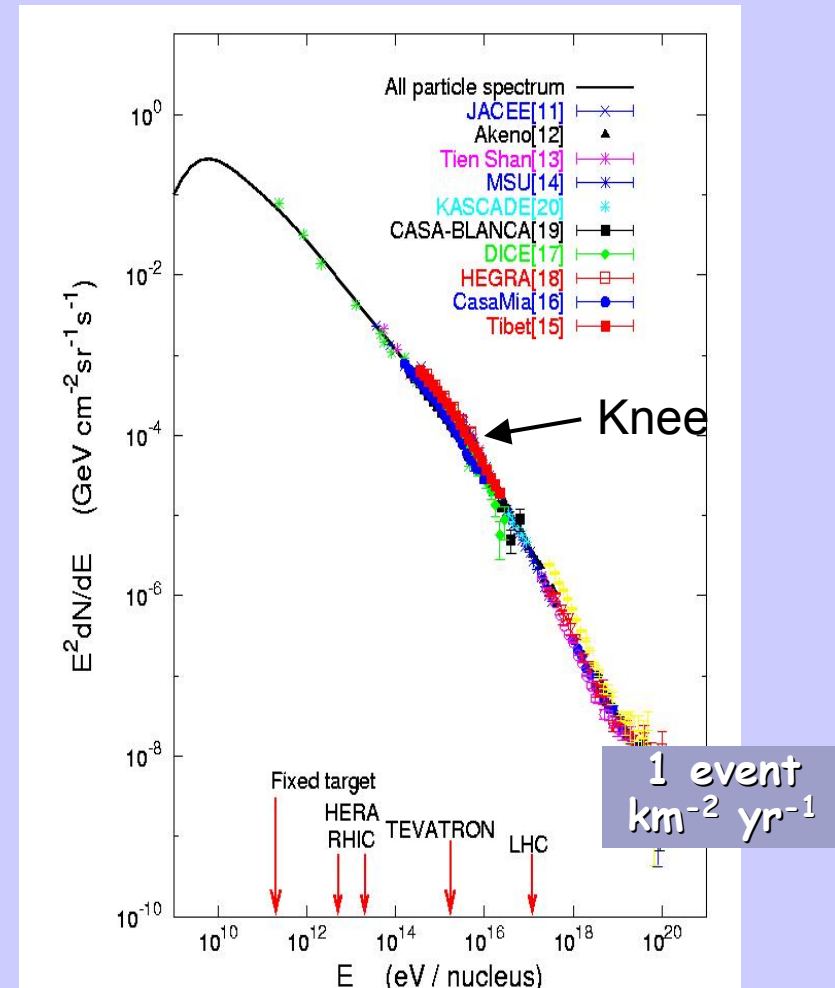


Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczych”)

• Motywacja

- Na wyprowadzonej wiązce - stałej tarczy:
 - $E_{CM} = (m_b^2 + m_t^2 + 2m_t E_b)^{1/2}$
 - m_b, m_t – masa cząstki wiązki, tarczy, E_b – energia wiązki w laboratorium
 - Przy wysokich energiach $E_{CM} = (2m_t E_b)^{1/2}$
- W przypadku zderzających się wiązek:
 - $E_{CM} = 2 E_b$
 - CERN pp-bar $\sqrt{s} = 540$ GeV $\rightarrow E_b = 150$ TeV
 - Fermilab pp-bar $\sqrt{s} = 2000$ GeV $\rightarrow E_b = 2000$ TeV !!



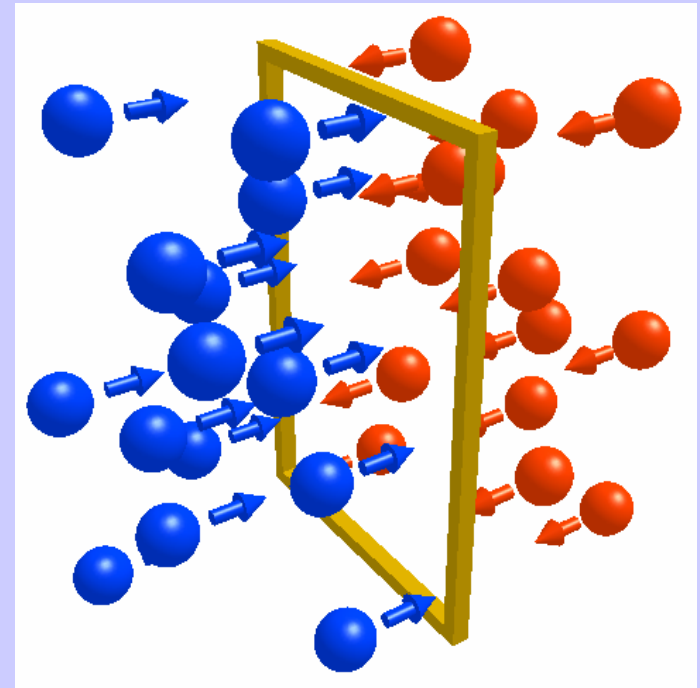
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

• Świetlność

- $N_{\text{przyp}} = L \cdot \sigma_{\text{obs}}$
 - N_{przyp} – obserwowana liczba przypadków, σ_{obs} – obserwowany przekrój czynny
- $L = f \cdot k \cdot N_1 \cdot N_2 / 4 \pi \sigma_x \sigma_y \text{ (cm}^{-2} \text{ s}^{-1}\text{)}$
 - f – częstotliwość obrotów,
 - k – liczba grup na obwodzie,
 - $N_1 \cdot N_2$ - liczba cząstek w grupach,
 - σ_x, σ_y – rozmiary poprzeczne grup

• Geometria detektorów

- Detektory „hermetyczne” $\rightarrow$ „ 4π ”

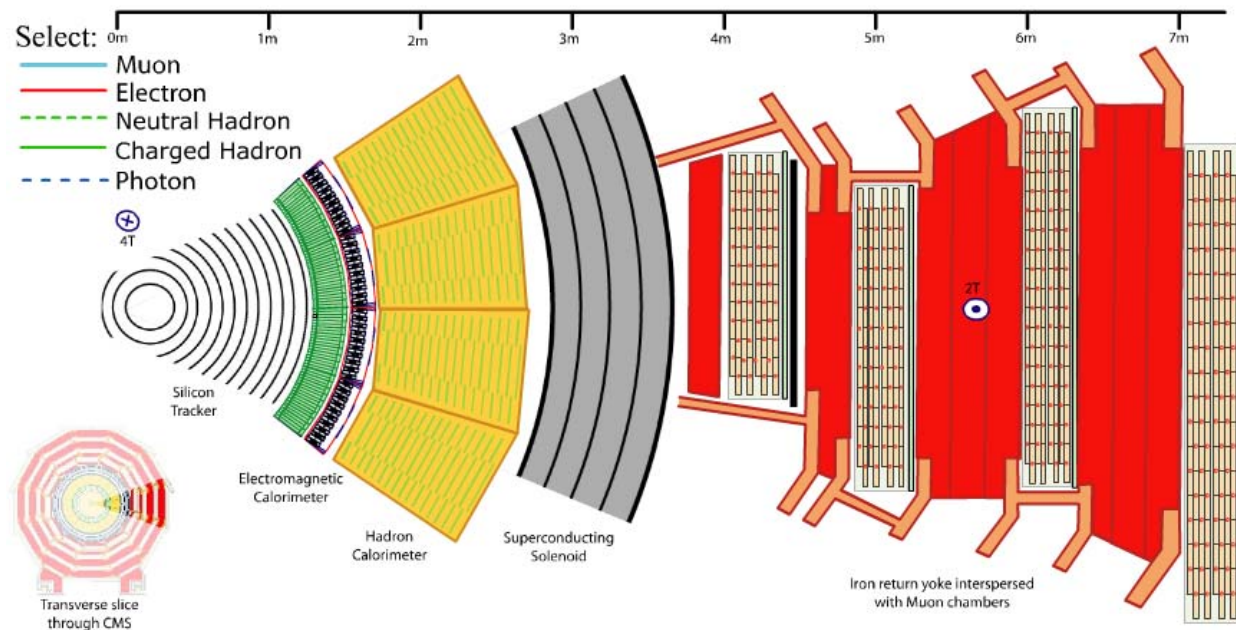


Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

Transverse slice through CMS detector

Click on a particle type to visualise that particle in CMS

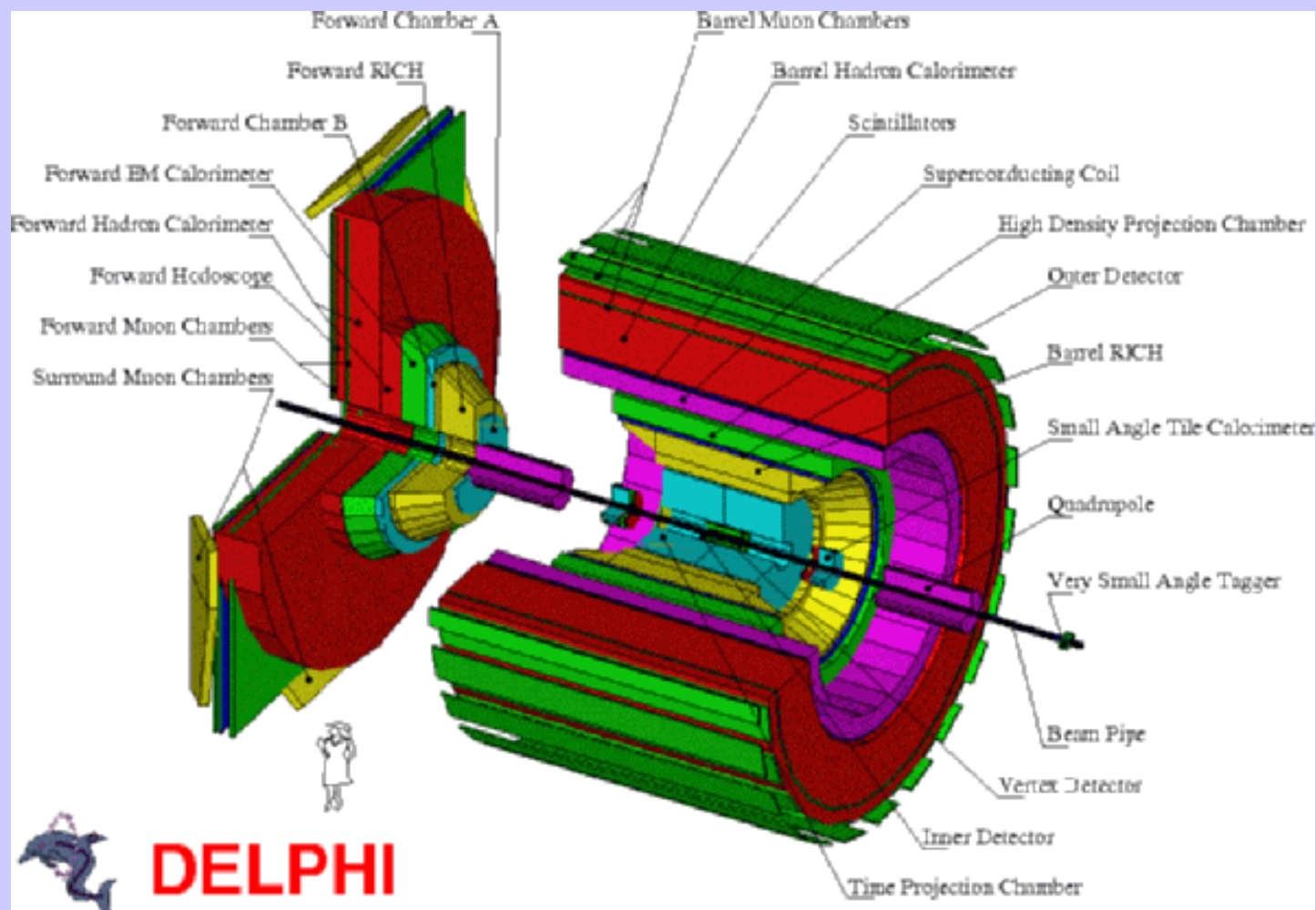
Press “escape” to exit



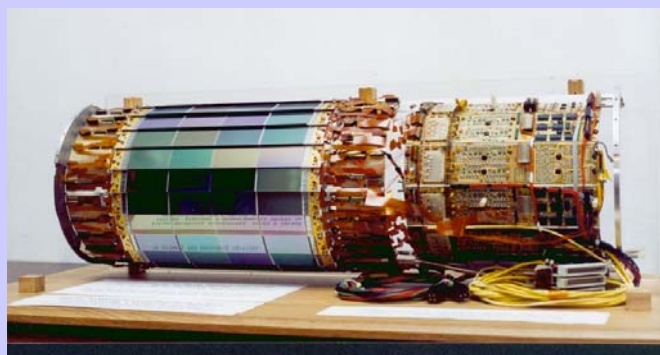
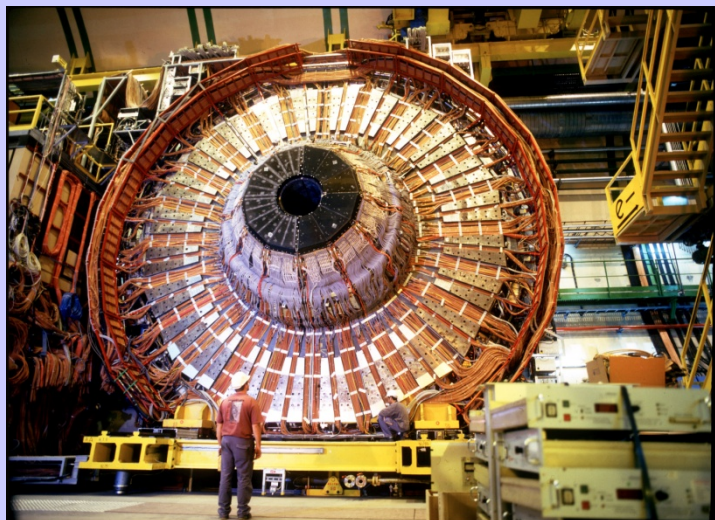
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczach”)

- **Eksperyment DELPHI (DEtector with Lepton, Photon and Hadron Identification)** na akceleratorze LEP w CERN
 - **Akcelerator**
 - e^+e^- o energiach do 104 GeV na wiązkę
 - **Fizyka**
 - Badania bozonów Z^0 i W
 - Poszukiwania nowych cząstek
 - Pomiary rozpadów cząstek z kwarkami „pięknymi”
 - **Detektor**
 - Uniwersalny spektrometr magnetyczny
 - Identyfikacja hadronów
 - Pomiar wierzchołków oddziaływania
 - Dobry pomiar energii
 - **Historia**
 - Początek współpracy w r. 1980
 - Początek naświetlań – 1989
 - Koniec naświetlań - 2000

