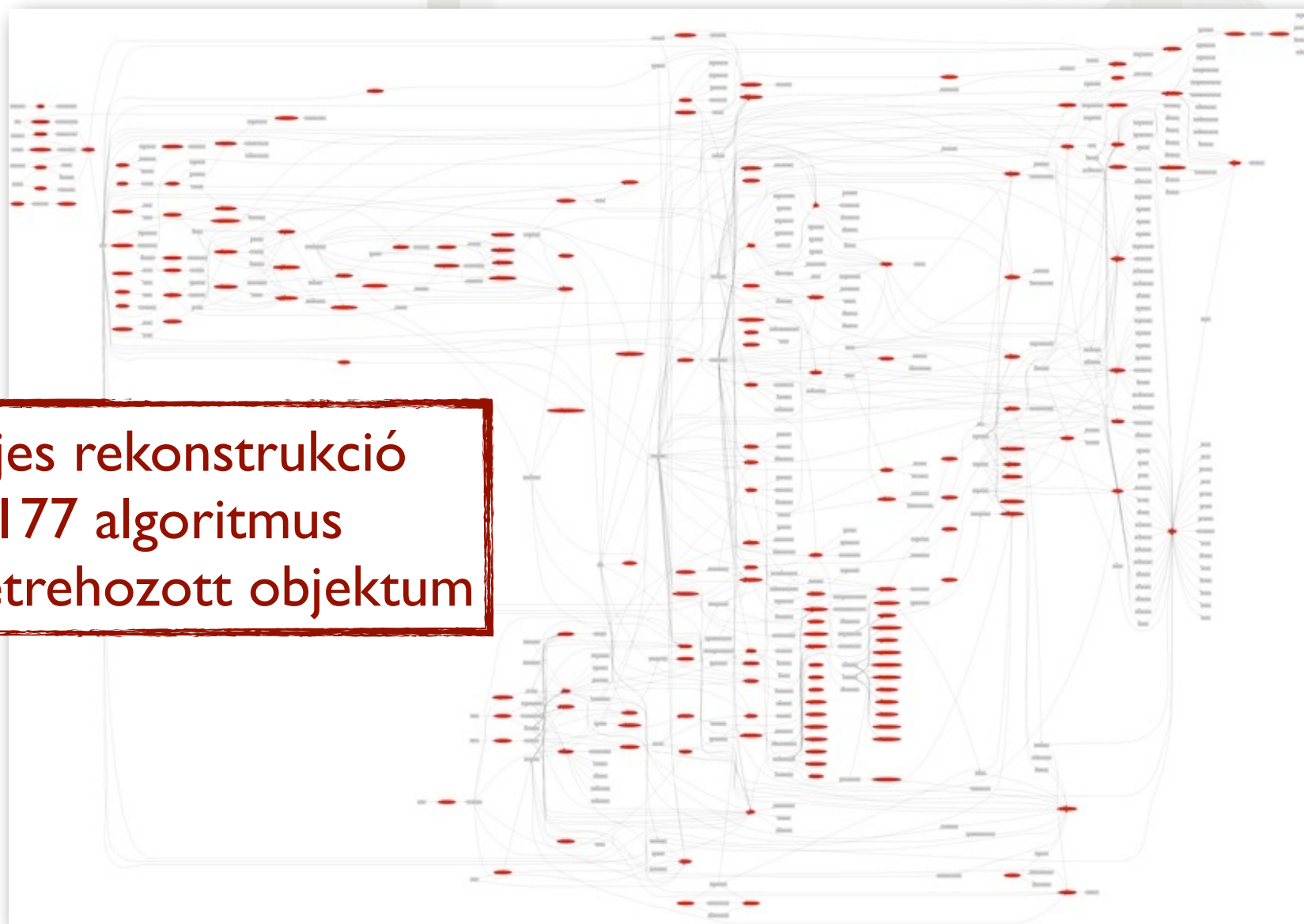
# A Szoftver

- Egymás után futtatott, egymástól “nagyban független” algoritmusok összessége



A kaloriméter  
rekonstrukció

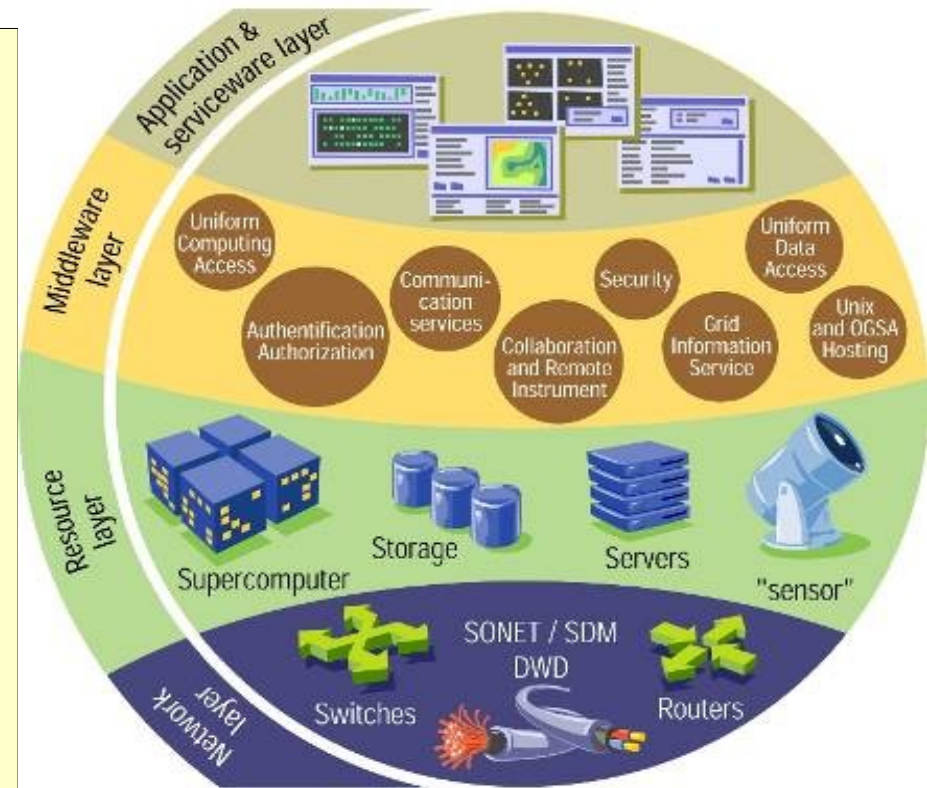
# A Szoftver



Teljes rekonstrukció  
177 algoritmus  
372 létrehozott objektum

# Hogyan működik?

- A Gridet egy 'speciális' szoftver az ún. middleware (köztesréteg) tartja életben.
- A middleware 'automatikusan megtalálja' a felhasználó számára szükséges adatsomagokat és legmegfelelőbb végrehajtási helyet (számítógépet).

