

Computing for HEP experiments



Outline of this course

1. Introduction to challenges for computing at HEP
Overview of root framework (for exercises)

<http://th-www.if.uj.edu.pl/~erichter/Dydaktyka2008/OEF-2008>

Many thanks to colleagues from LHC collaborations for making available large parts of material shown here. Parts of the lectures comes from courses for Academic Training and Summer Schools programs at CERN.

CERN and LHC

The Large Hadron Collider (LHC), currently being built at CERN near Geneva, is the largest scientific instrument on the planet.

When it begins collisions in 2009, it will produce roughly 15 Petabytes (15 million Gigabytes) of data annually, which thousands of scientists around the world will access and analyse.

The mission of the Worldwide LHC Computing Grid (LCG) project is to build and maintain a data storage and analysis infrastructure for the entire high energy physics community that will use the LHC.

CERN and LHC

When the LHC accelerator is running optimally, access to experimental data needs to be provided for the 5000 scientists in some 500 research institutes and universities worldwide that are participating in the LHC experiments. In addition, all data need to be available over the 15 year estimated lifetime of the LHC.

The analysis of the data, including comparison with theoretical simulations, requires of the order of 100 000 CPUs at 2006 measures of processing power.

A traditional approach would be to centralize all of this capacity at one location near the experiments. In the case of the LHC, however, a novel globally distributed model for data storage and analysis - a computing and data Grid - was chosen.

LHC at CERN laboratory

CERN: the world's largest particle physics laboratory

- international organisation created in 1953/1954, initial membership: 12 countries
- Poland is a member starting from year 1991
- About 10 000 active physicists, computing scientists, engineers



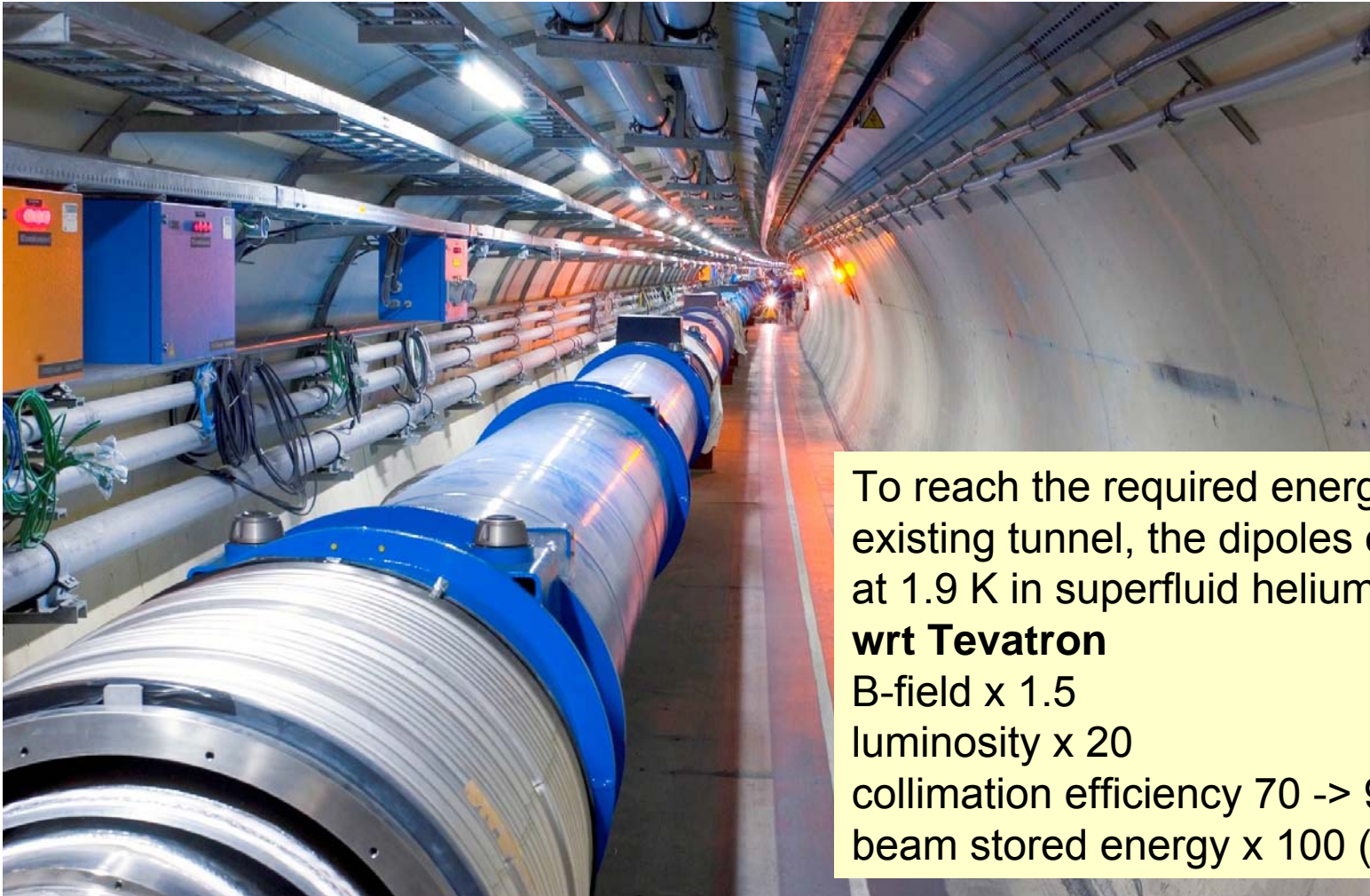
situated between
Jura mountains and Geneva
(France/Swiss)

<http://public.web.cern.ch>

Detektory eksperymentów fizyki wysokich energii

- **Detektory** pozwalają na obserwację (rejestrację) serii oddziaływań, podjęcie decyzji czy oddziaływanie jest interesujące, identyfikację produkowanych cząstek, pomiar ich energii i pędu.
- Detektory dla zderzeń przy wysokich energiach muszą być duże, zbudowane z różnych poddetektorów (każdy dedykowany do rejestracji pewnego określonego typu sygnału). Niektóre poddetektory umieszczone są w polu magnetycznym (aby umożliwić pomiar pędu).
- **Metody pomiarowe** to pomiar absorpcji energii, rekonstrukcja toru na podstawie „śladów” zostawionych w poszczególnych warstwach detektorów, itd. itd...

Akcelerator



To reach the required energy in the existing tunnel, the dipoles operate at 1.9 K in superfluid helium.

wrt Tevatron

B-field x 1.5

luminosity x 20

collimation efficiency 70 -> 96 %

beam stored energy x 100 (300 MJ)

