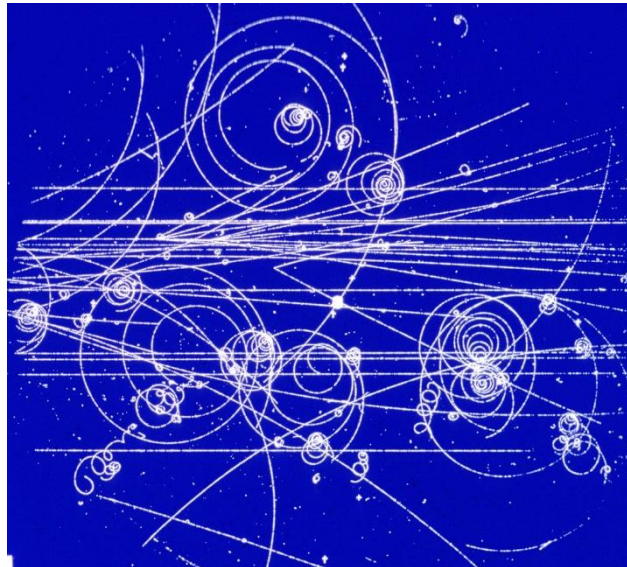


Fizyka Wysokich Energii

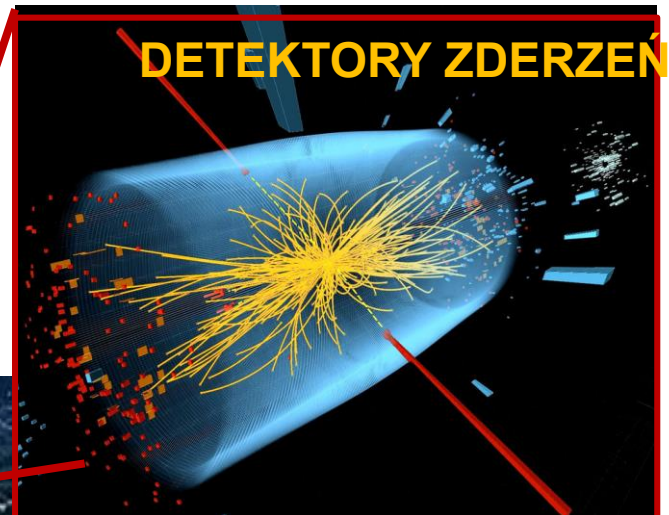
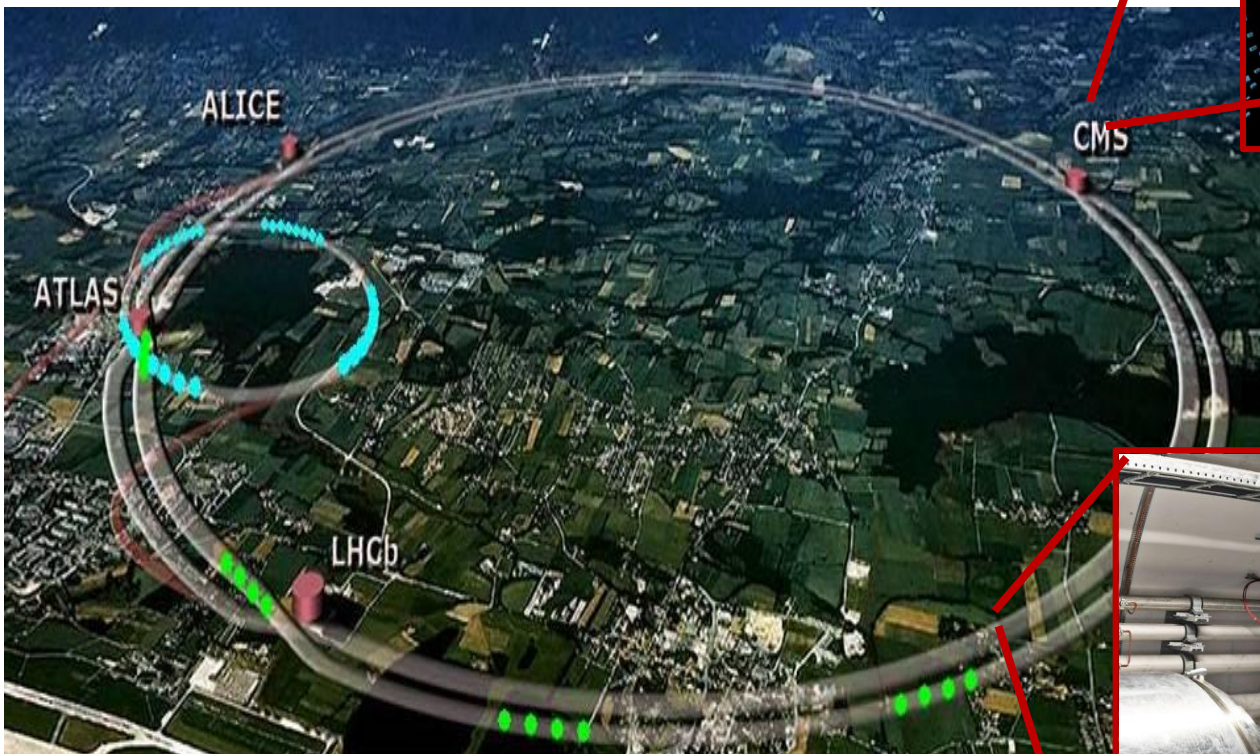
Laboratorium