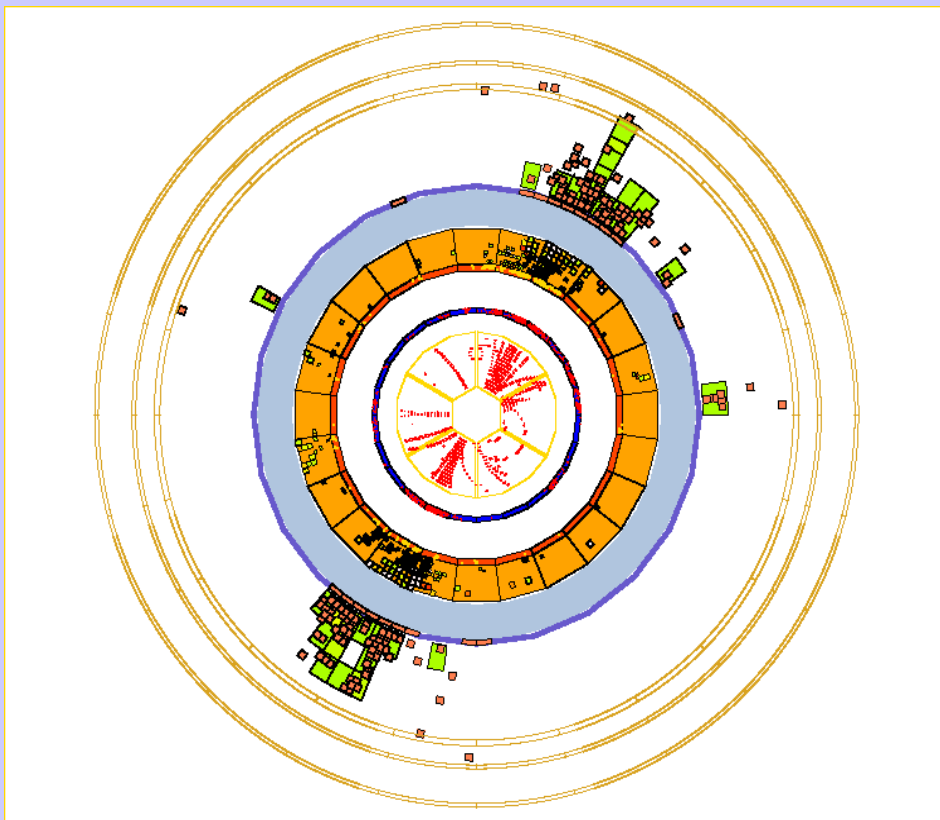
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”) - eksperyment DELPHI -



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”) - eksperyment DELPHI -



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”) - eksperyment DELPHI -



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczach”)

- **Eksperymenty BELLE w KEK i BaBar w SLAC**

- **Cele eksperymentów**

- Pomiary łamania symetrii CP w układzie BB-bar
 - Pomiary rozpadów mezonów B

- **Akcelaratory („fabryki” mezonów B)**

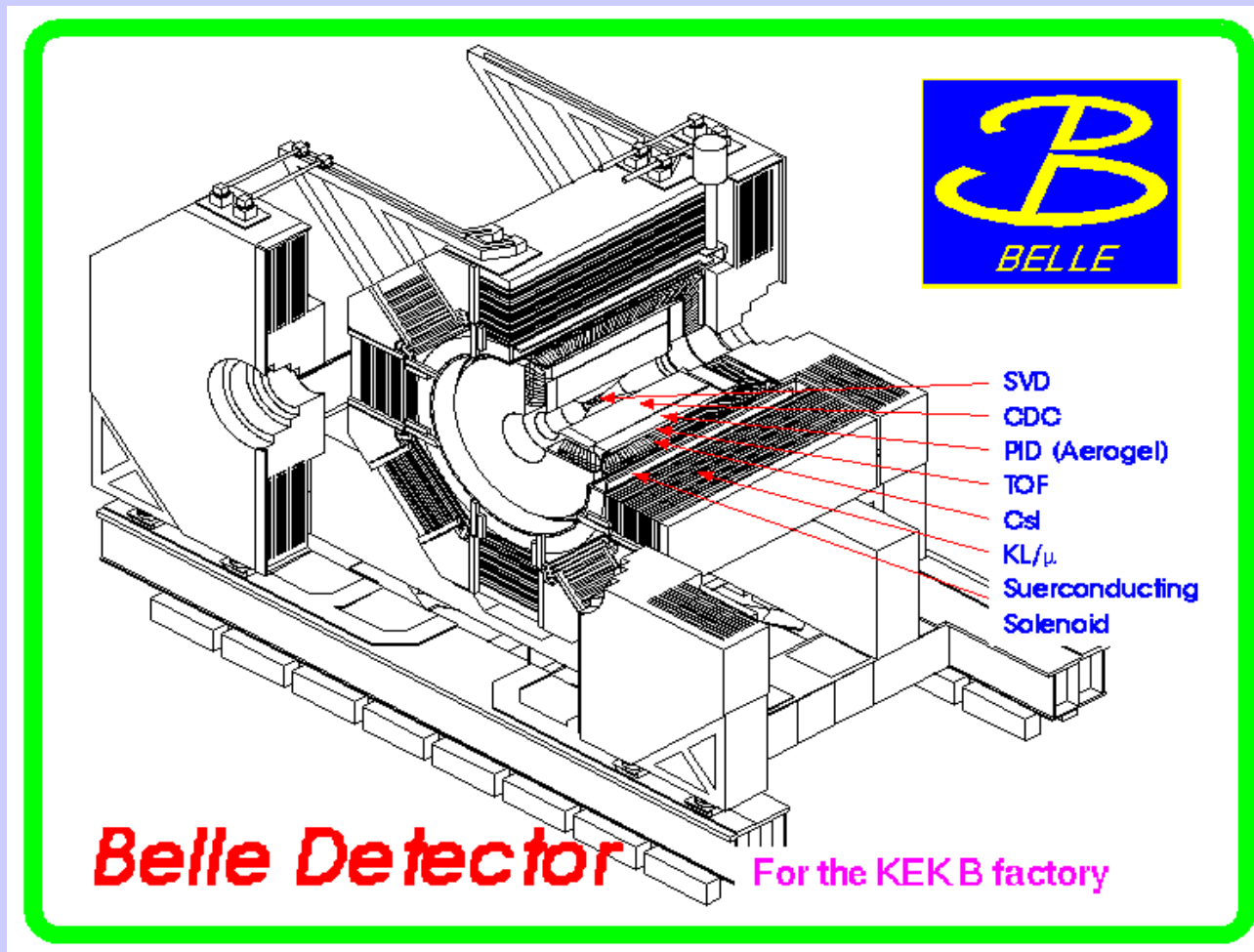
- PEP-II (SLAC) i KEKB (KEK)
 - Energia nieco wyższa niż potrzebna do wyprodukowania pary BB-bar – małe tło
 - Wiązki asymetryczne; PEP-II: $e^- - 9 \text{ GeV}$, $e^+ - 3.1 \text{ GeV}$, KEKB: $e^- - 8 \text{ GeV}$, $e^+ - 3.5 \text{ GeV}$
 - „boost” (BELLE $\beta\gamma = 0.425$, BaBar $\beta\gamma = 0.56$) wyprodukowanej pary cząstek pozwala na rozróżnienie wierzchołków rozpadu

- **Detektory**

- Asymetryczne...
 - Detekcja wierzchołków rozpadu
 - Identyfikacja hadronów
 - Dobry pomiar energii

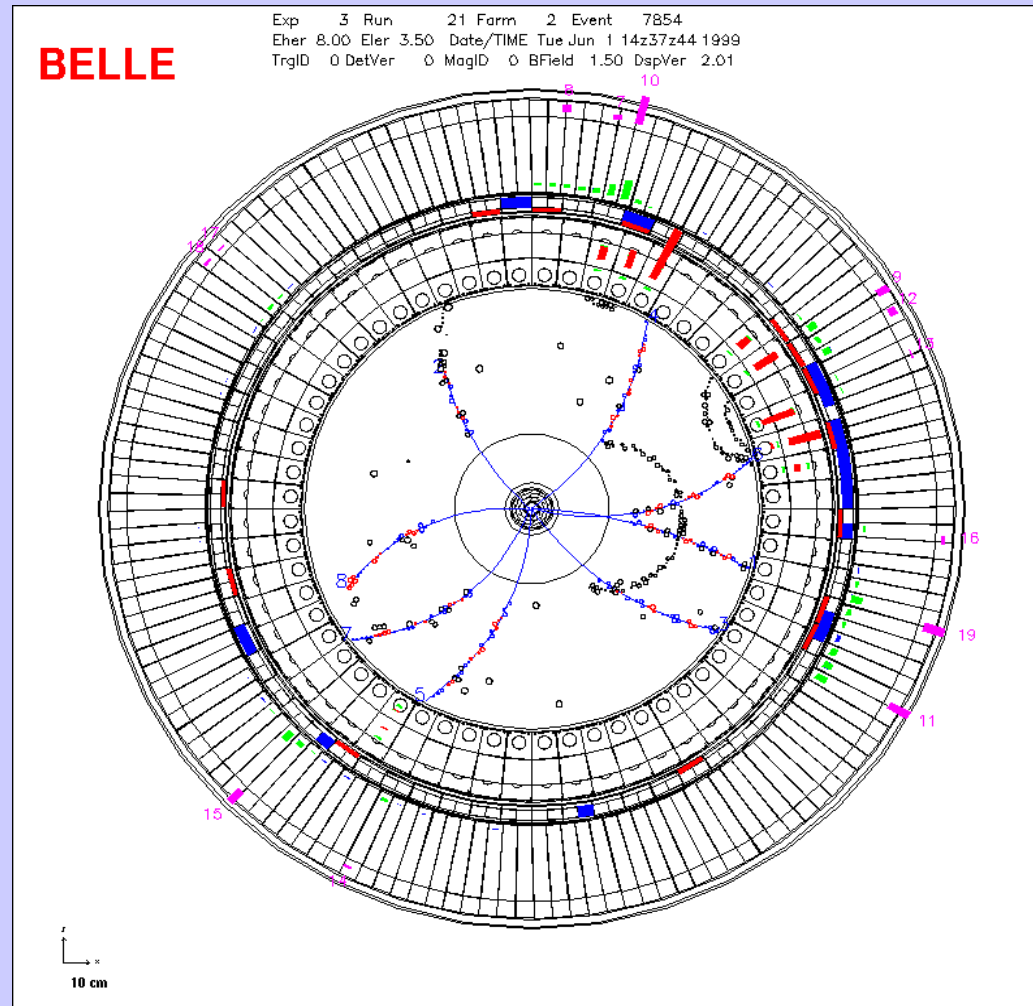
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

- eksperyment BELLE -



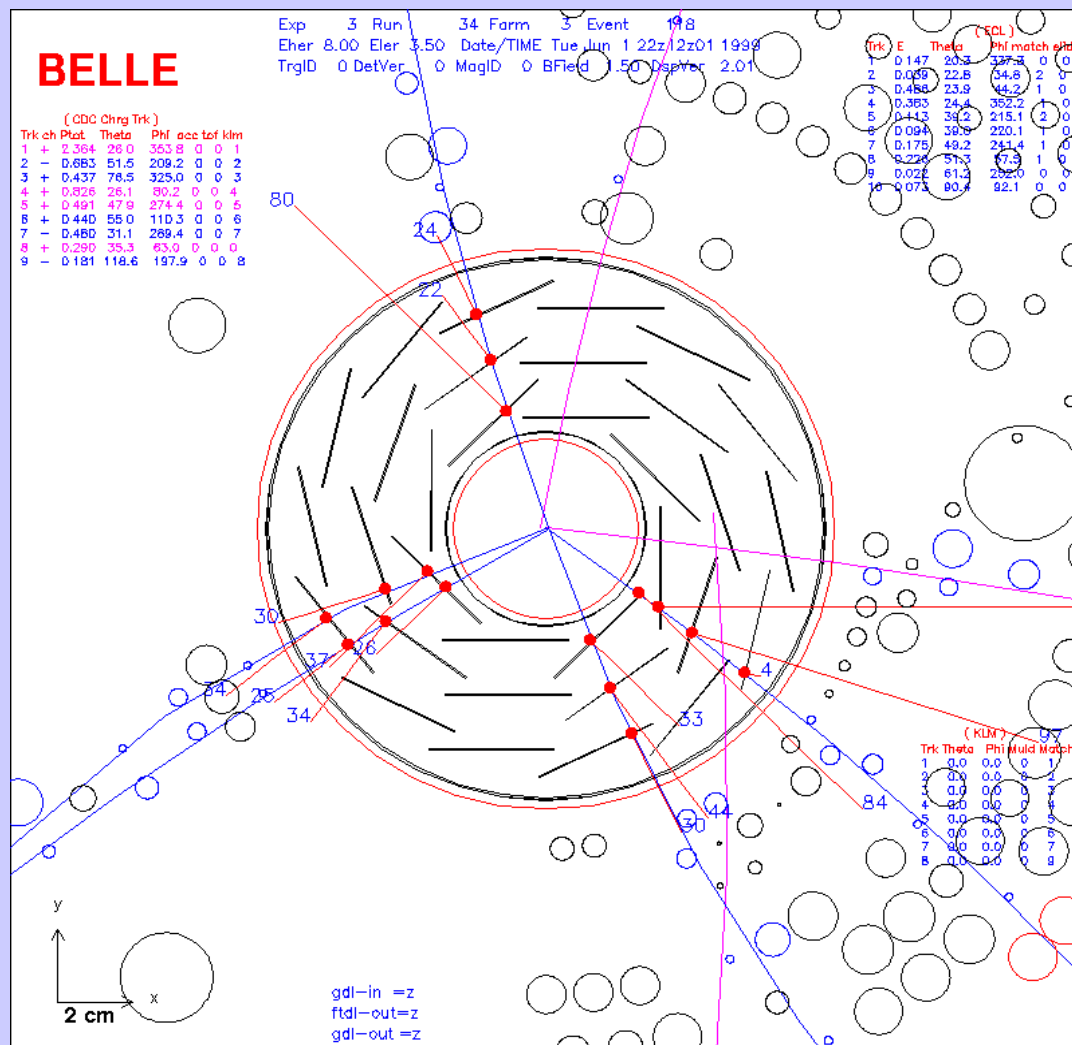
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