Akcelerator



Last Dipole being lowered
Apr07

Interconnections





Tilecal



Solenoid

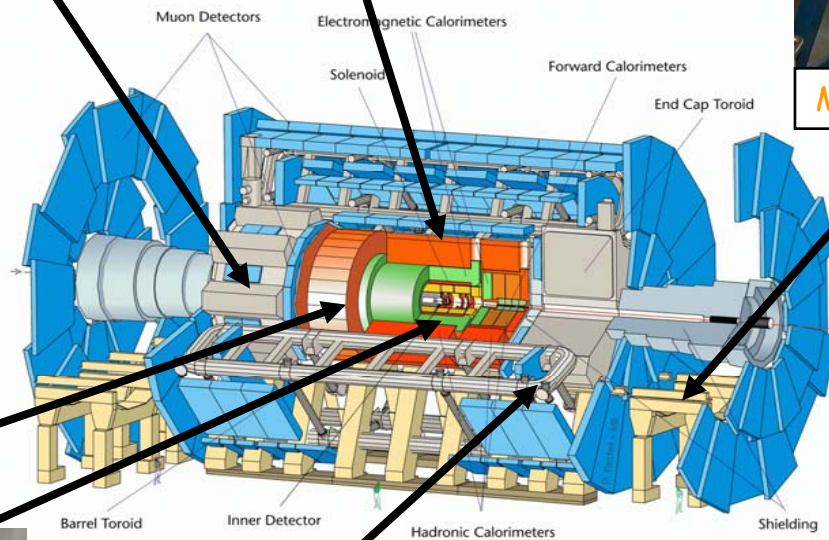


Muon end-cap chamber



Barrel LAr ECAL

A
T
L
A
S



TRT end-cap wheel



Barrel coil cryostat

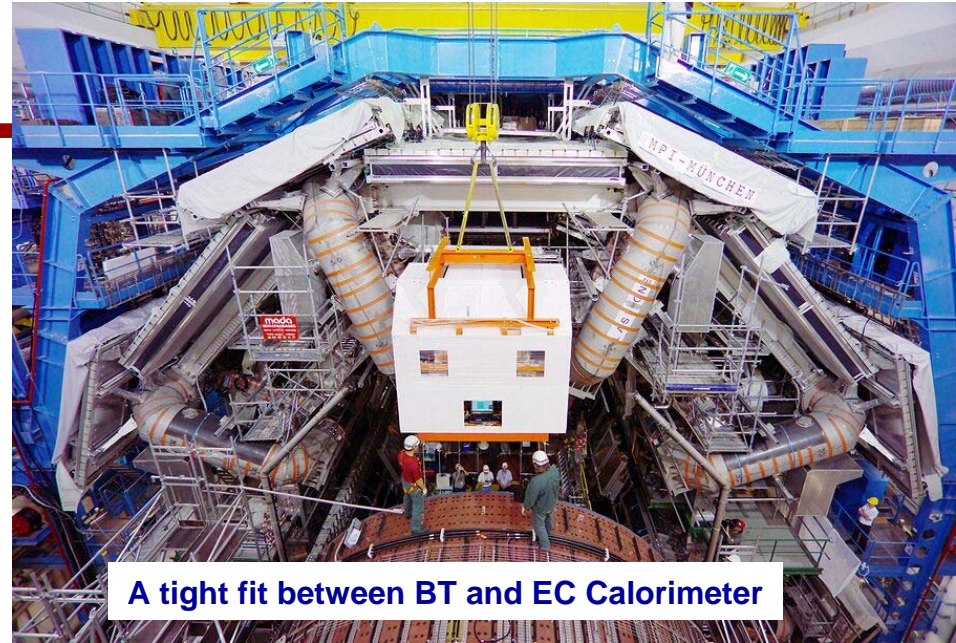
zdjecia
rok 2003

Długość : ~ 40 m
Promień : ~ 10 m
Waga : ~ 7000 ton

TRT+SCT barrel travelled to the pit, 24th Aug 2006



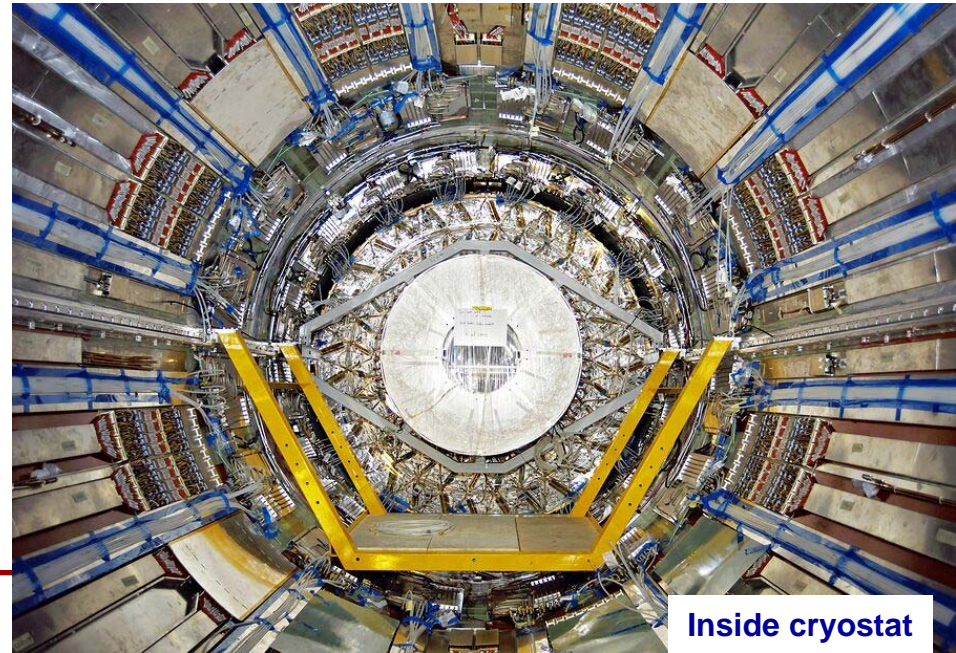
Through the parking area



A tight fit between BT and EC Calorimeter



From the trolley to the support rails



Inside cryostat

„On-line computing model” dla eksperymentów LHC

czyli: **Jak w ciągu 1 sekundy wybrać 1 spośród 10^7 ?**

LHC (Large Hadron Collider) będzie zderzał przeciwbieżne wiązki protonów z energią środka masy 14 TeV. (Ta energia wystarczałaby na produkcję 15 000 protonów!)

Wiązki protonów będą oddziaływały co 25 ns wewnątrz ogromnego detektora wypełnionego milionami kanałów odczytu elektronicznego.

Każde zderzenie wiązek to ~ 23 pp oddziaływań, każde produkujące strugę ($\sim 10^3$) wychodzących cząstek.

Odstęp pomiędzy kolejnymi zderzeniami wiązek to tylko **25ns**

- 25ns to odległość 8m dla cząstek poruszających się z prędkością światła (to jest mniej niż promień detektora)
- Na raz w detektorze „fale cząstek” od 3 kolejnych zderzeń
- Tylko niewielka część tych oddziaływań może zostać zapisana „na taśmie”
System który podejmuje decyzje nazywa się TRIGGER.

„On-line computing model” dla eksperymentów LHC

Co to znaczy niewielka część?

- $25\text{ns} \Rightarrow 40 \times 10^6/\text{s}$ zderzeń
- 23 oddział/zderzenie $\Rightarrow 23 \times 40 \times 10^6 / \text{sek} \sim 10^9 / \text{sek}$ oddział
- możemy zarejestrować tylko $\sim 100/\text{sek}$ zderzeń \Rightarrow **redukcja 10^7**

Ile informacji trzeba przetworzyć?

trigger elektron: $8\text{bit} \times 40\text{MHz} \times 7500 \sim 3\,000$ Gbit/sek

Czy można podjąć decyzje w 25ns?

nie można: czas rejestracji w detektorze dłuższy (ok. $50 \times 25\text{ns}$)
 informacje trzeba wysłać do procesora (ok. $15 \times 25\text{ns}$)
 informacje trzeba przetworzyć (ok. $10 \times 25\text{ns}$)

Metoda to wielopoziomowość podejmowania decyzji, każdy poziom procesuje tylko pewien % informacji, stopniowa redukcja ilość interesujących zderzeń, w tym czasie informacja jest przechowywana w tzw. „pipeline pamięci”

Po wydaniu decyzji OK

następuje zczytanie informacji z całego detektora (po „zero suppression”, linki optyczne 40Gbit/sek) $\sim 100\text{Hz} \times 1\text{MB}$

„Off-line computing model” dla eksperymentów LHC

Definiuje ogólną architekturę czyli sposób w jaki planuje się używać dostępnych mocy obliczeniowych

- Jak duże moce są potrzebne aby zanalizować informację zebraną w detektorze?
- Jaki system zapisu danych (media, technologia)?
- Jaki system networku? itd...