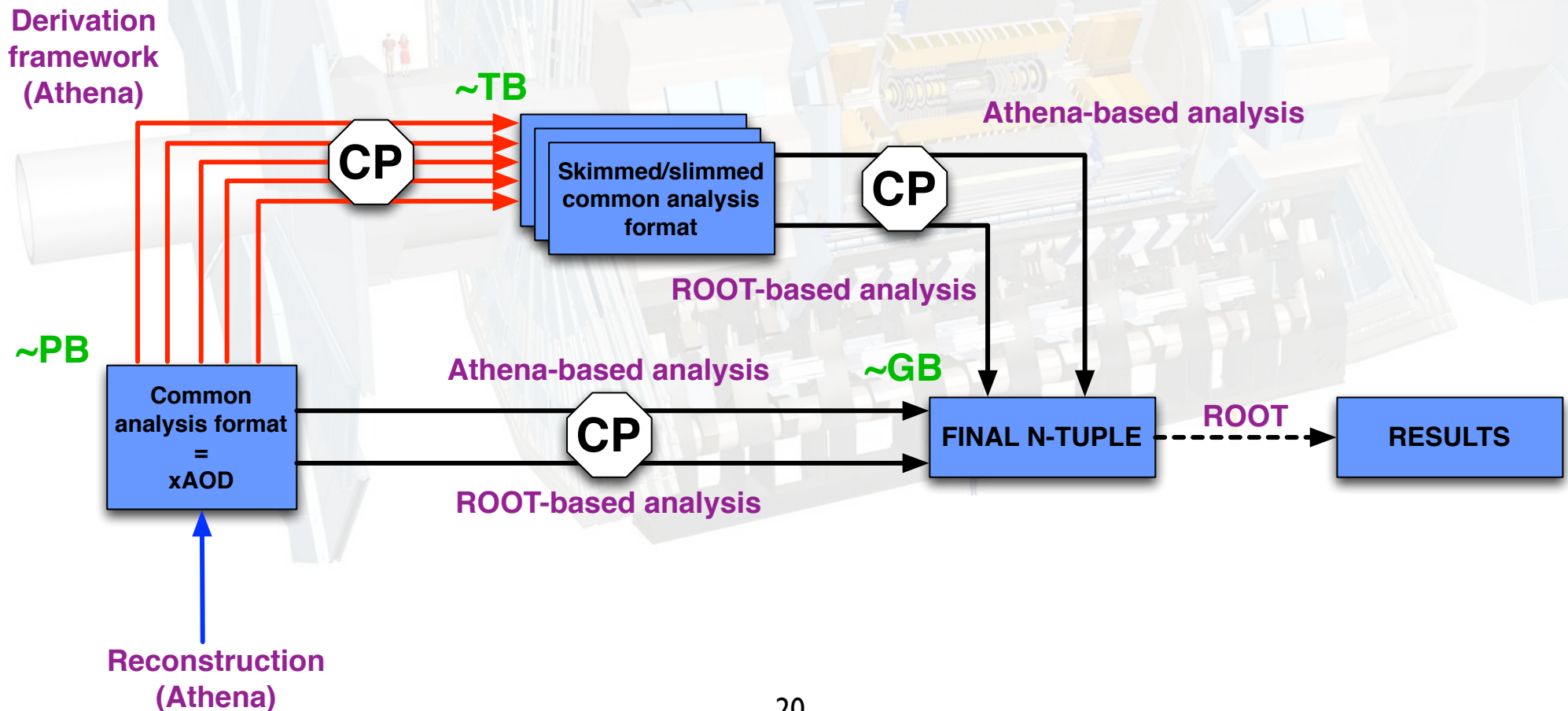


- A middleware feladata továbbá a számítási terhelések egyenlő elosztása, a hálózati biztonság megteremtése, az erőforrások felügyelete, monitorozása, naplózás, számlázás es sok minden más.