- eksperyment BELLE -



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

- eksperyment BELLE -

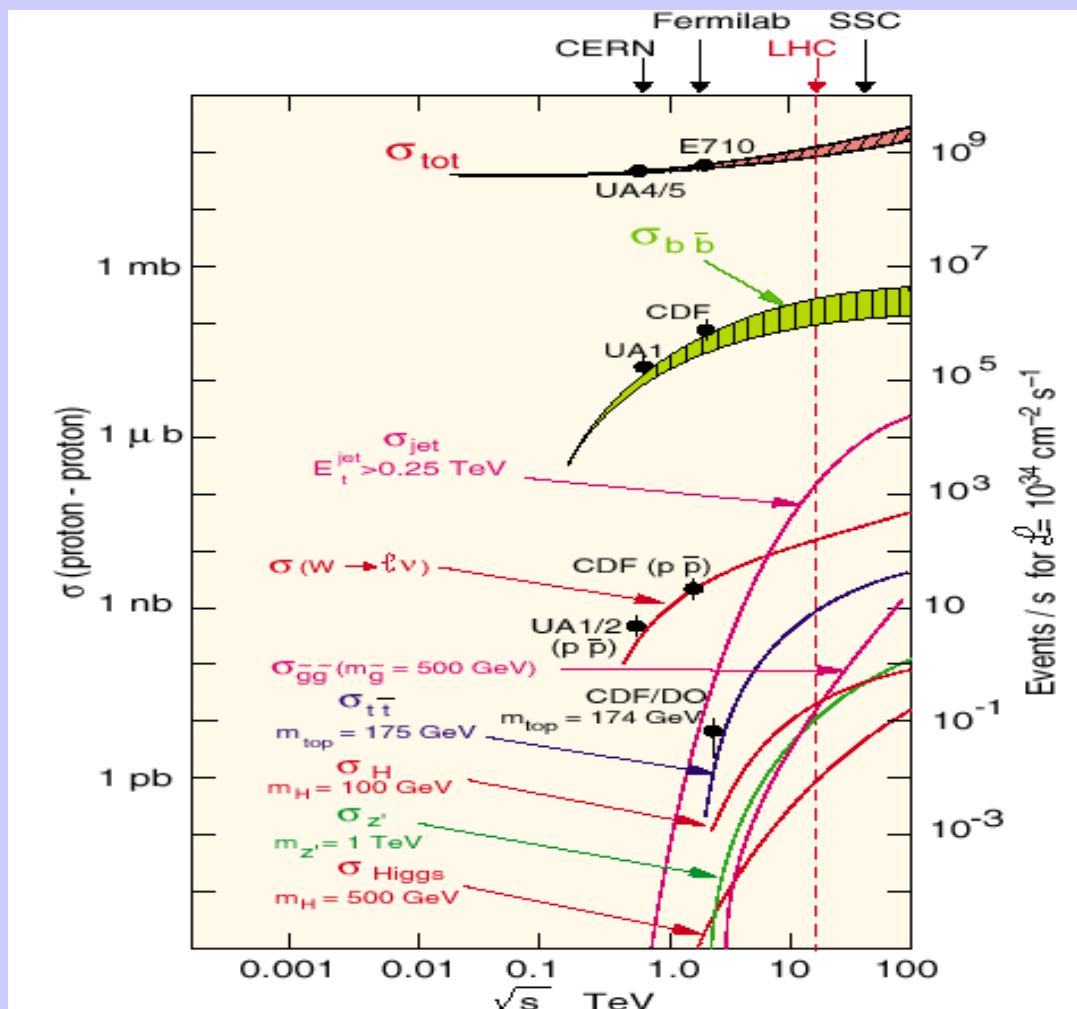


Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczach”)

- **Eksperyment CDF w Fermilab (Tevatron, 1990 – 2005?)**
 - **Akcelerator**
 - pp-bar $E_{\text{CM}} = 2 \text{ TeV}$, obecnie $L = 2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - **Fizyka**
 - Poszukiwania nowych cząstek
 - Odkrycie kwarku „top” w r. 1995
 - Polowanie na Higgs’a
 - Badania różnych wybranych reakcji
 - Rozpady bozonów W i Z
 - Badania kwarku top
 - Łamanie symetrii w układzie BB-bar
 - **Spektrometr**
 - Uniwersalny spektrometr magnetyczny
 - Precyzyjny detektor wierzchołków oddziaływania

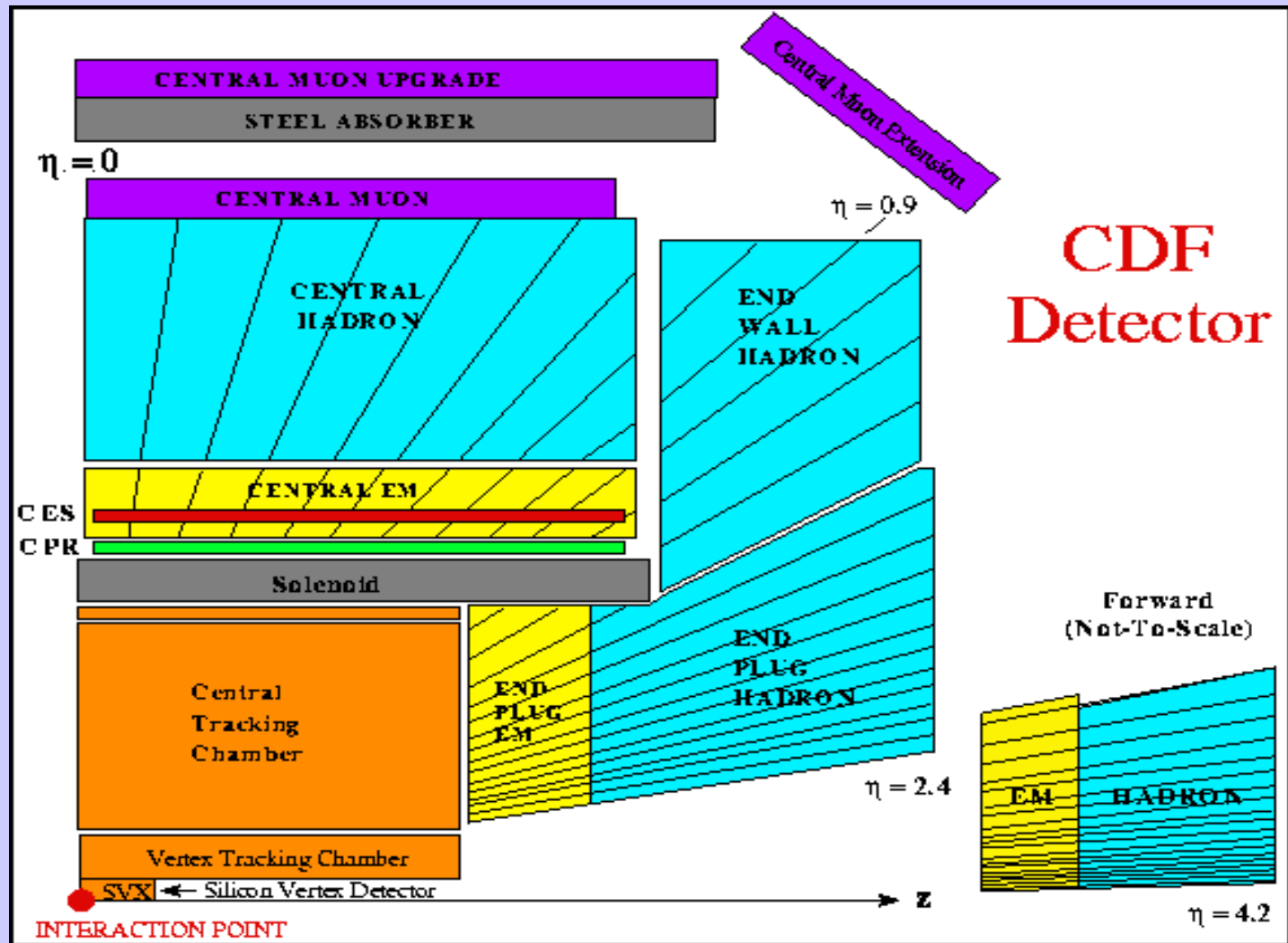
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczych”)

- przekroje czynne -



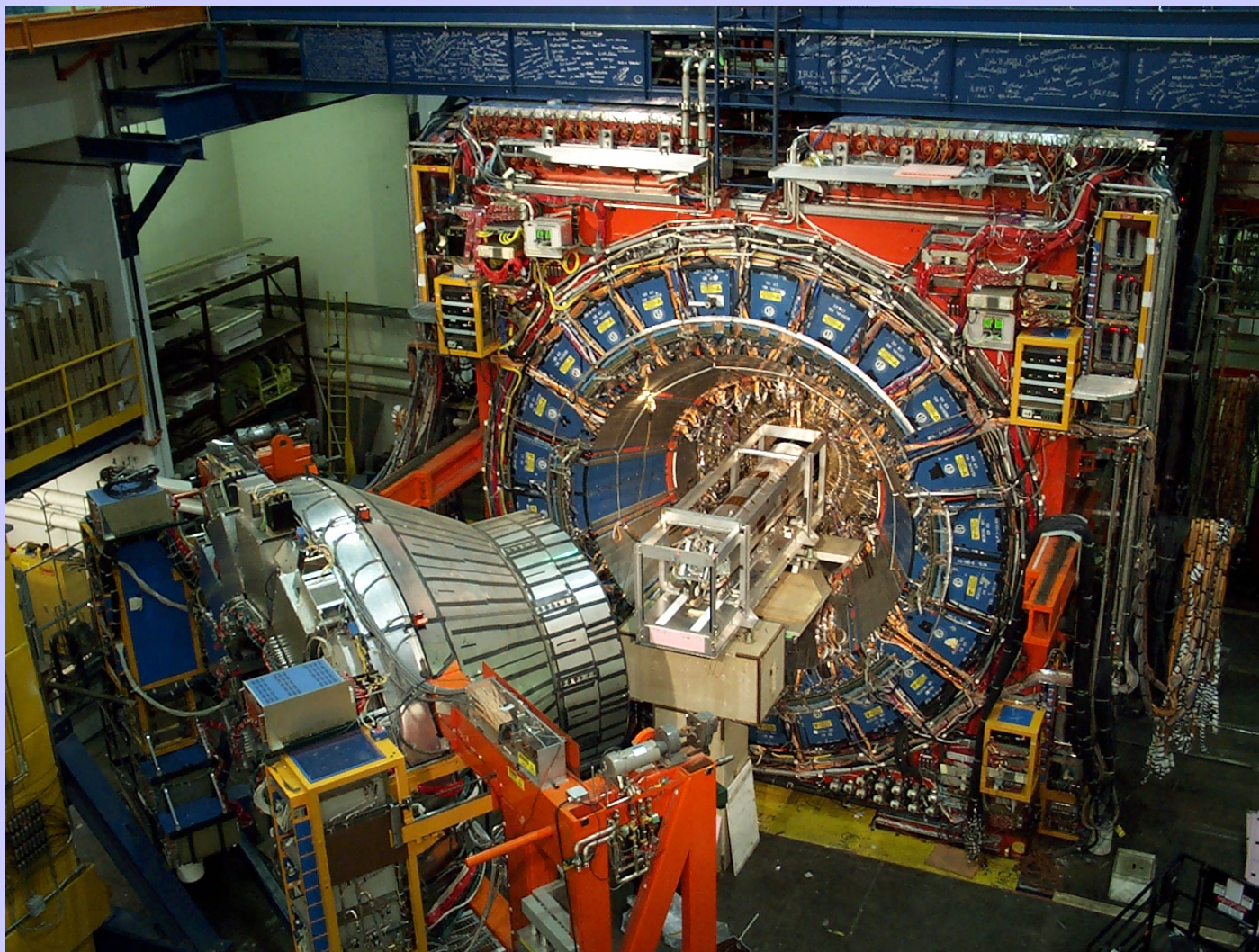
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczach”)