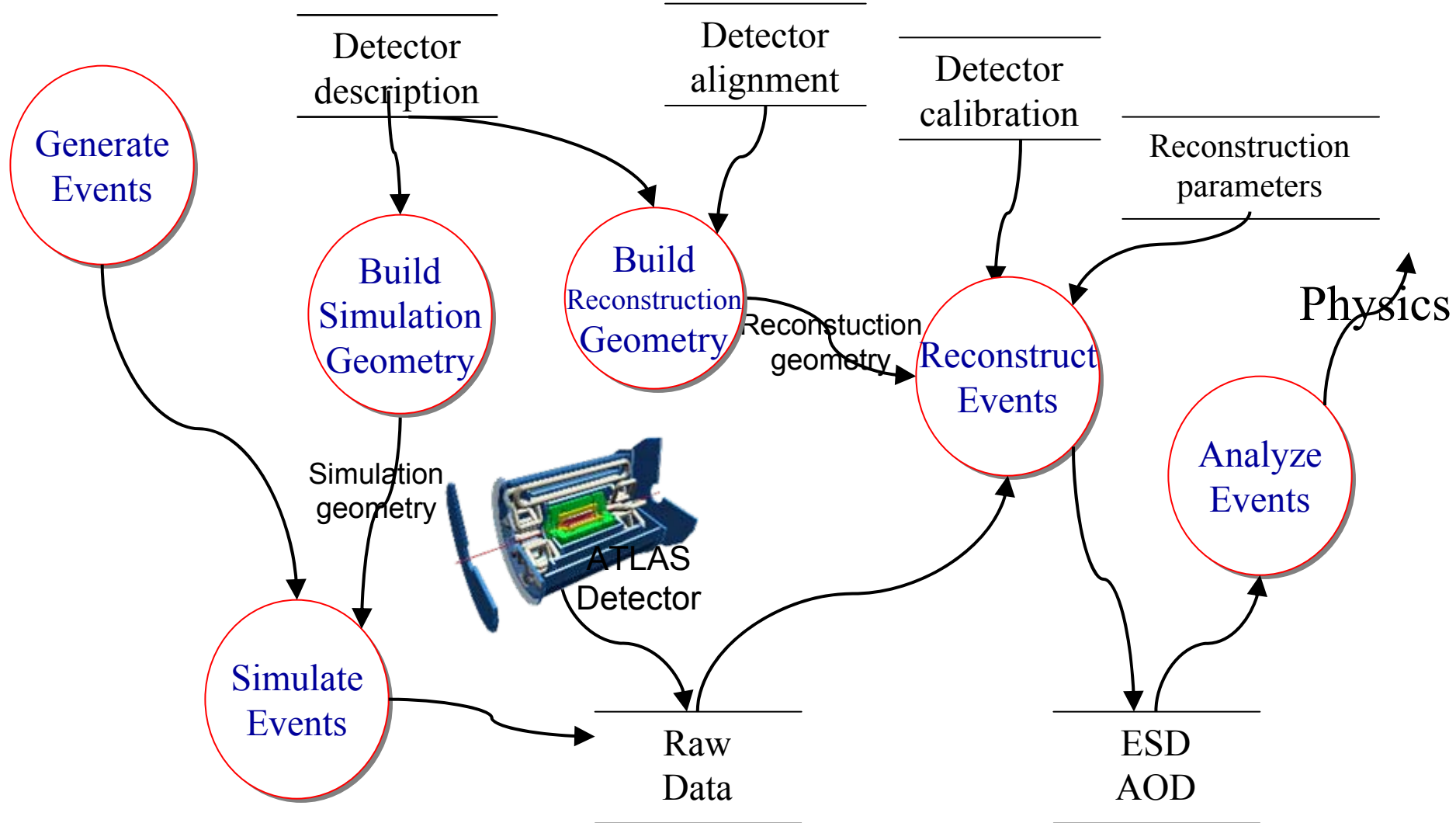
Założenia wstępne

- długi czas życia ~ 20 lat
- 85% rozwijane w niezależnych grupach na całym świecie
- technologia obiektowa, język C++, aplikacje w java, skrypty w pythonie, pliki xml,....

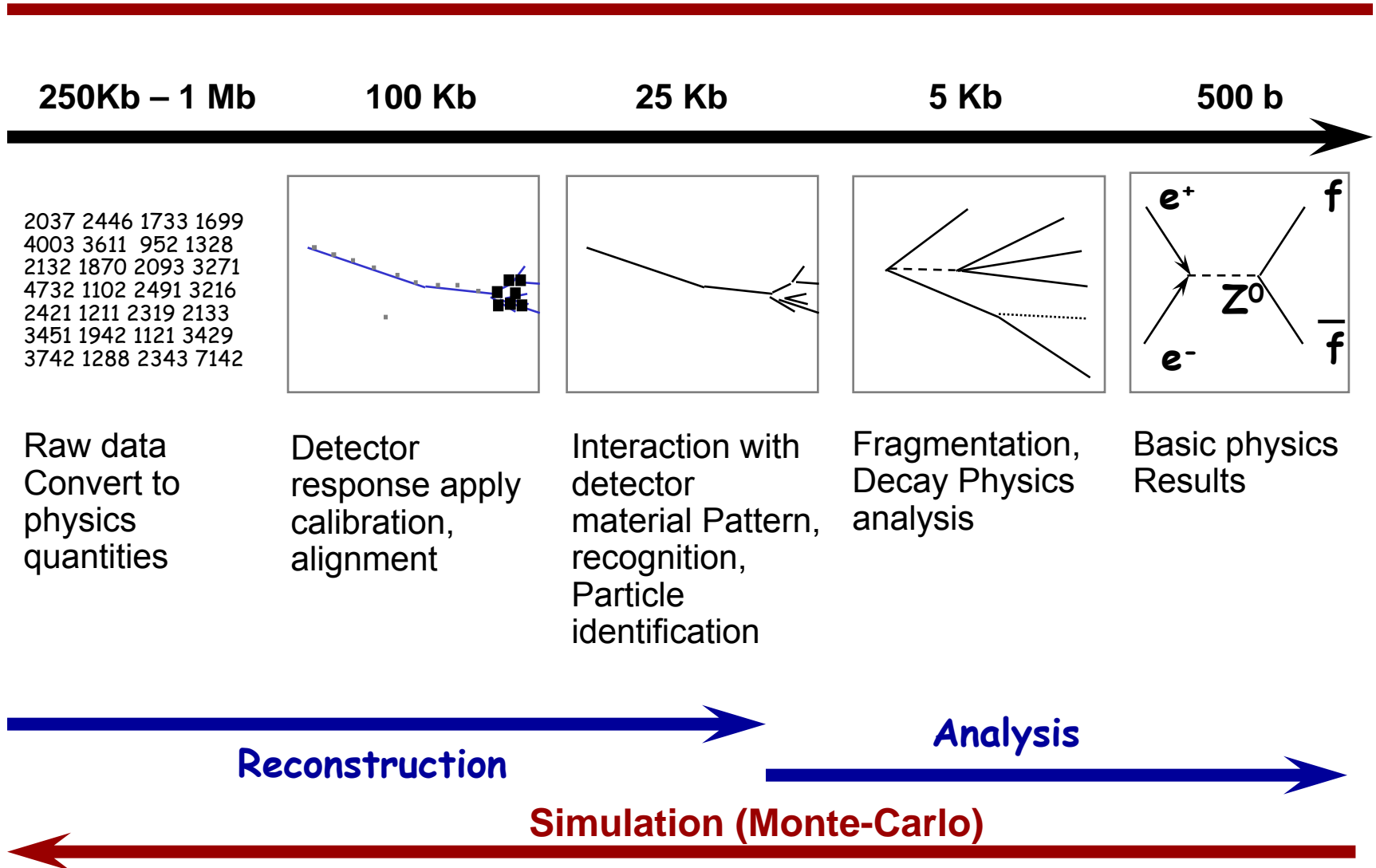
Parametry wejściowe

- 100Hz częstość rejestracji (10^9 oddziaływań na rok)
- 1 MB rozmiar przypadku
- 1 MB/godz. informacji dodatkowej (kalibracja odczytu)
- 150 równoczesnych użytkowników (dostęp do baz danych)...

Co to znaczy analizować dane?"