# Analízis Modell



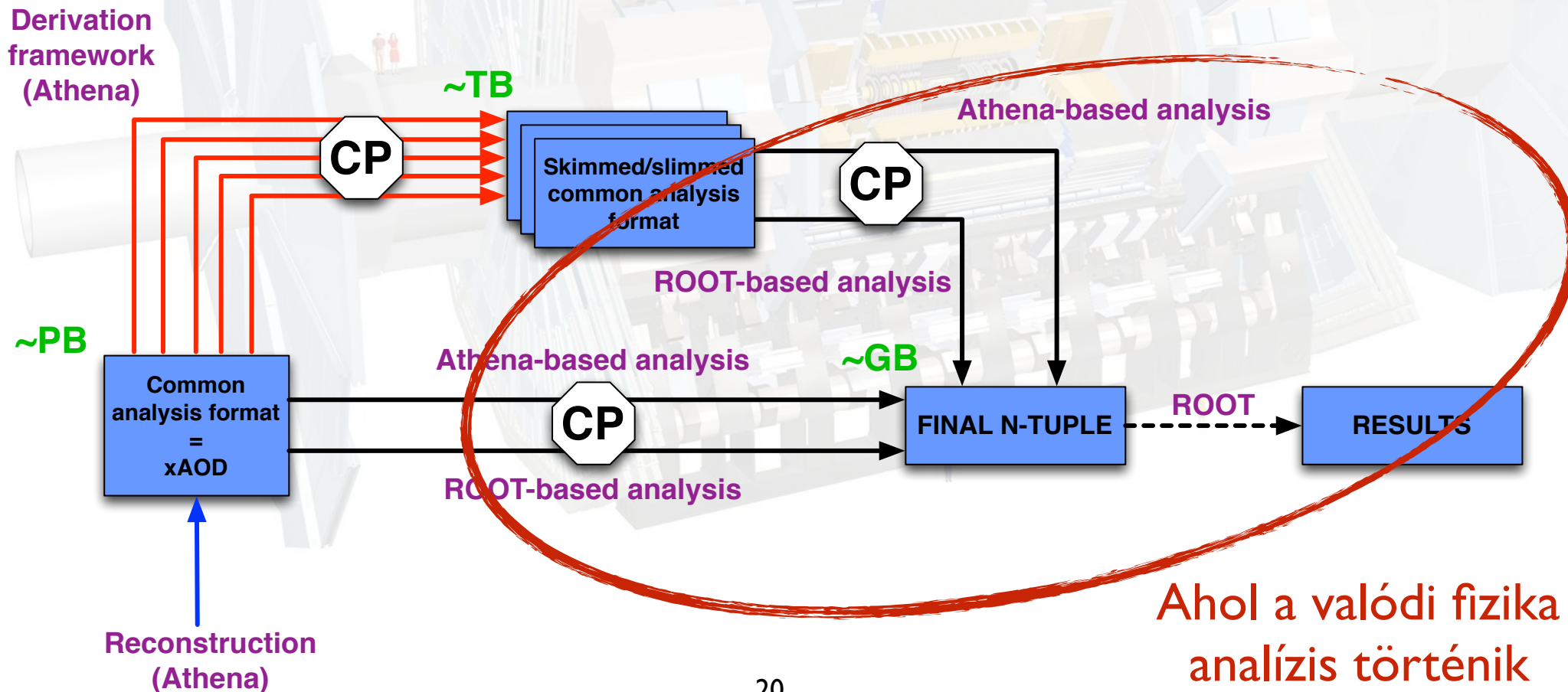
- Az adatokat központilag szervezve rekonstruáljuk, és hozunk létre PB nagyságú adatszetteket
- Ezeket analizálni viszont továbbra sem triviális
  - Sok ezer fizikus nem futtathatja az analízisét mind a teljes adaton



# Analízis Modell



- Az adatokat központilag szervezve rekonstruáljuk, és hozunk létre PB nagyságú adatszetteket
- Ezeket analizálni viszont továbbra sem triviális
  - Sok ezer fizikus nem futtathatja az analízisét mind a teljes adaton