- eksperyment CDF w Fermilab – general concept



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

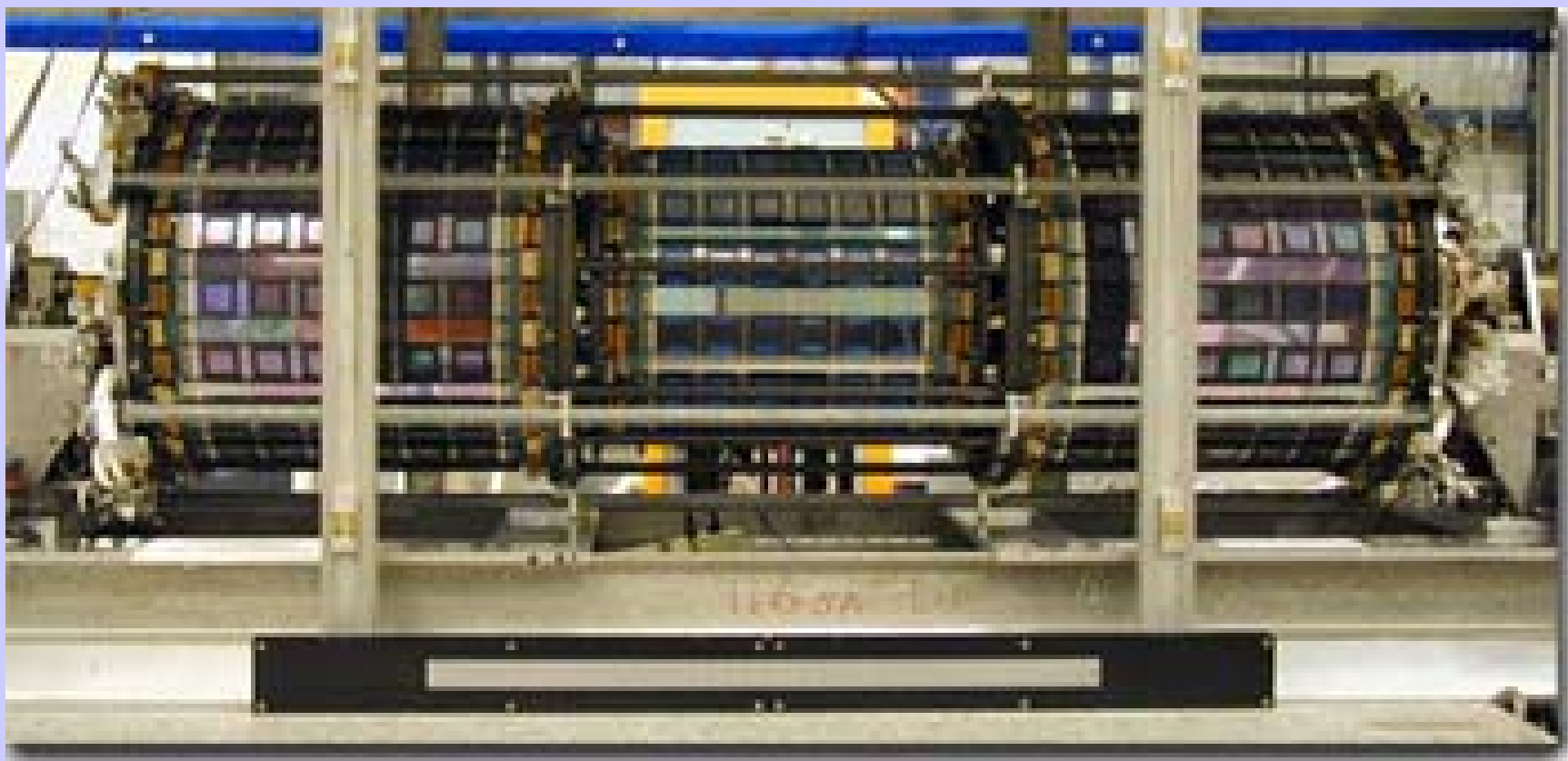
- eksperyment CDF w Fermilab-



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

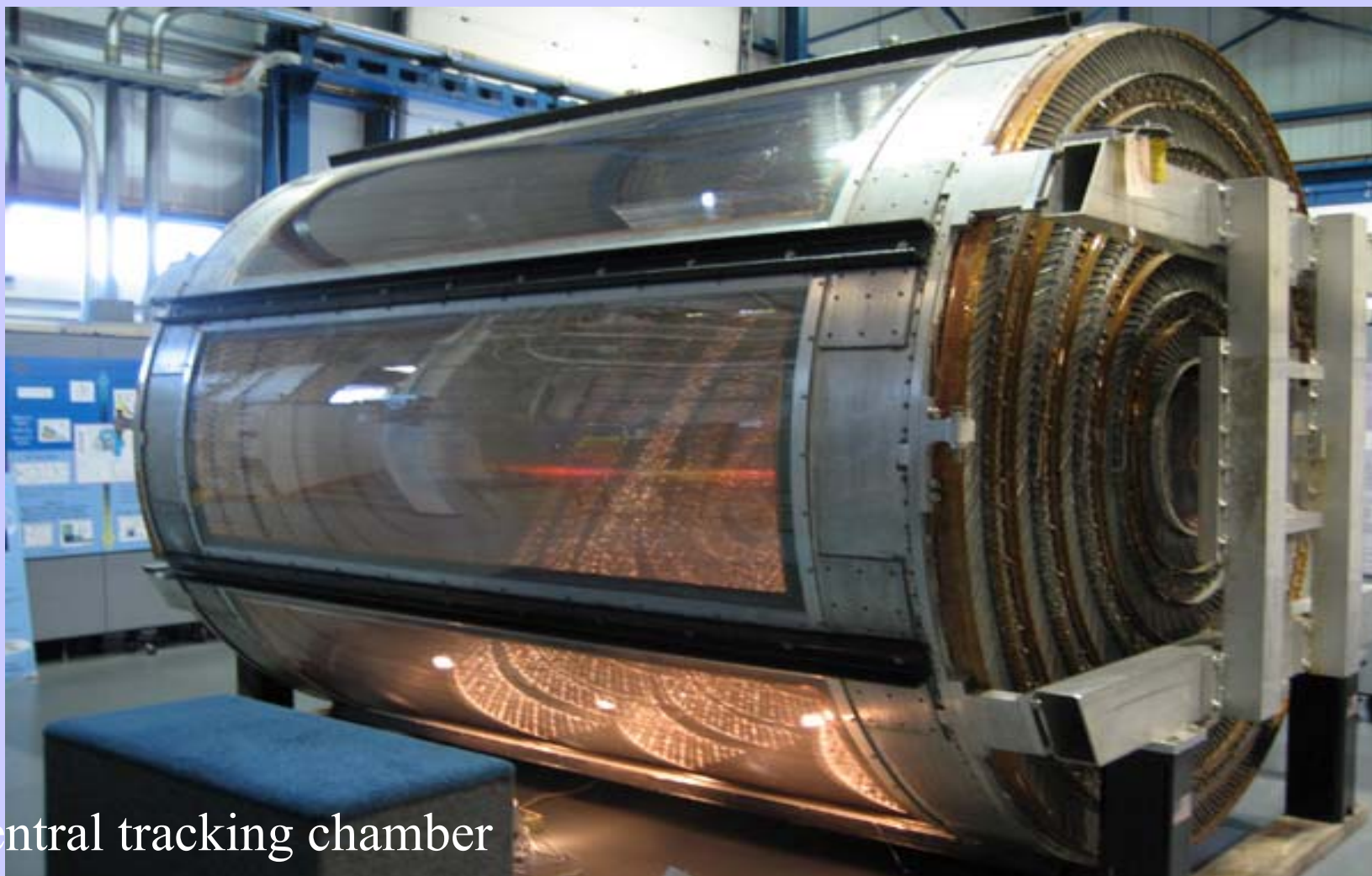
- eksperyment CDF w Fermilab-

- **Silicon strip detector**



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

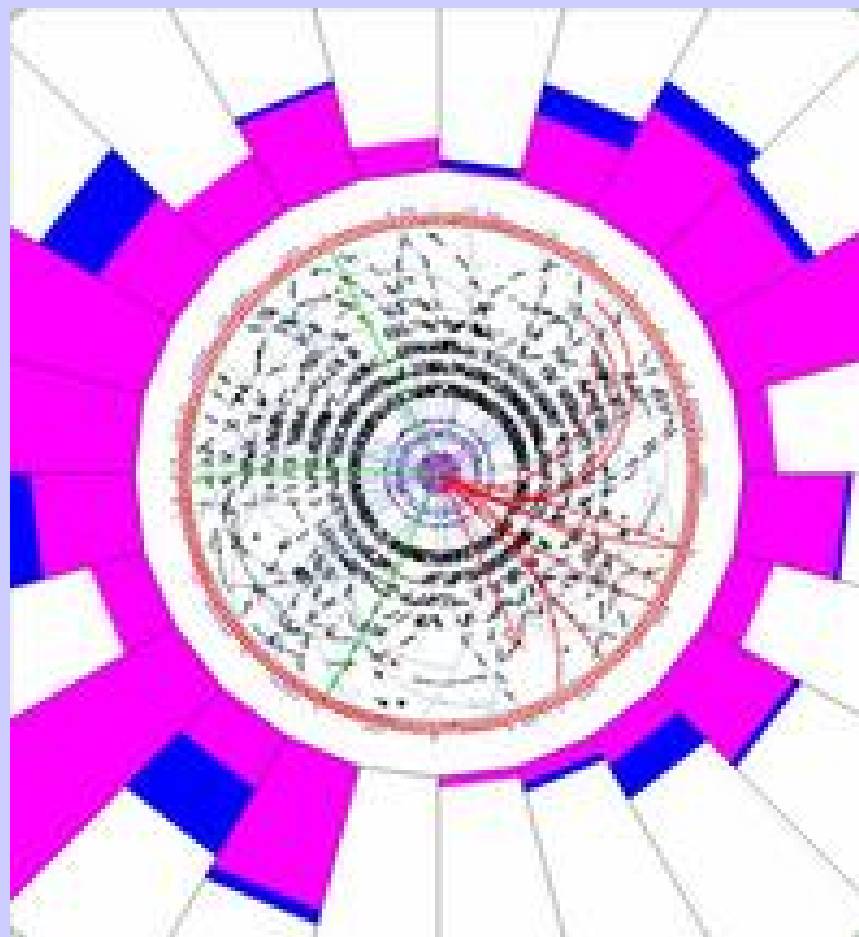
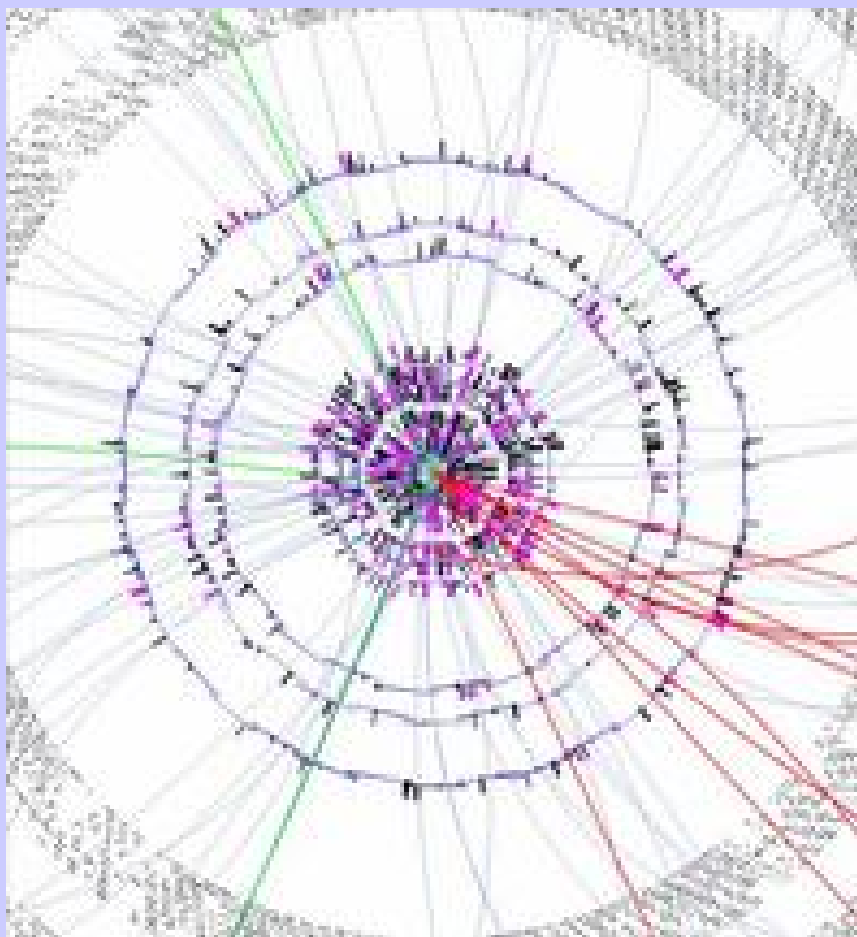
- eksperyment CDF w Fermilab-



Central tracking chamber

Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązki („zderzacach”)

- eksperyment CDF w Fermilab-



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczych”)

- eksperyment CDF w Fermilab-

e + 4 jet event

40758_44414

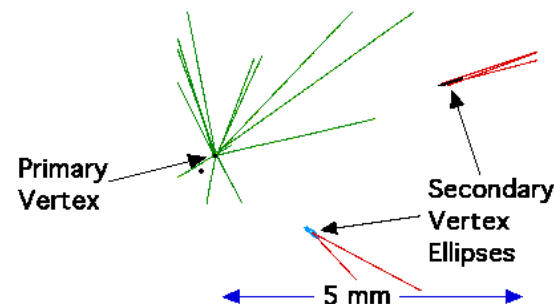
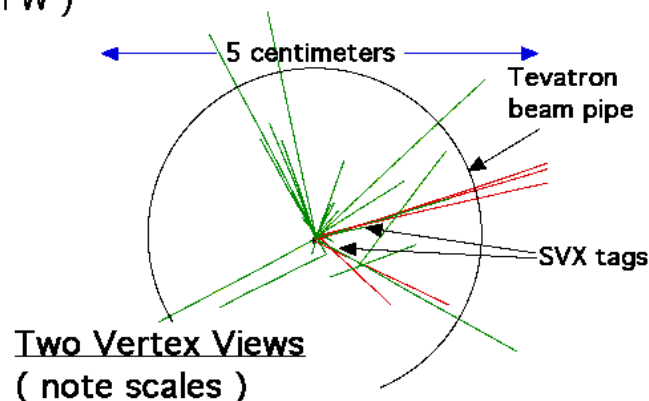
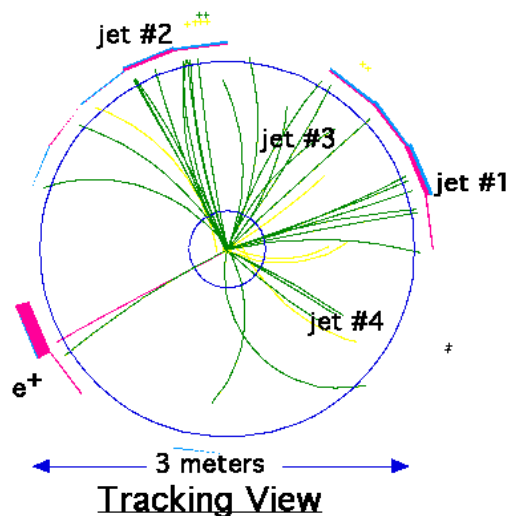
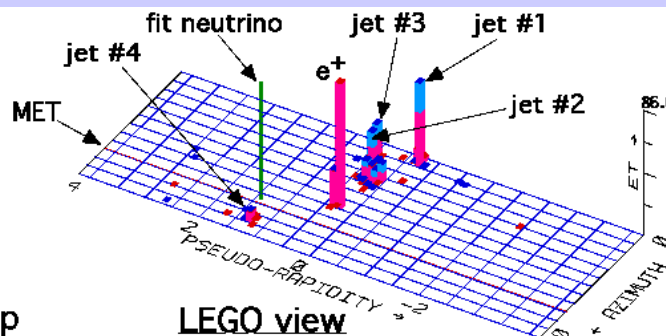
24-September, 1992

TWO jets tagged by SVX

fit top mass is 170 ± 10 GeV

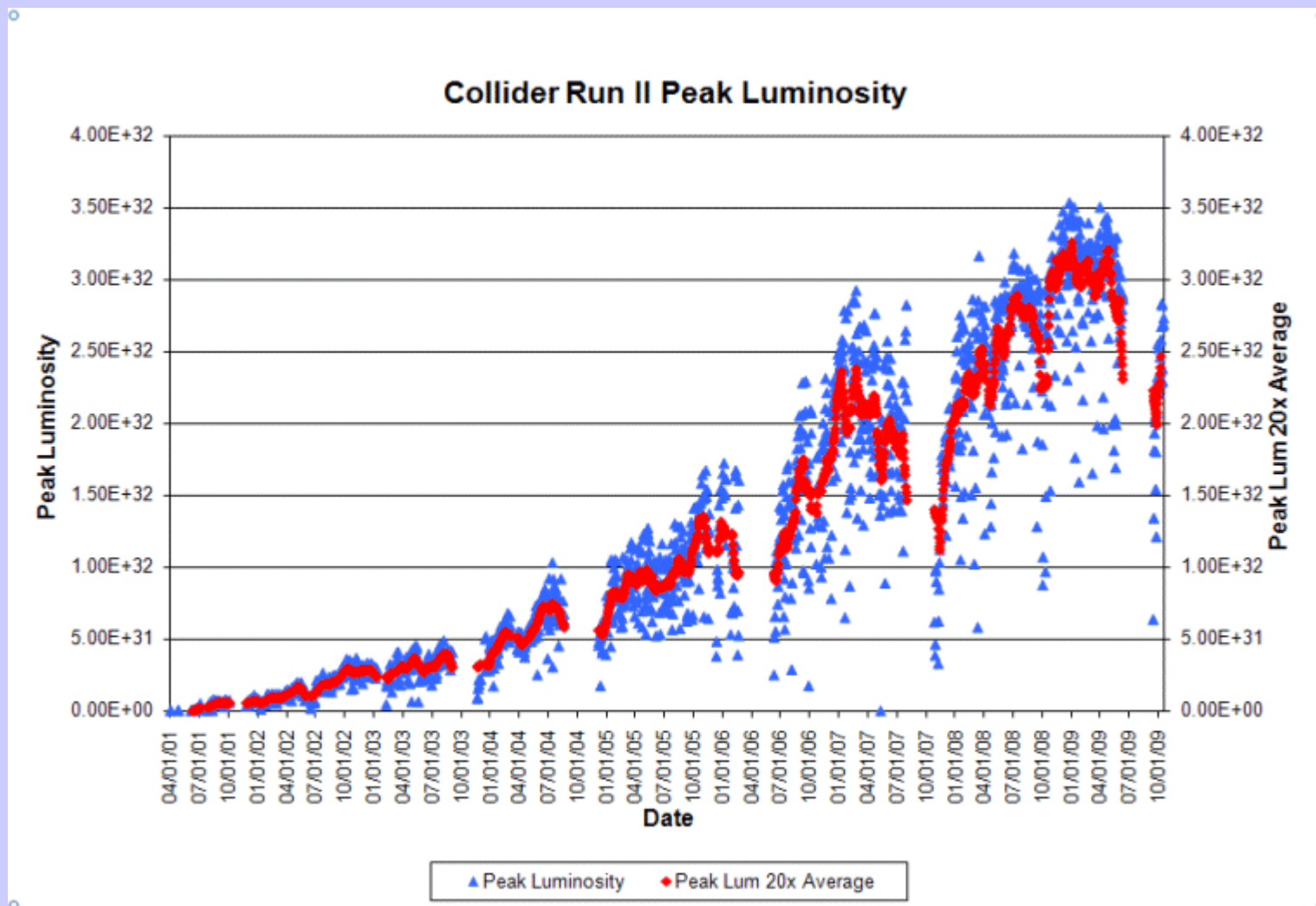
e^+ , Missing E_T , jet #4 from top

jets 1,2,3 from top (2&3 from W)