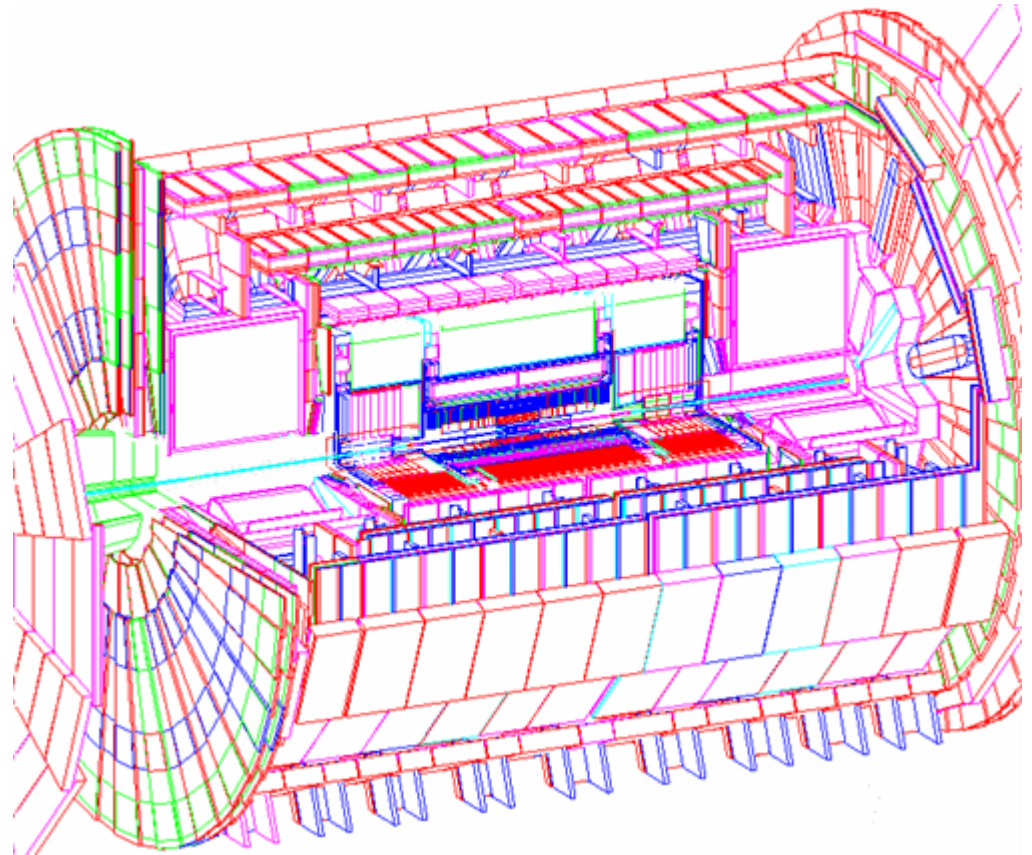
Od „surowych danych” do fizyki czyli co się dzieje podczas analizy?



Co to znaczy „zaprogramować” geometrię?

Jaka jest skala problemu?

- **25,5 millionów** oddzielnych elementów
- **23 000** różnych obiektów geometrycznych
- **4 673** różnych typów geometrycznych
- kontrolowanie nakładających się na siebie przypadków
- **1 000 000** sygnałów w detektorze na przypadek

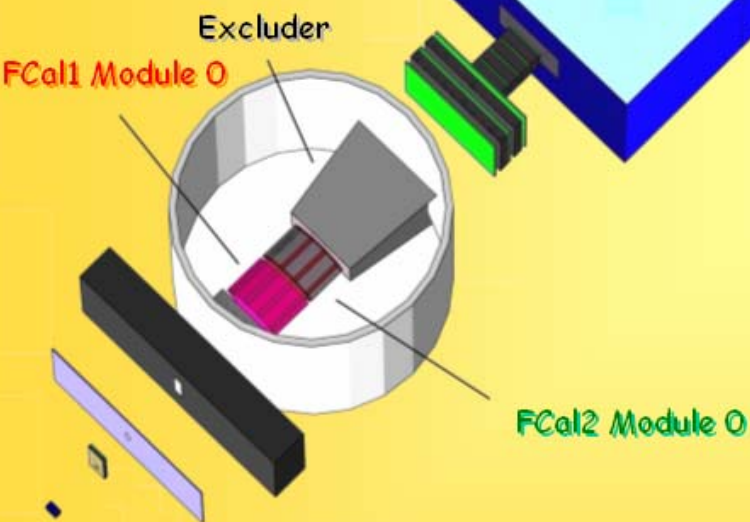
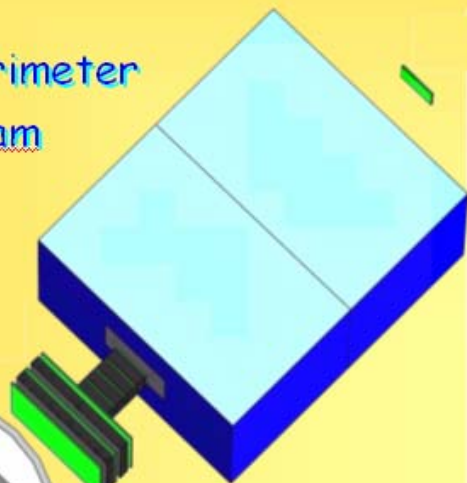




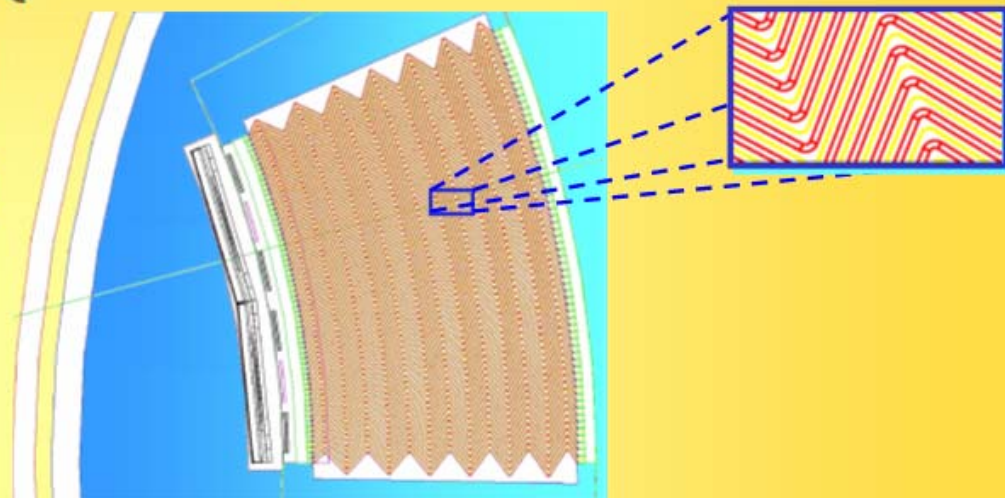
Geant4 Setups (2)



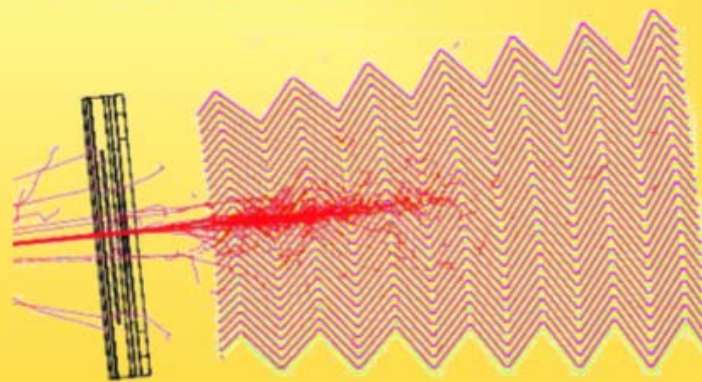
Forward Calorimeter
(FCal) Testbeam
Setup