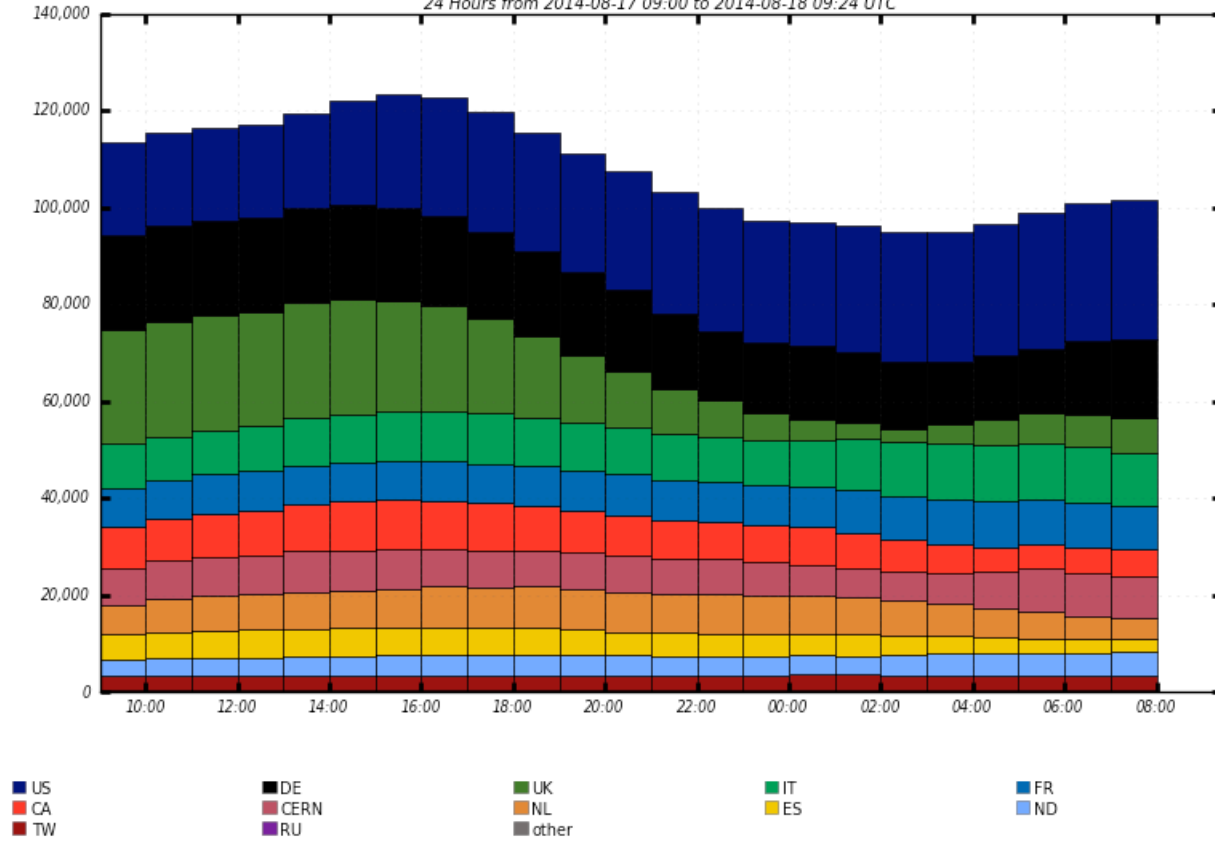
# A Feladatok a Griden



dashboard

Running jobs

24 Hours from 2014-08-17 09:00 to 2014-08-18 09:24 UTC



Maximum: 123,515 , Minimum: 94,958 , Average: 108,124 , Current: 101,505



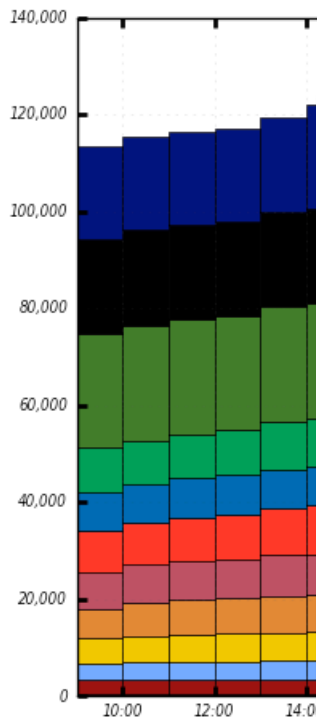


# A Feladatok a Griden

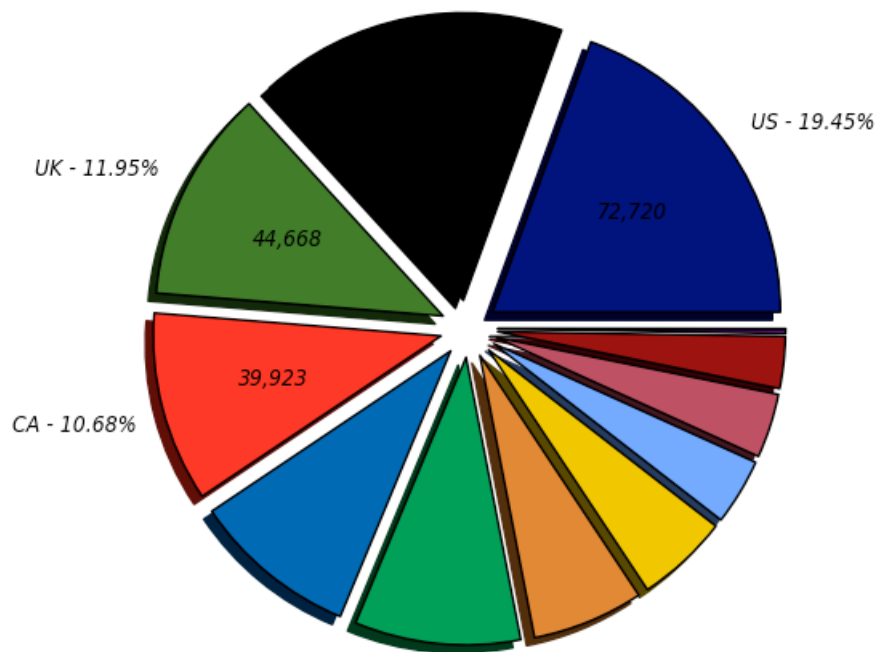


Running jobs

24 Hours from 2014-08-17 09:00 to 2014-08-18 09:24 UTC



Completed jobs (Sum: 373,861)  
DE - 17.33%



- US
- CA
- TW
- DE
- CERN
- RU

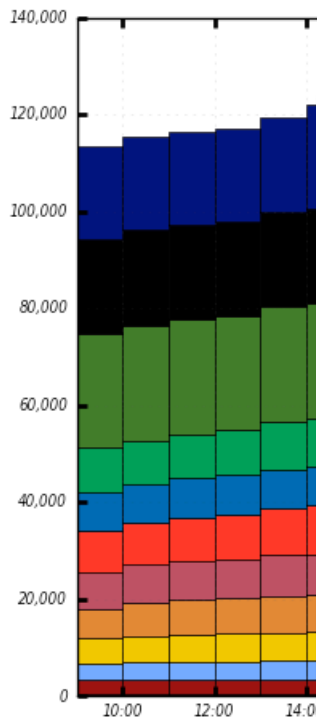
- |                        |                        |                         |                        |                         |
|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| ■ US - 19.45% (72,720) | ■ DE - 17.33% (64,795) | ■ UK - 11.95% (44,668)  | ■ CA - 10.68% (39,923) | ■ FR - 9.32% (34,847)   |
| ■ IT - 9.32% (34,834)  | ■ NL - 6.26% (23,411)  | ■ ES - 5.18% (19,377)   | ■ ND - 3.73% (13,927)  | ■ CERN - 3.61% (13,495) |
| ■ TW - 2.92% (10,903)  | ■ RU - 0.24% (902.00)  | ■ other - 0.02% (59.00) |                        |                         |