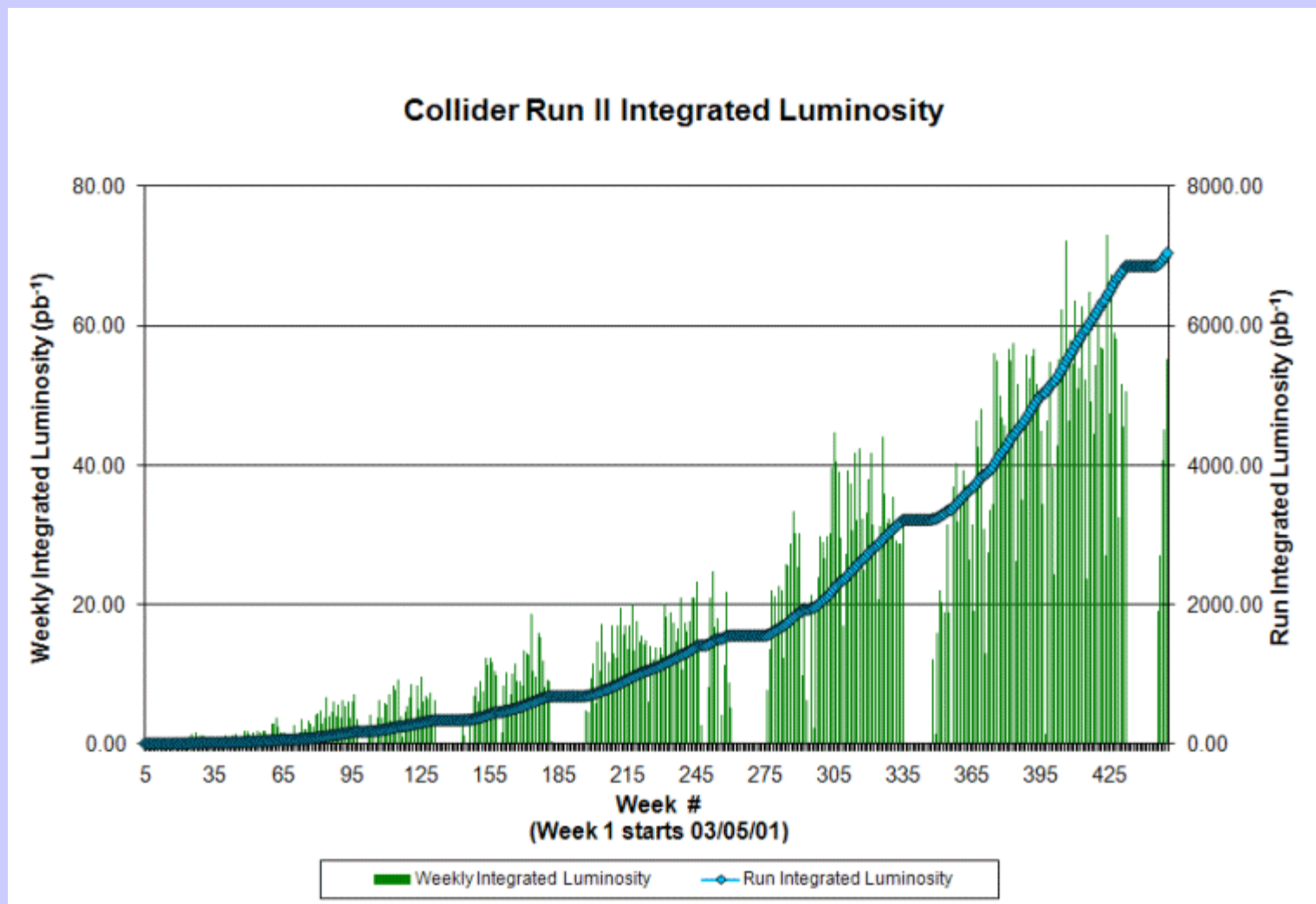
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczych”)

- świetlność Tevatronu w Fermilab-



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczych”)

- świetność Tevatronu w Fermilab-

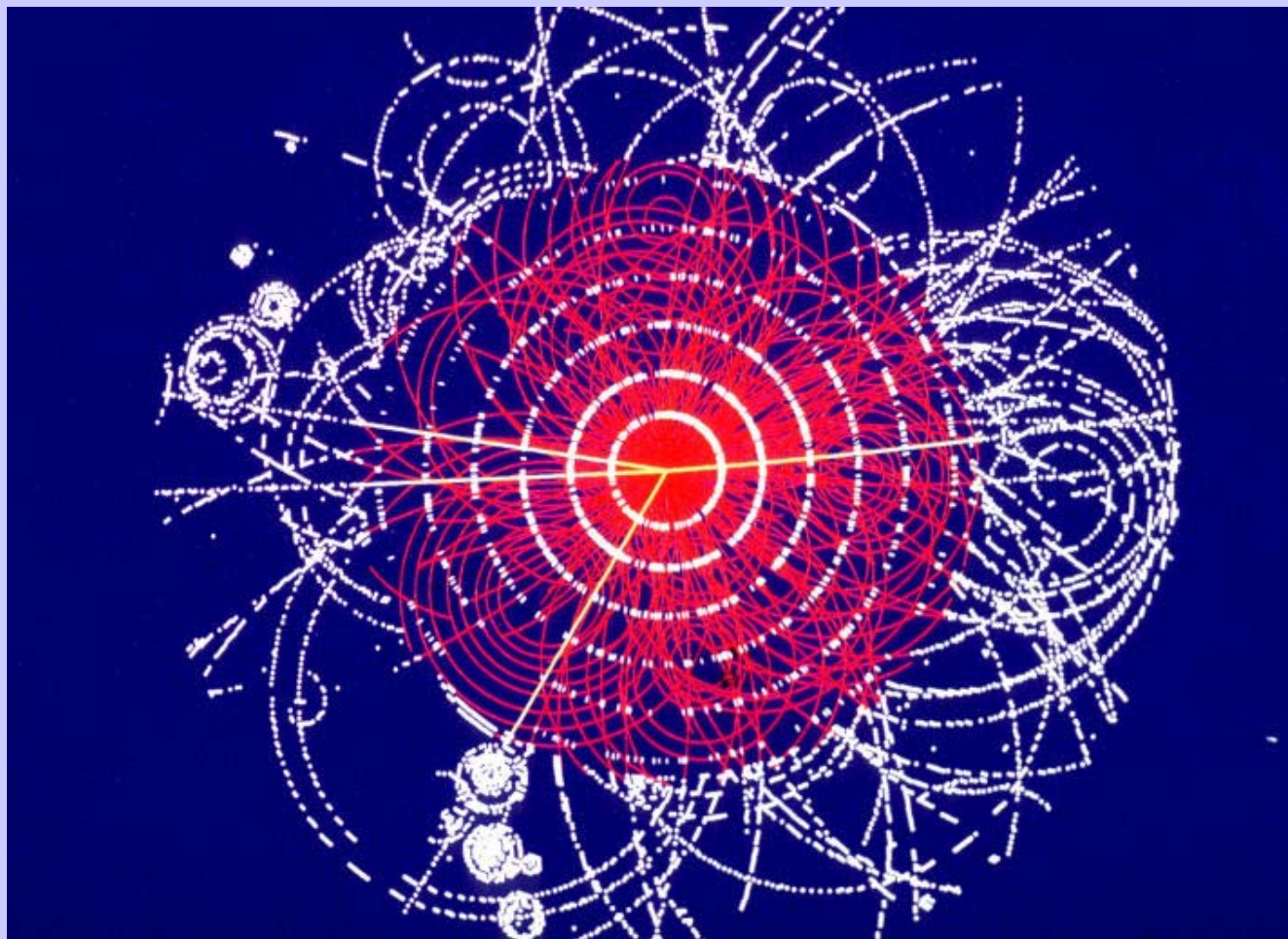


Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązках („zderzaczach”)

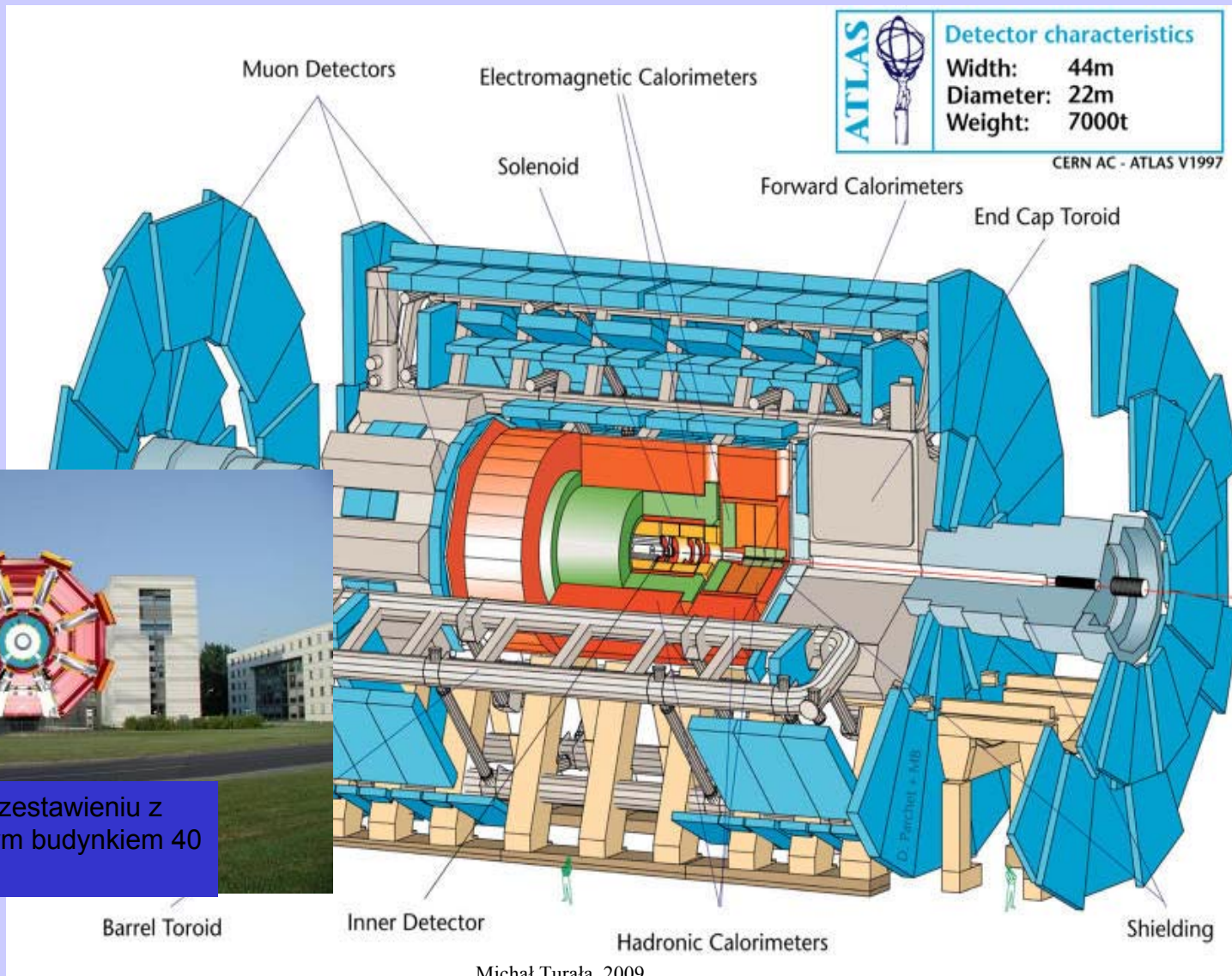
- **Eksperyment ATLAS na LHC w CERN (2006 – 2020 ?)**
 - **Fizyka**
 - Poszukiwania nowych cząstek (Higgs’a, supersymetrycznych, ...)
 - Badania różnych wybranych reakcji
 - **Ogólna koncepcja**
 - Uniwersalny spektrometr magnetyczny
 - Precyzyjny pomiar mionów
 - **Detektory torów**
 - Detektor wierzchołka
 - Detektor wewnętrzny
 - Komory mionowe
 - **Kalorymetr elektromagnetyczny**
 - **Kalorymetr hadronowy**
 - **Wstępna selekcja przypadków**
 - **Akwizycja danych**
 - **Analiza danych**

Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

- eksperyment ATLAS -

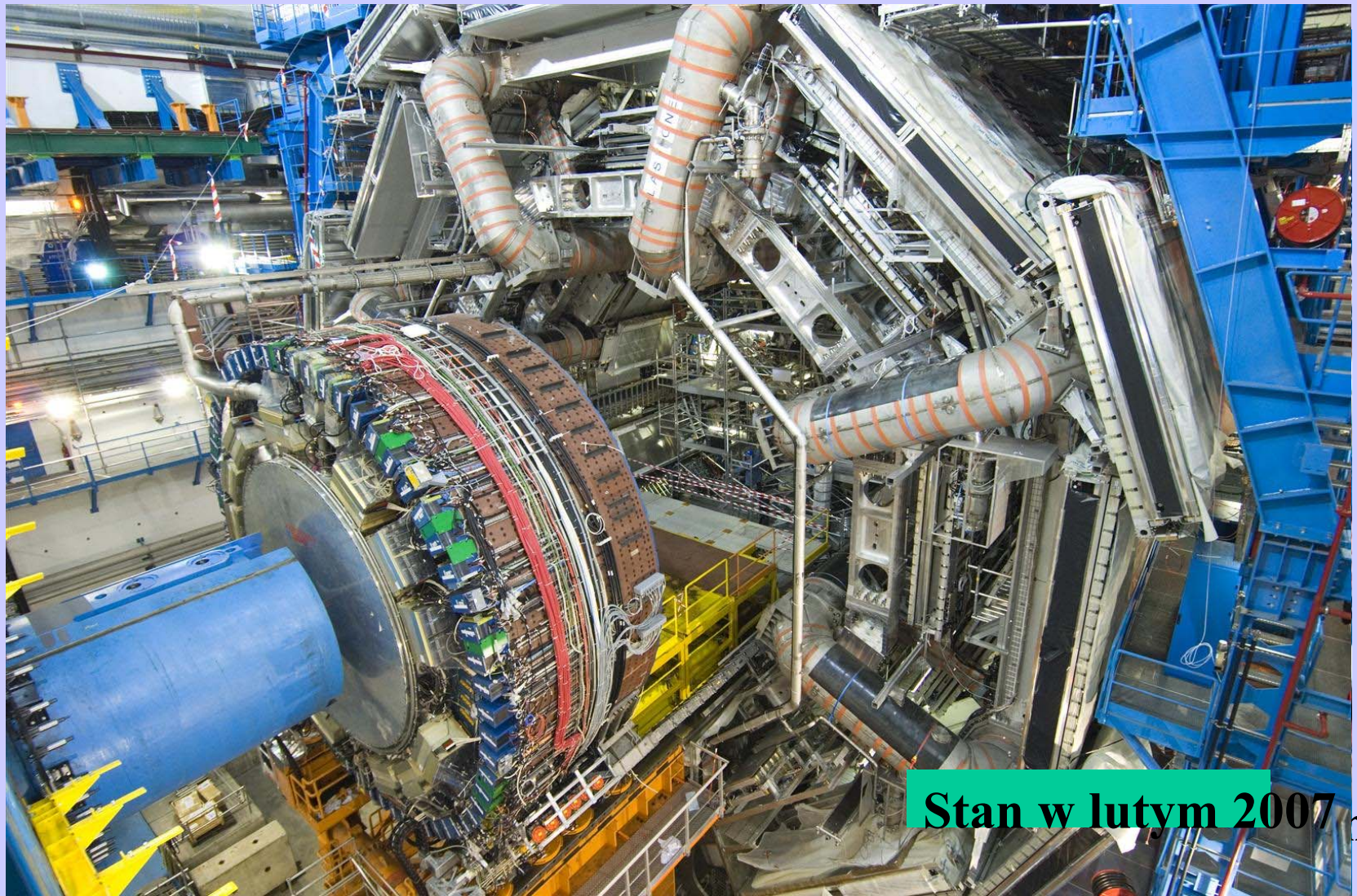


Eksperyment ATLAS



ATLAS w zestawieniu z 5 piętrowym budynkiem 40 w CERN

Eksperyment ATLAS



Stan w lutym 2007 r. na wa

ATLAS End-cap Toroid installation

The transports and installations were major operations, involving also specialized firms

The ECTs are 250 tons, 15 m high, 5 m wide

**ECT-A was lowered on 13th June 2007, and
ECT-C on 12th July 2007**



Eksperyment ATLAS

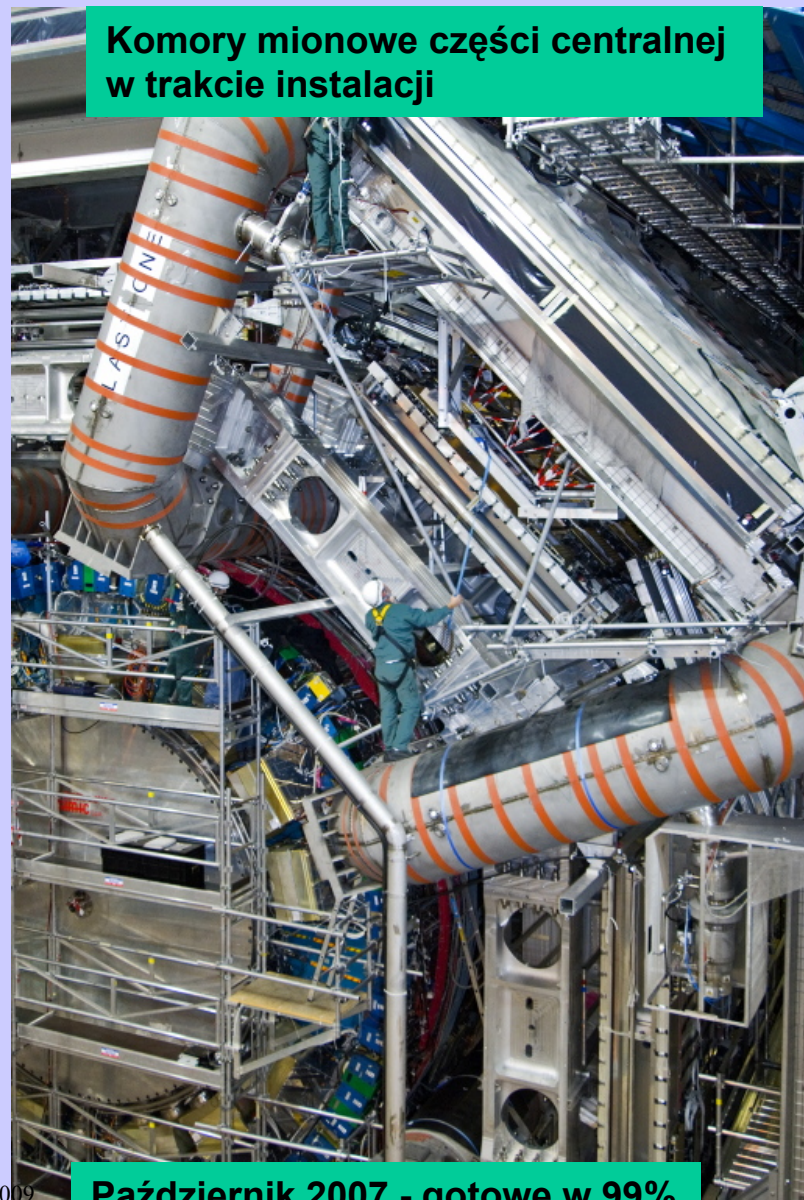
Komory mionowe „do przodu”
w trakcie instalacji



Październik 2007

Michał Turała, 2009

Komory mionowe części centralnej
w trakcie instalacji



Październik 2007 - gotowe w 99%

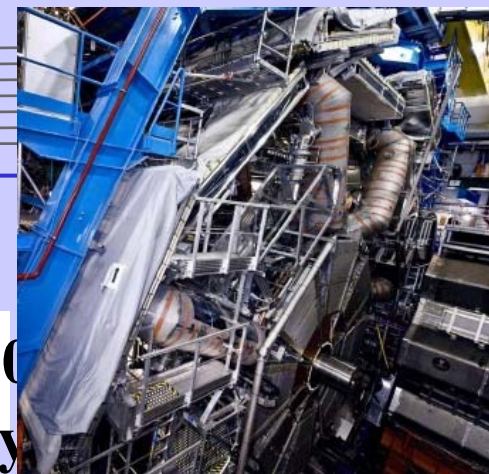
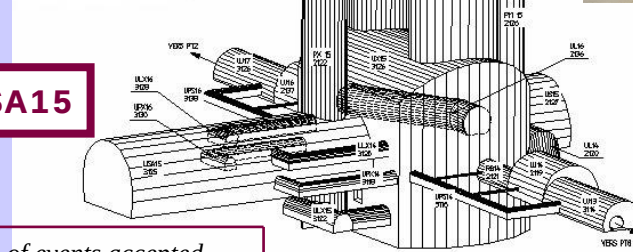
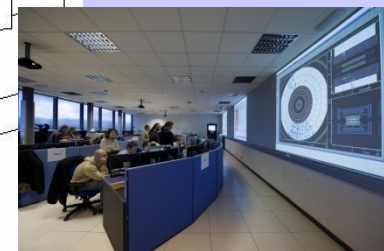
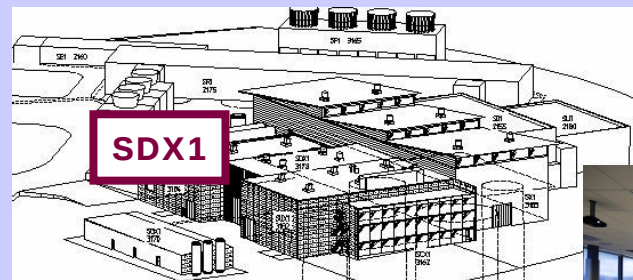
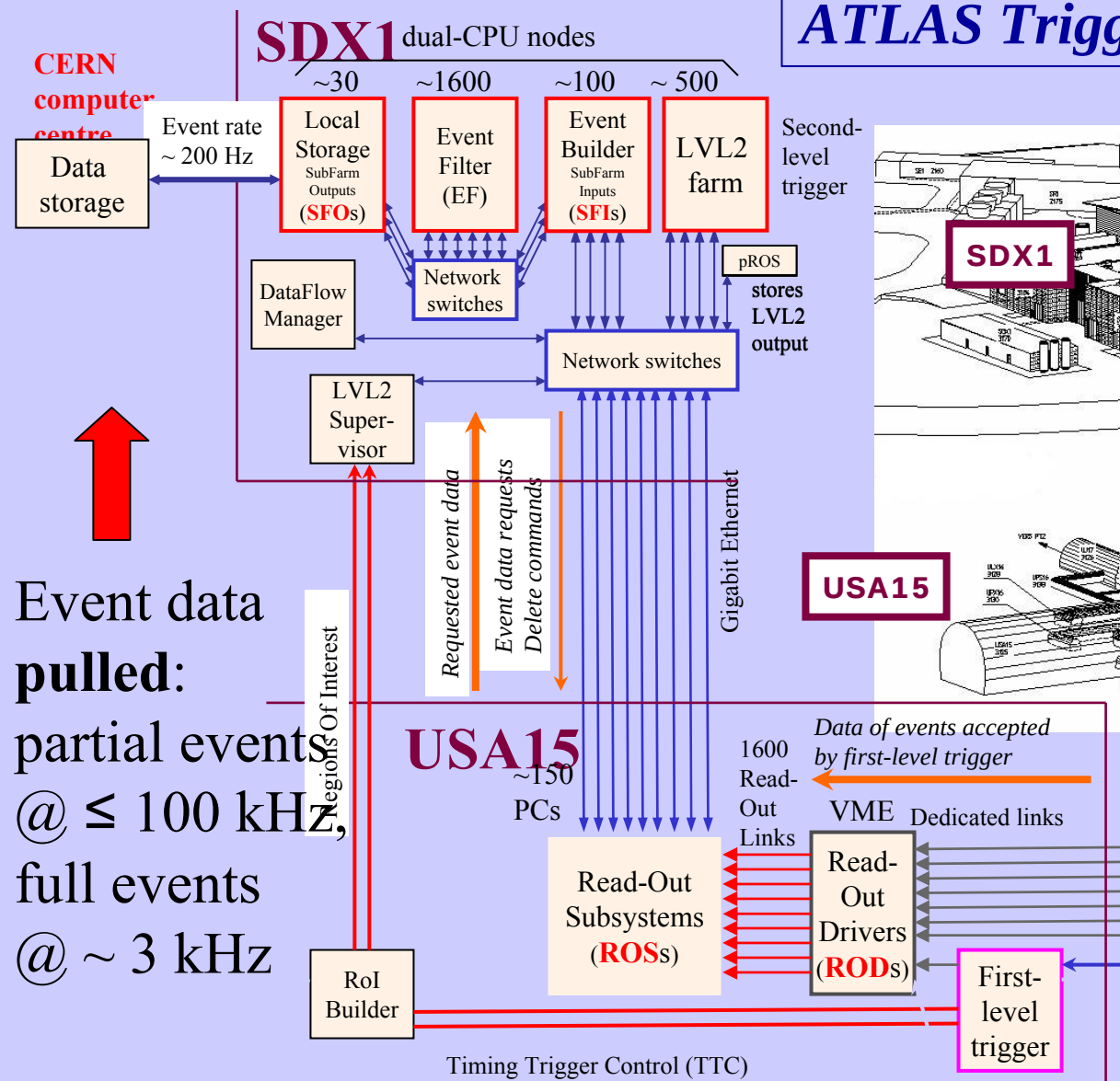
Eksperyment ATLAS



Michał Turała, 2009

**A historical moment:
Closure of the LHC beam pipe
on 16th June (the last piece was
one shown here in ATLAS side**

ATLAS Trigger / DAQ Data Flow



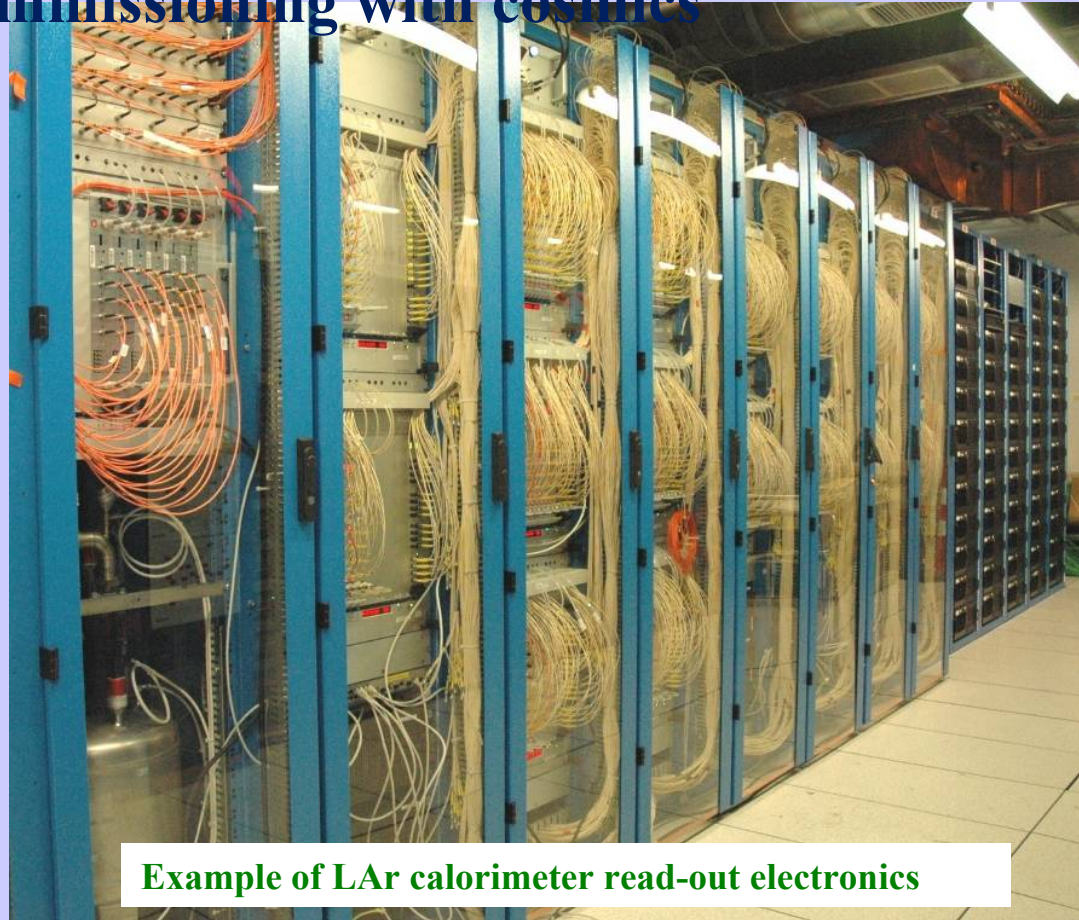
Event data pulled:
partial events
@ ≤ 100 kHz,
full events
@ ~ 3 kHz