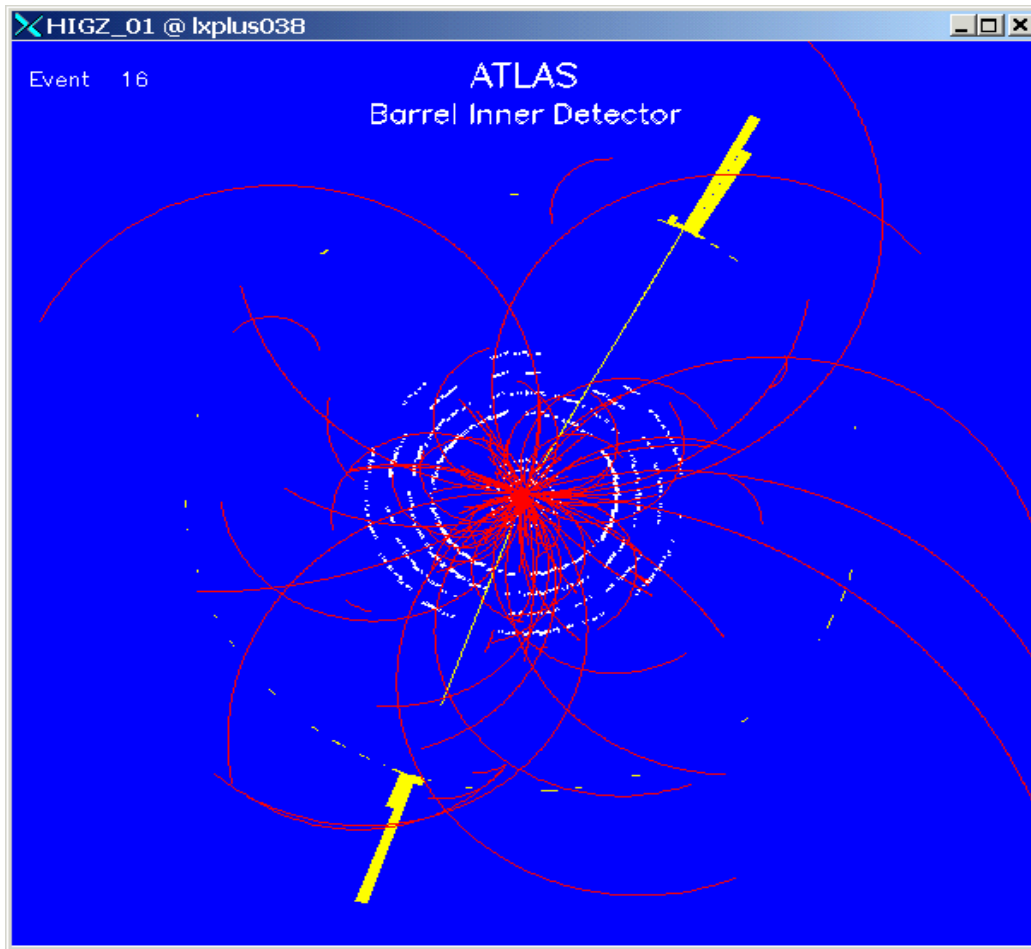
Electromagnetic Barrel Accordion Calorimeter



10 GeV Electron Shower

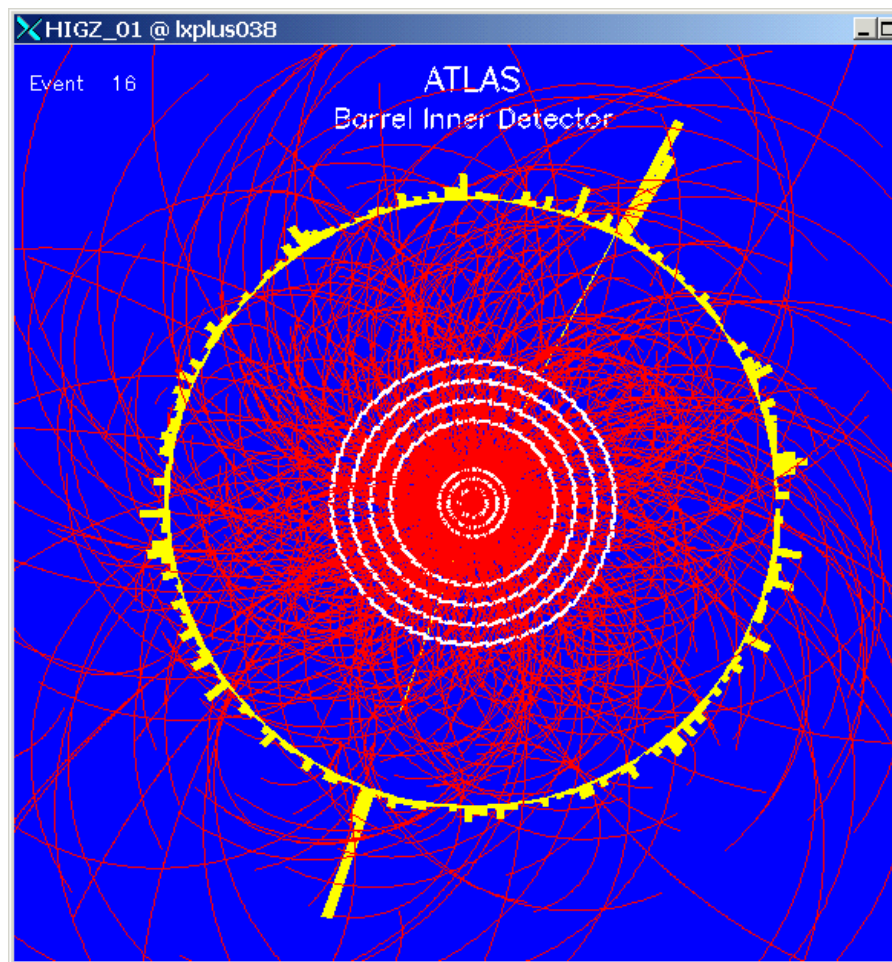


REKONSTRUKCJA i interpretacja INFORMACJI



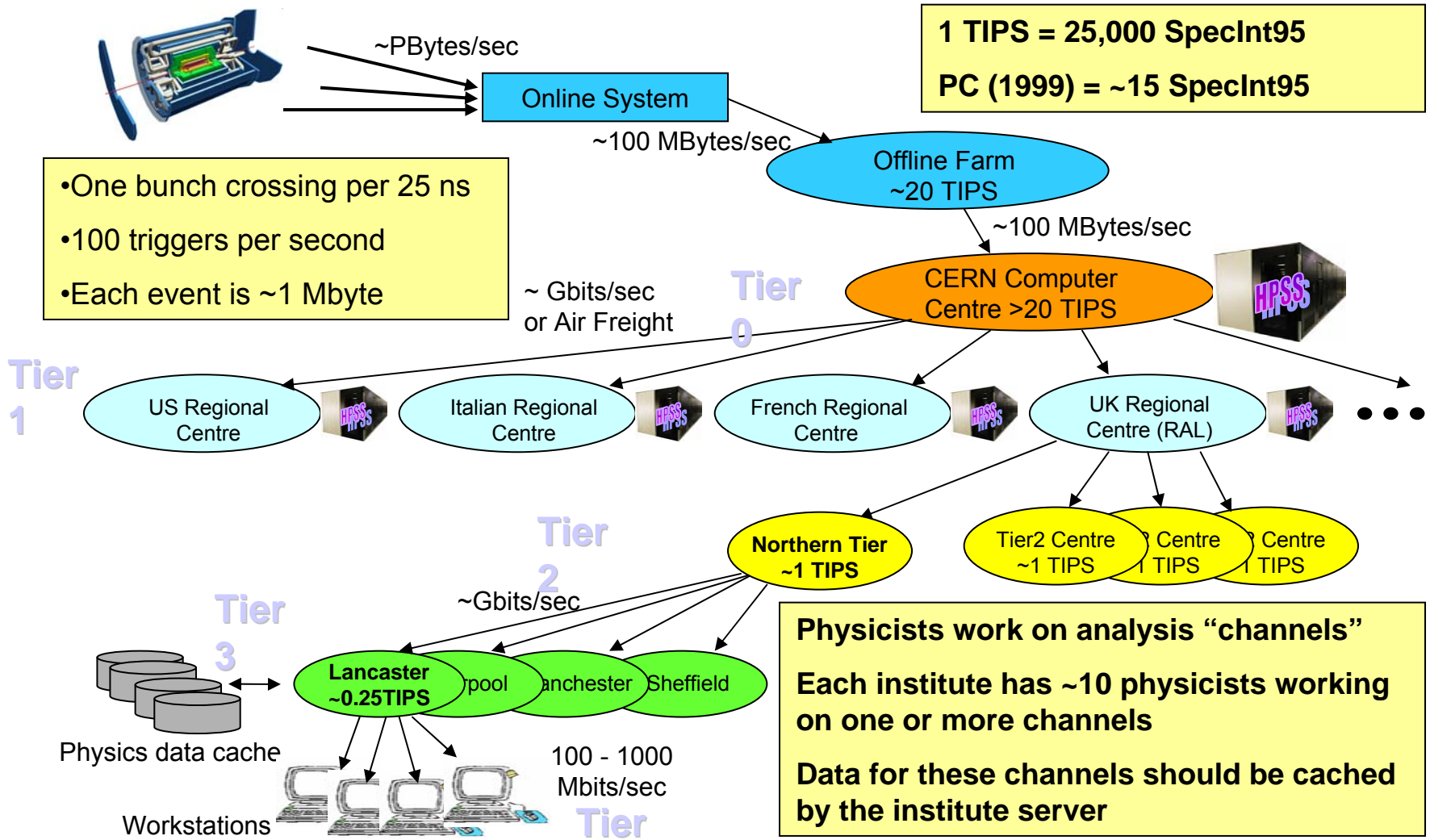
Przykład
jak może wyglądać
graficzna
prezentacja
informacji odczytanej
z detektora i
przetworzonej
przez algorytmy
rekonstrukcyjne