# A Feladatok a Griden



Running jobs

24 Hours from 2014-08-17 09:00 to 2014-08-18 09:24 UTC

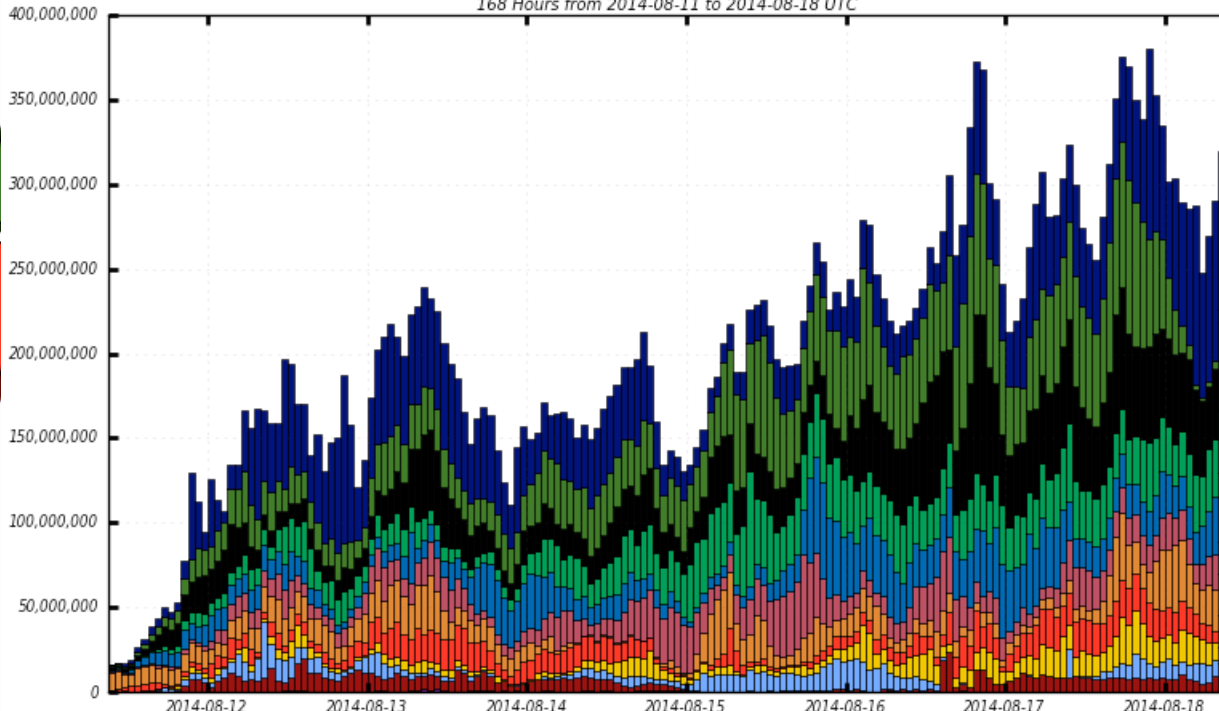


Completed jobs (Sum: 373,861)  
DE - 17.33%



CPU consumption All Jobs in seconds

168 Hours from 2014-08-11 to 2014-08-18 UTC



US - 19.45% (72,720) DE - 17  
IT - 9.32% (34,834) NL - 6.2  
TW - 2.92% (10,903) RU - 0.2

US UK DE IT FR  
CA CERN NL CA ES  
TW RU other

Maximum: 380,546,784 , Minimum: 16,434,253 , Average: 202,260,220 , Current: 319,381,883

# Összefoglalás



- Az LHC adatainak feldolgozása hatalmas számítástechnikai kapacitásokat igényel
- Kizárólag világméretű összefogással teremthető ez elő -> Ez a GRID
- Sok százezer processzor, néhányszor 100 PB tárolókapacitás, ...
- A kollaborációkban sok ember csak az adatok feldolgozásának szervezésével foglalkozik
- Ugyancsak sok ember szükséges magának a feldolgozó-szoftvernek a fejlesztéséhez
- Csak a legnagyobb szoftvercégek végeznek hasonló méretű fejlesztéseket az egész világon!