Event data pushed @ ≤ 100 kHz
1600 fragments of ~ 1 kByte

The read-out electronics, trigger, DAQ and control systems have been brought into operation gradually over the past years, along with the commissioning with cosmic rays

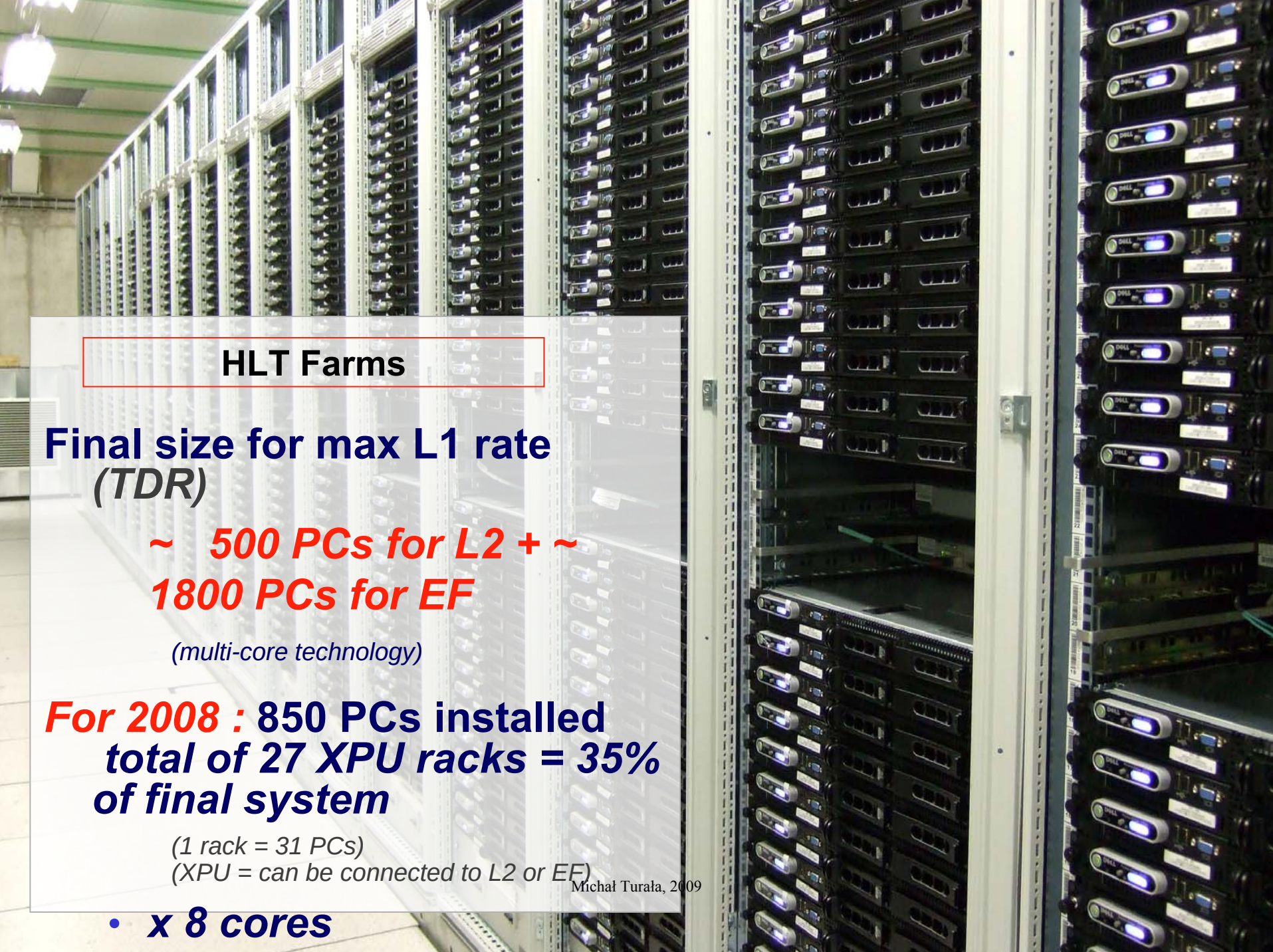


Example of Level-1 Trigger electronics



Example of LAr calorimeter read-out electronics

In total about 300 racks with electronics in the



HLT Farms

**Final size for max L1 rate
(TDR)**

**~ 500 PCs for L2 + ~
1800 PCs for EF**

(multi-core technology)

**For 2008 : 850 PCs installed
total of 27 XPU racks = 35%
of final system**

(1 rack = 31 PCs)

(XPU = can be connected to L2 or EF)

Michał Turała, 2009

- **x 8 cores**

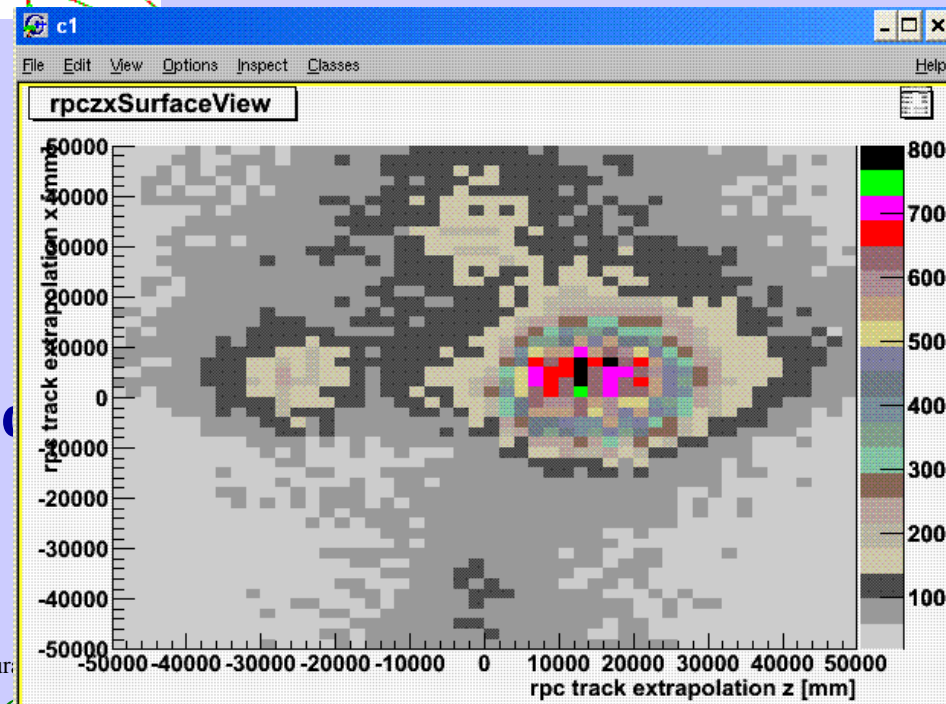
10 ms of cosmics

Simulated cosmics flux
in the ATLAS cavern



Cosmics data:

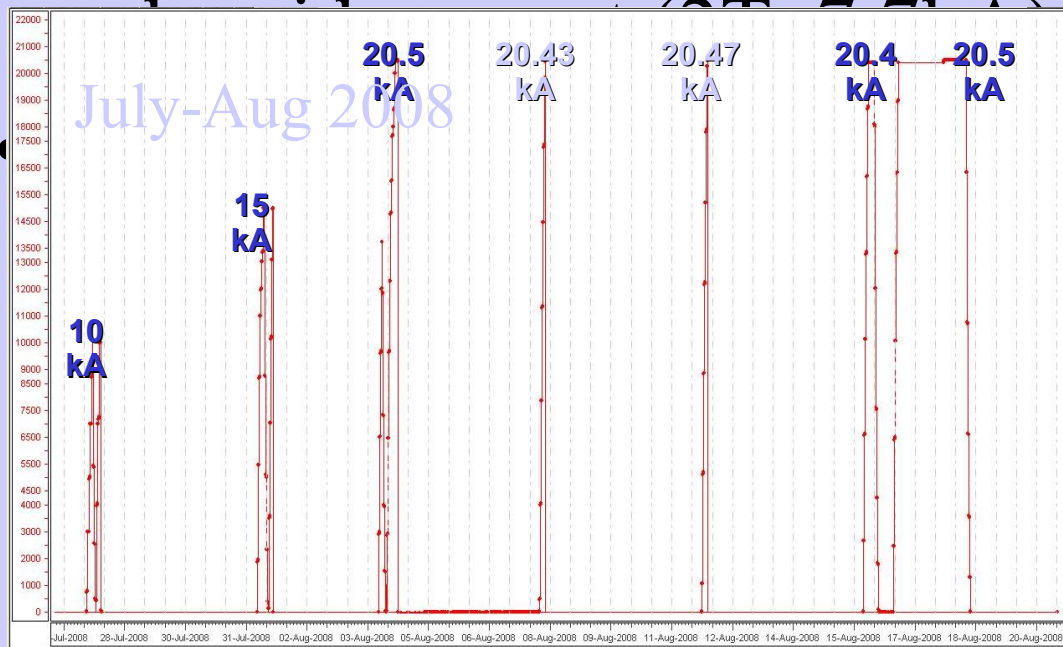
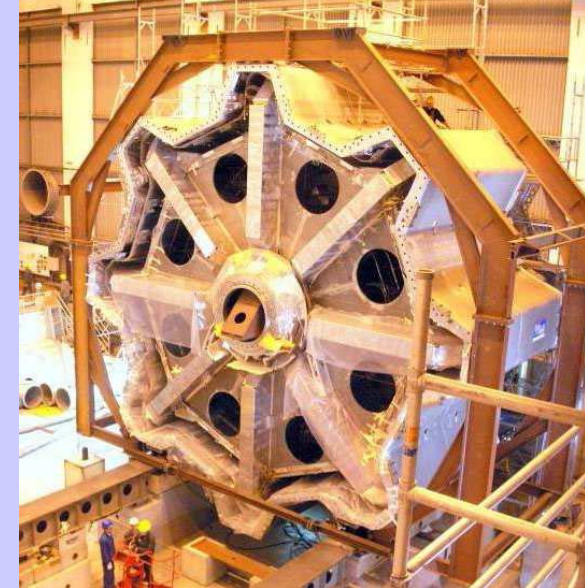
Muon impact points extrapolated
to surface as measured by
Muon Trigger chambers (RPC)



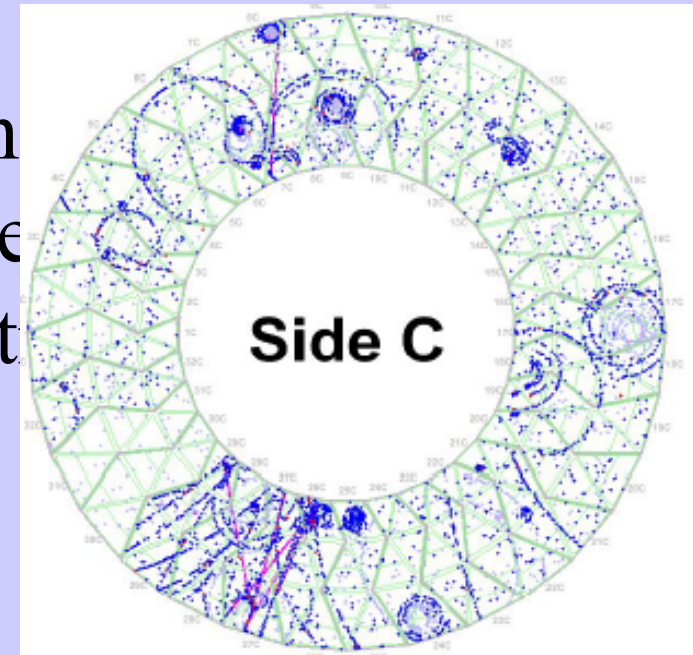
Michał Tur

Rate: 100 m below ground: 0.6

- Magnet runs
(4T, 20.5kA) have been run at full current, in combination with the



n
ge
kt



3 weeks

Michał Turała, 2009

Full Dress Rehearsal (FDR)

Played data through the computing system just as for real data from the LHC

- started at point 1, as though real data
- processed data at CERN Tier-0, *various calibration & data quality steps*
- shipped out to the Tier-1s and Tier-2s for physics analysis

Complementary to “milestone runs” which test the real detector, but only with cosmic rays

Two “FDR runs”

ATLAS output disk (point-1)