REKONSTRUKCJA i interpretacja INFORMACJI

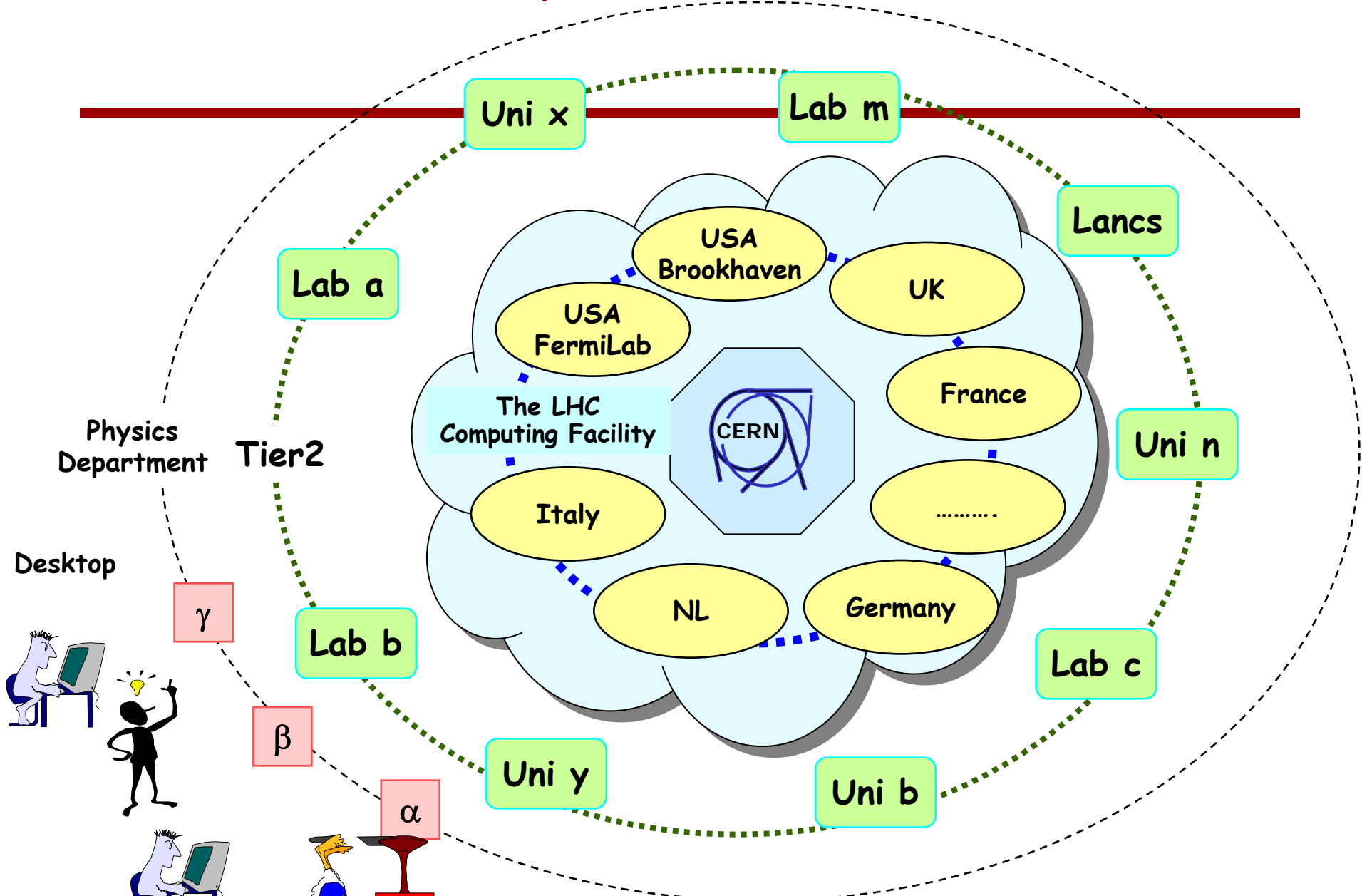


A tu trochę
bardziej „gesty”
obraz.
Nałożyliśmy 23
dodatkowe
przypadki, tzw.
pile-up.