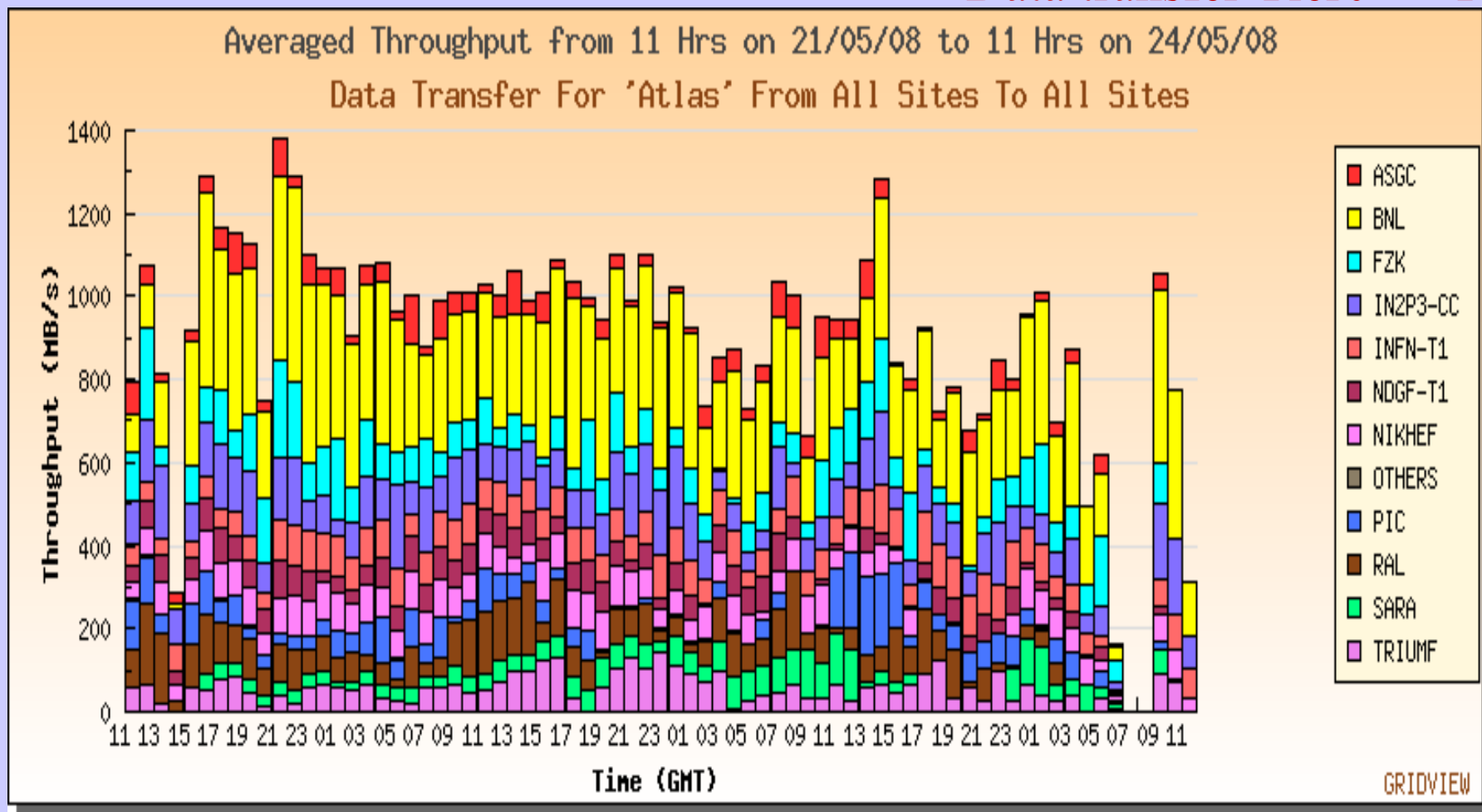
Tier-0 and CAF



Tier-1 and Tier-2

ATLAS during the Common Computing Readiness Challenge CCRC Phase 2

Data transfer Tier0--> Tier



Nominal peak level (~ 1 GB/s) sustained over 3 days

Michał Turula, 2009



***Excitement in the ATLAS Detector Control Room:
The first LHC event on 10th September 2008***

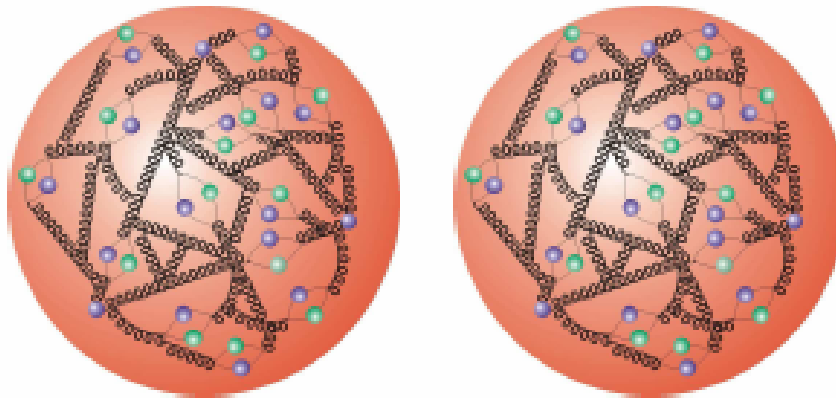
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

- ILC -

Why ILC?

LHC:

Because of the high proton mass high energies are reachable
however protons are composite particles:



p

$\bar{p}$

protons have strong interactions

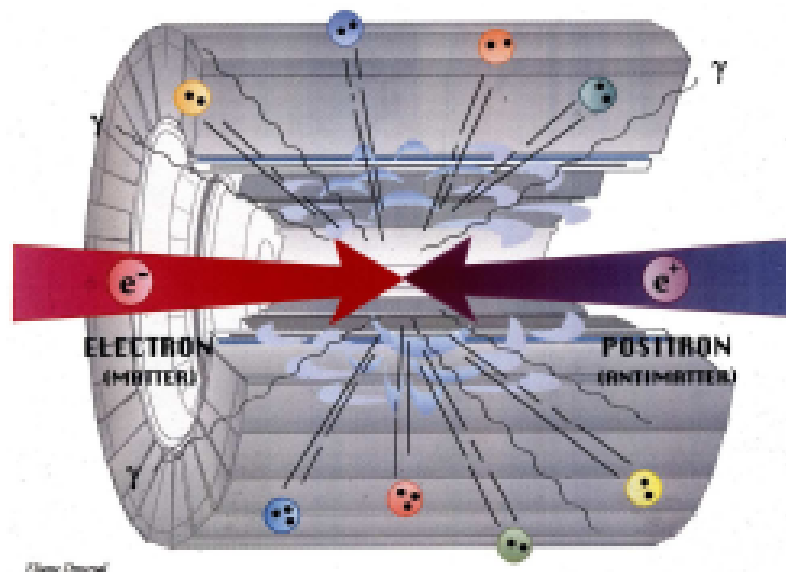
- high background
 - not all processes can be reconstructed
- hadron collider are “discovery machines”

- parton energies are much lower than proton energy
- interaction on the parton level is unknown
- proton remnant disappears in beam-pipe
⇒ kinematics must be reconstructed from the decay products

Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

Lepton collider

Because of the smaller e-mass it is more difficult to reach high energies (synchrotron radiation)



electrons are point like

- interaction energy = e^+e^- -energy
- energy-momentum conservation can be used to reconstruct the event kinematics

electrons have no strong interactions

- low backgrounds
- all events can be reconstructed

⇒ lepton-collider are “precision machines”

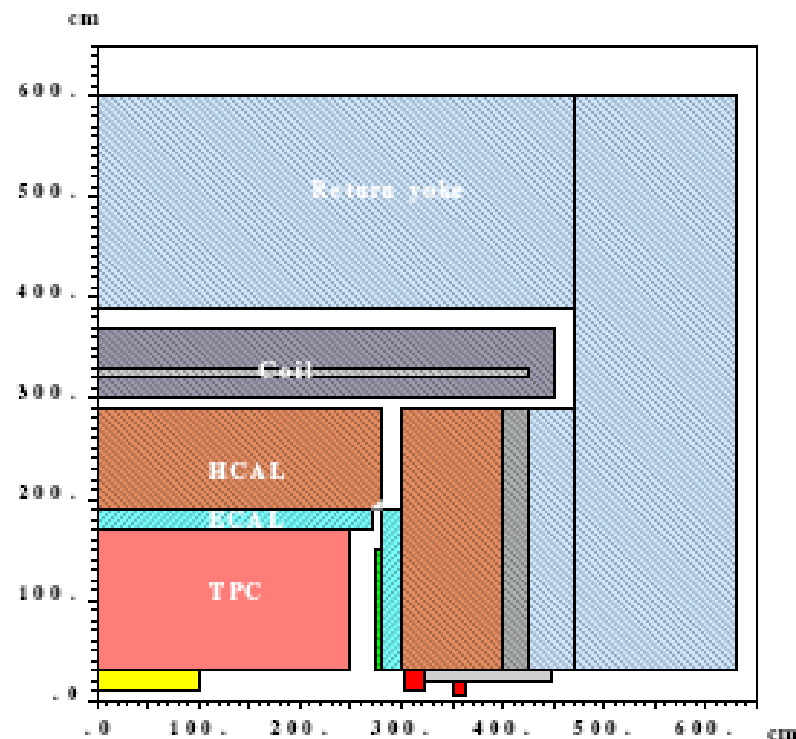
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

- ILC -

The LDC detector

Basic design choices

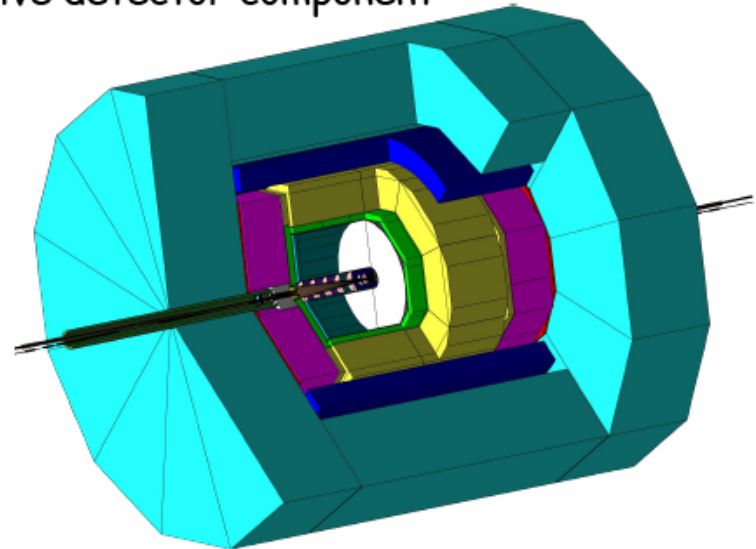
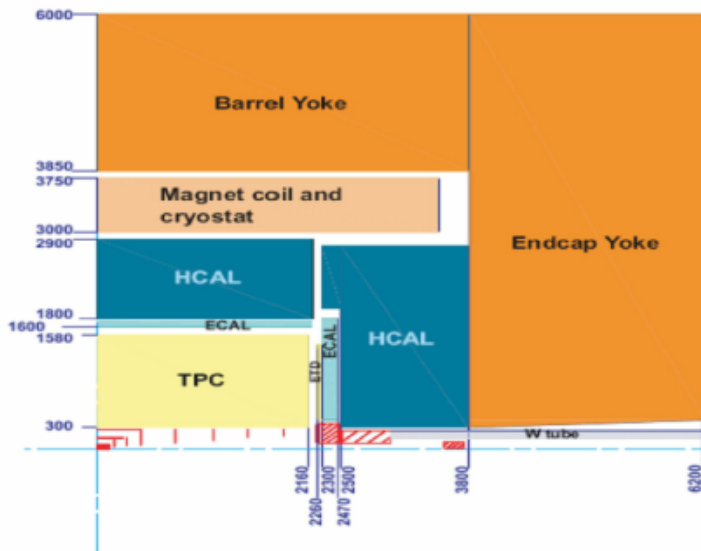
- Large gaseous tracking volume for good momentum resolution and efficient track reconstruction
- Very fine grained calorimetry for particle flow concept
- High precision vertex detector for b-tagging
- Maximum possible hermeticity
- Concept relatively similar to a LEP detector



Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

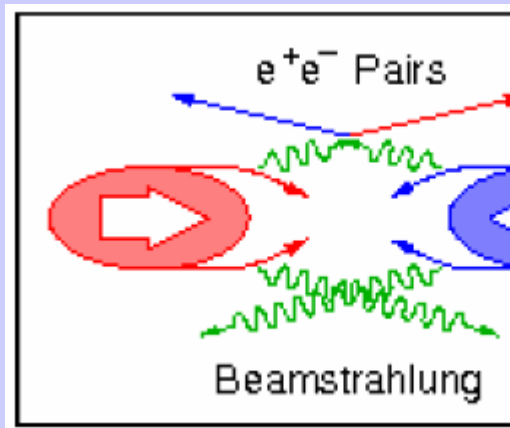
International Large Detector Concept

- Intended precision measurements at ILC require detectors of unprecedented performance - *huge challenge for detector and reconstruction methods*
 - vertex resolution, tracking resolution, jet energy resolution - better than in any existing detectors so far
- 'Particle Flow' - proposed approach for reconstruction
 - reconstruct 4-momenta of ALL particles in an event
 - for each particle use most effective detector component



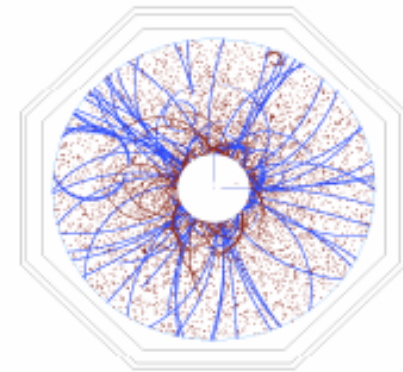
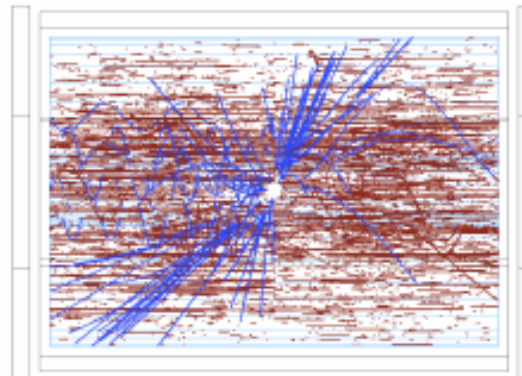
Eksperymenty na akceleratorach o zderzających się wiązkach („zderzaczach”)

Beam induced background

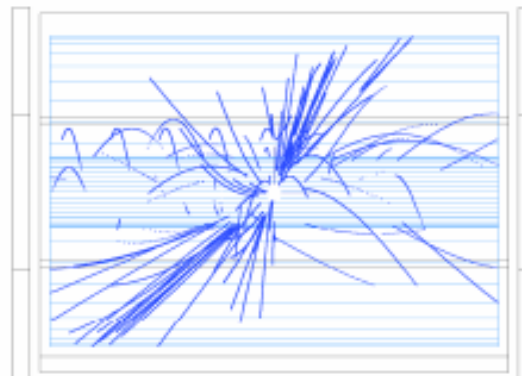


- beamstrahlung (photon)
- photons strongly focused
- e⁺e⁻ pair production: dir

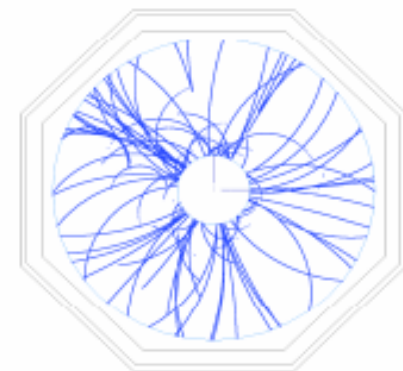
TPC hits for ttbar events overlayed with 150 BX of pair-background hits



TPC tracks



improved reconstruction



courtesy of S. Aplin