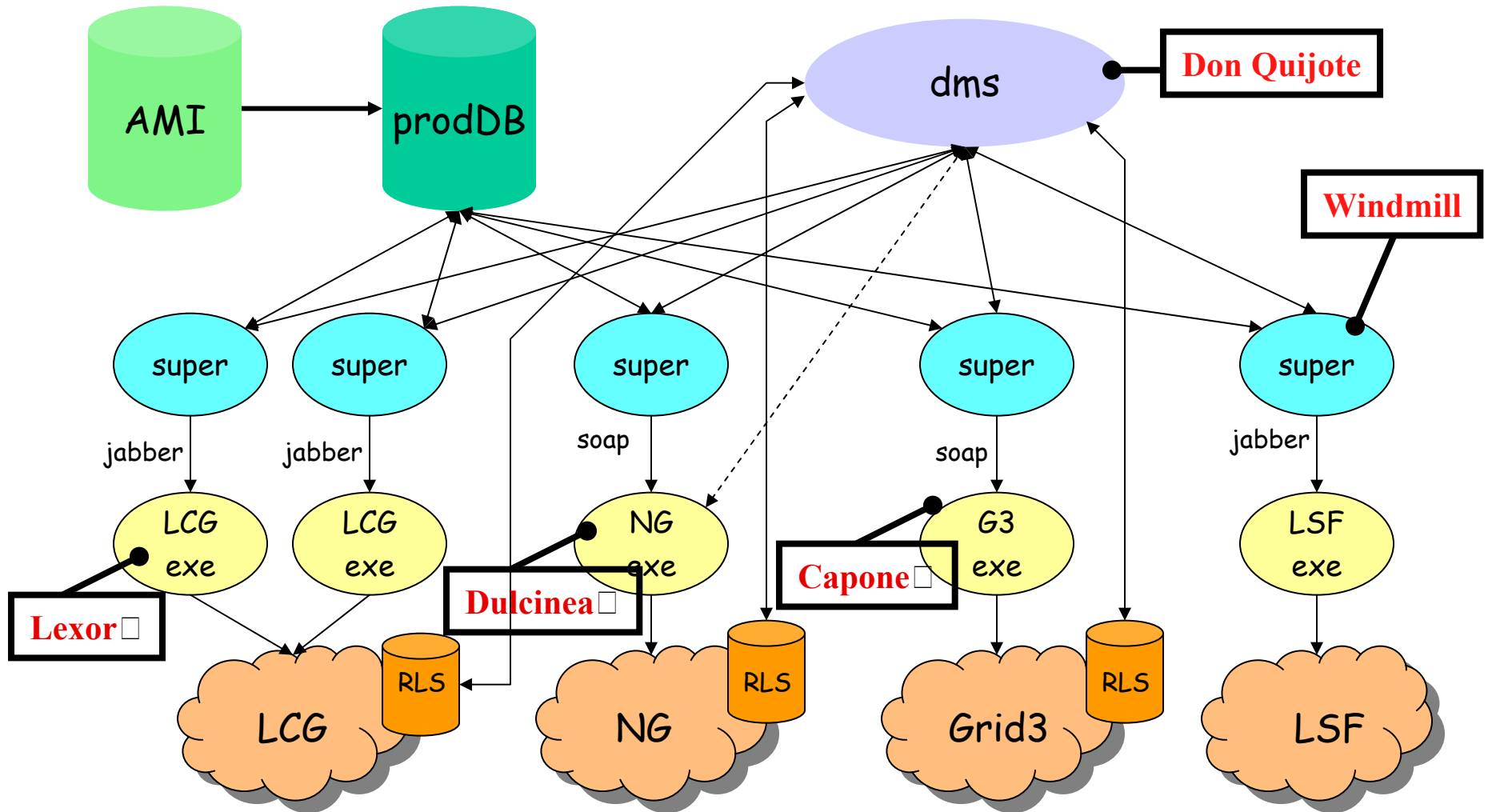
Hierarchical View



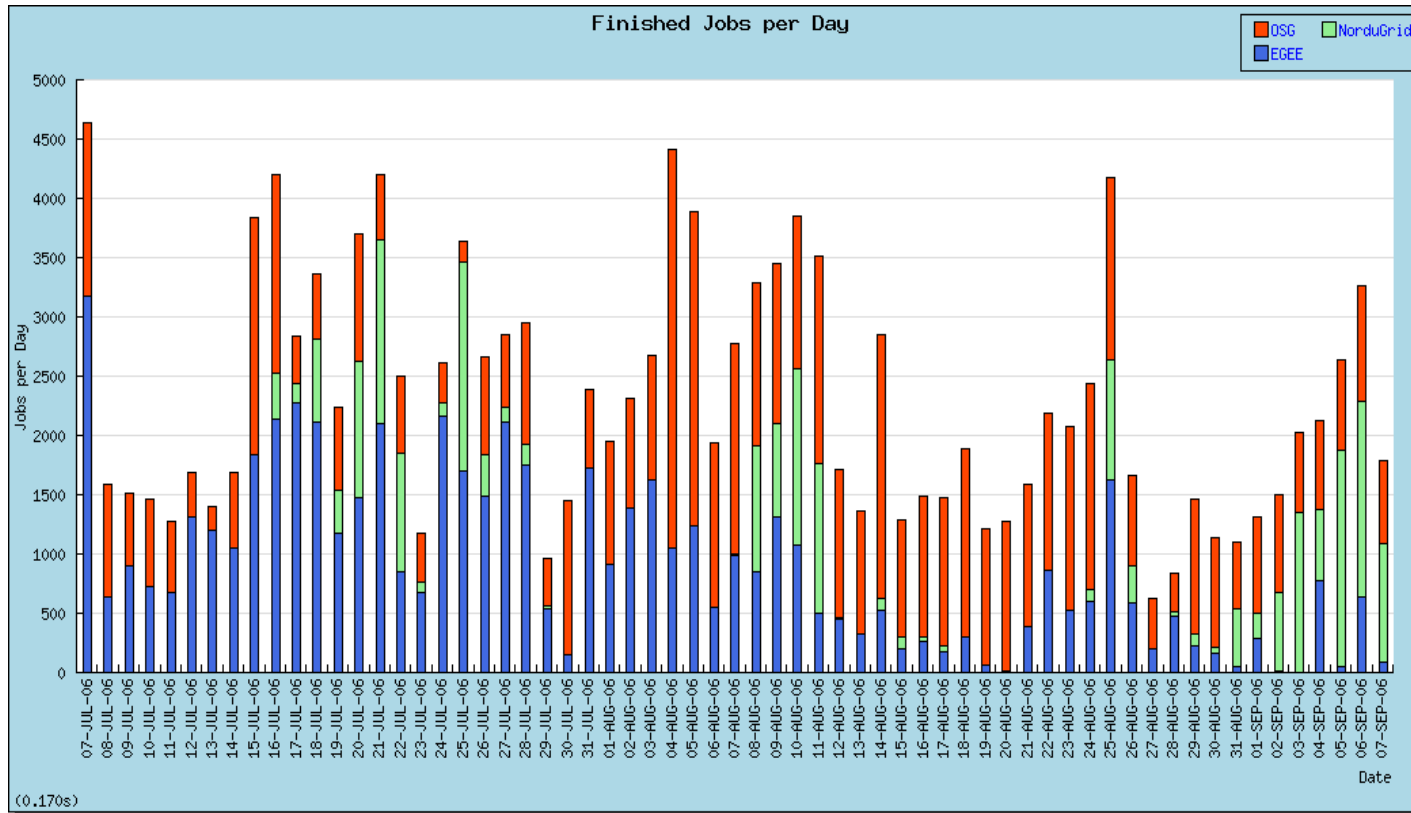
Toward flat structure: GRID



ATLAS Production system



Computing: daily CSC production jobs over the past couple of months

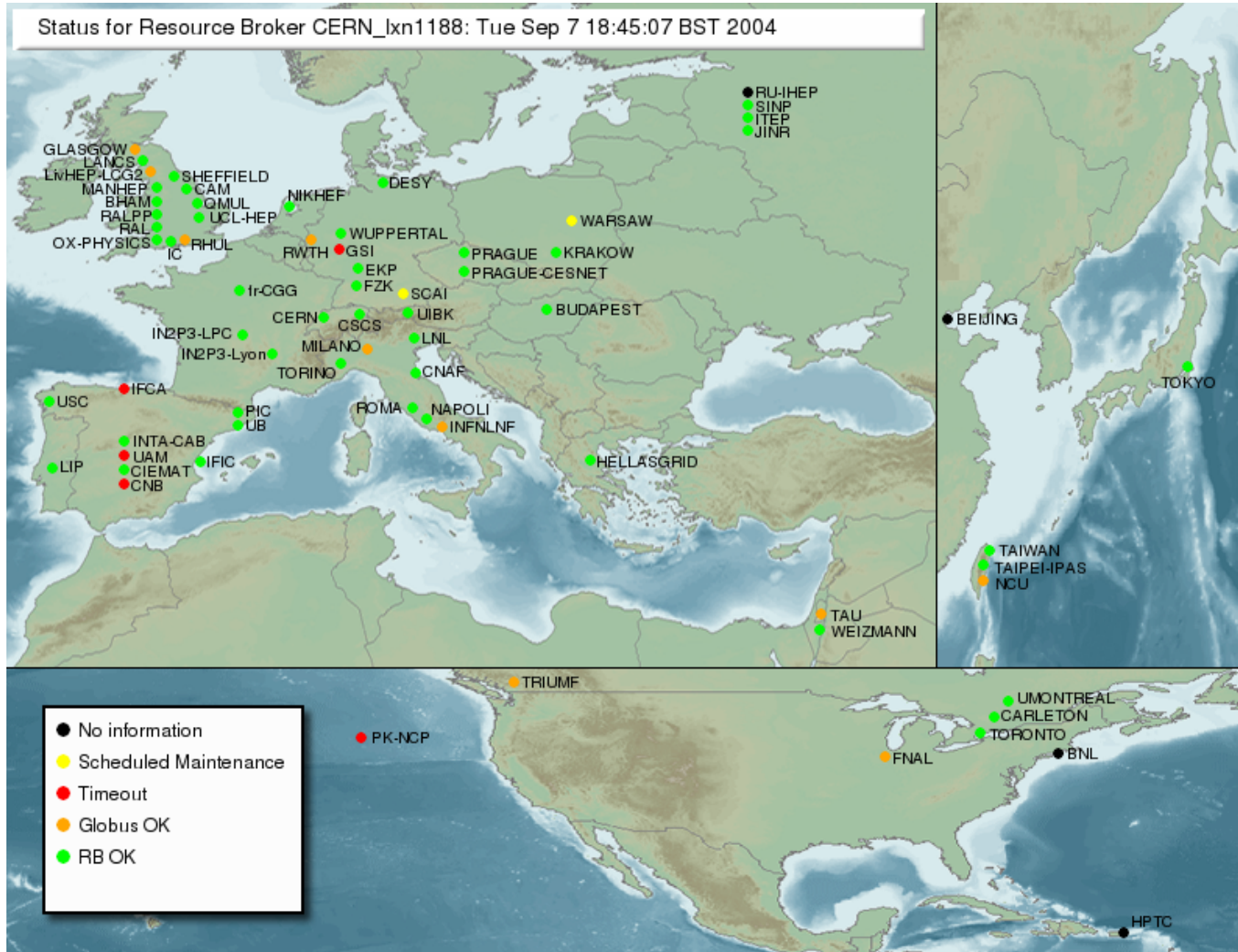


Production for software validation and CSC physics samples

Some statistics June → now:
Over 50 Million events produced

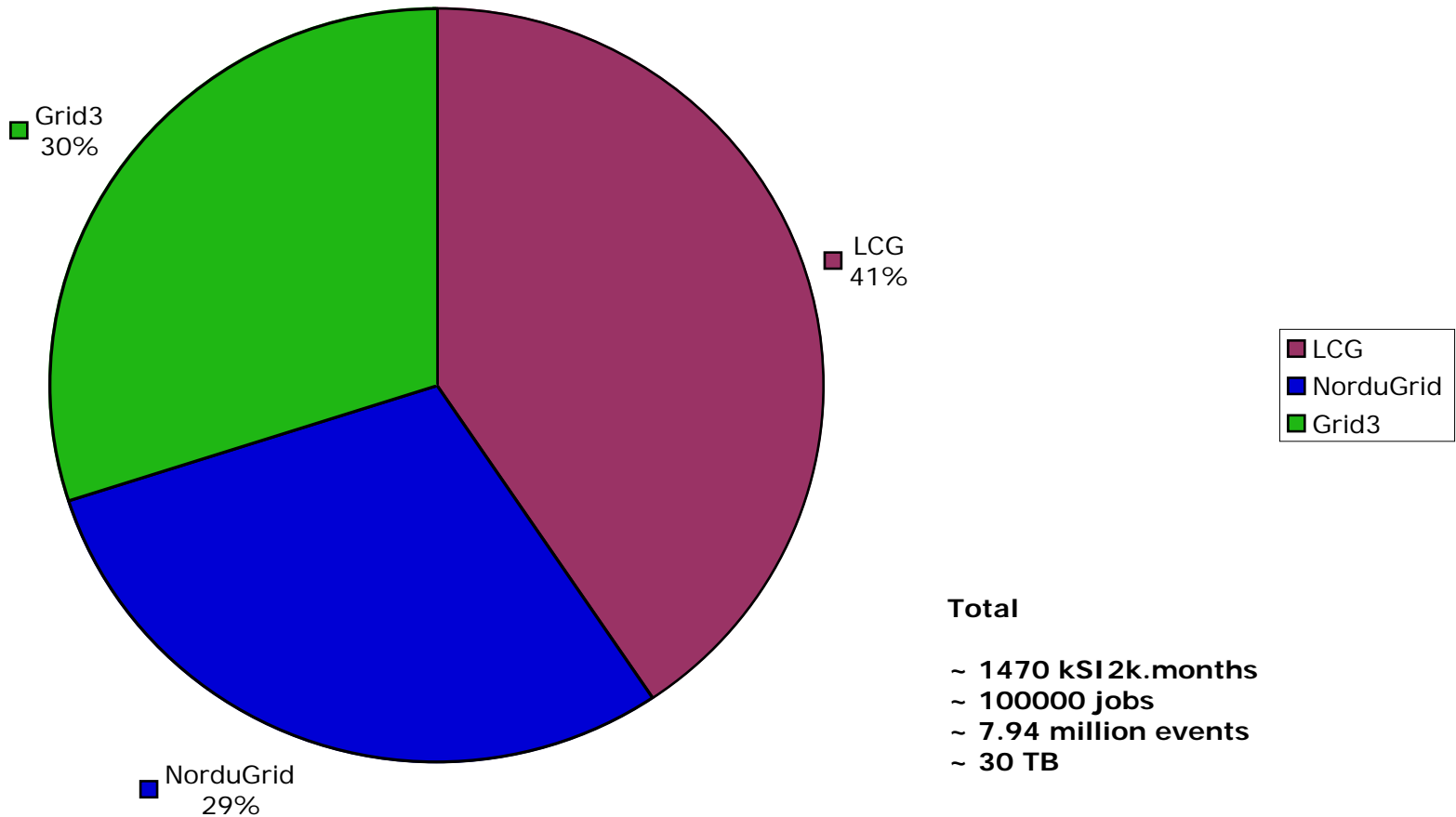
EGEE grid	59 %
NorduGrid	13 %
OSG	28 %

LCG2 site map

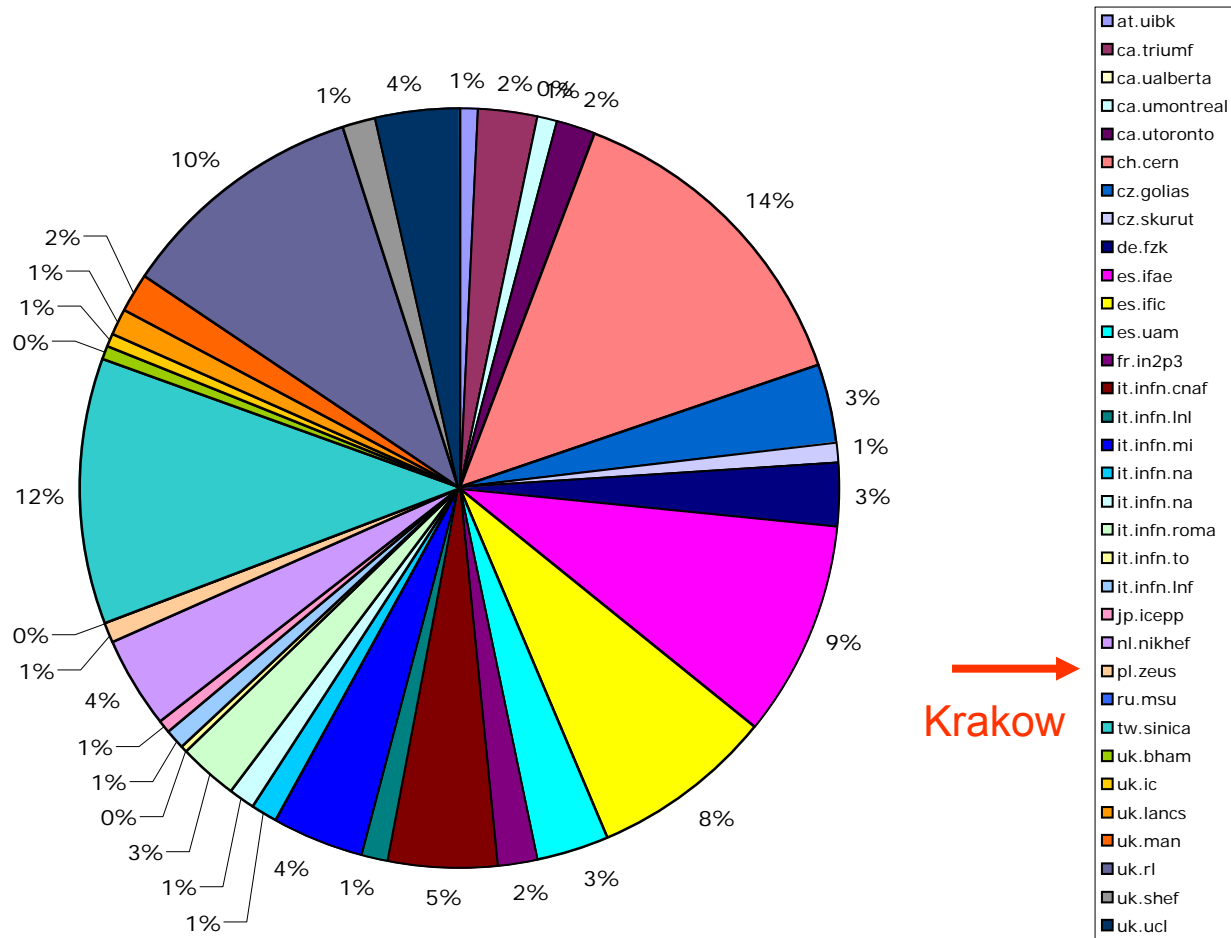


- 73 Sites
- 7700 CPU
- ~35 pass all tests

ATLAS DC2 (CPU usage)



Jobs distribution on LCG



Co z tego dzieje się w Krakowie?

- grupa ATLAS, ALICE, LHCb (eksperymenty LHC) w Instytucie Fizyki Jądrowej ul. Radzikowskiego 152
- grupa ATLAS i LHCb w AGH

Czym się zajmujemy?

- modelowanie triggera (on-line)
- rekonstrukcja i analiza informacji (off-line)
- oprogramowanie dla monitorowania pracy detektora
- projektowanie elementów elektroniki
- procesowanie dużej ilości danych: GRID
- Przygotowywanie analiz fizycznych

Zapraszamy