Wojciech Krupa
Agnieszka Obłąkowska-Mucha



LHC 2010-2023

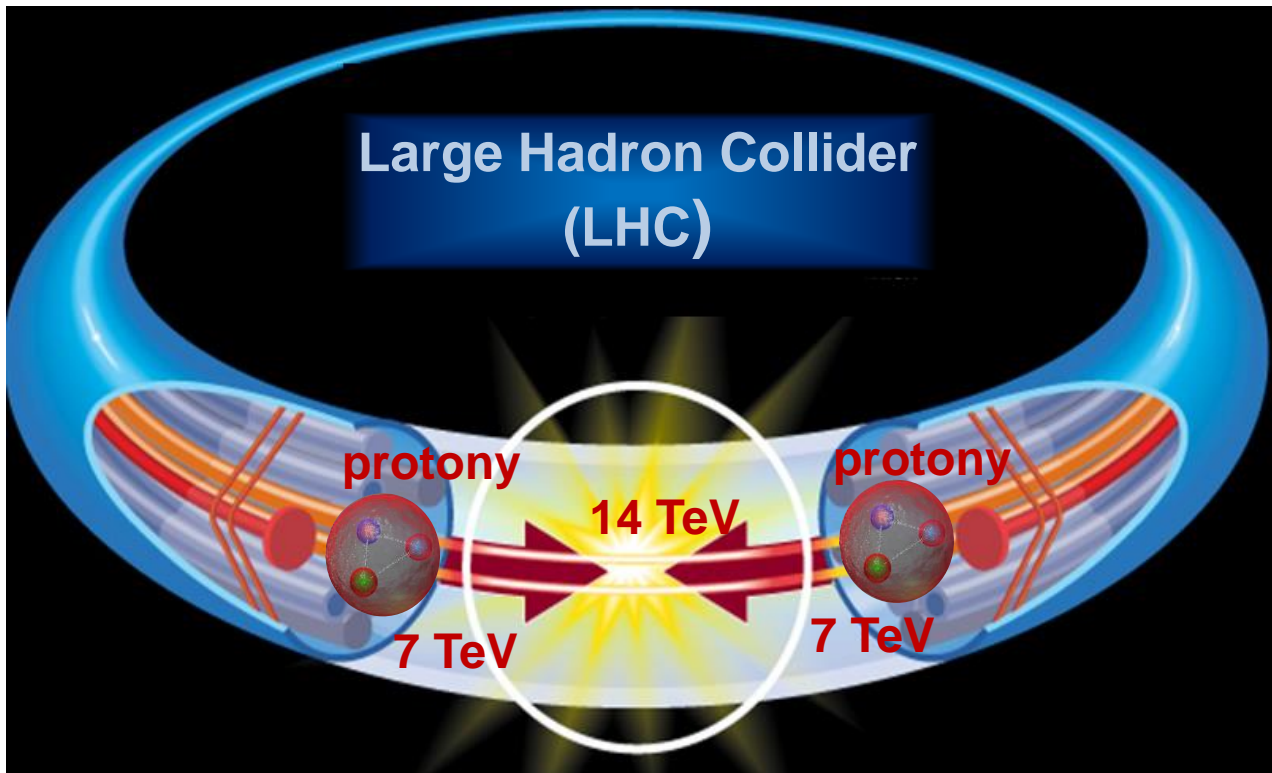
LHC to zespół akceleratorów protonów, zbudowany pod Genewą, w ośrodku CERN



Największy pierścień ma 27 km obwodu, urządzenia zbudowane są w tunelu, na głębokości do 100 metrów.

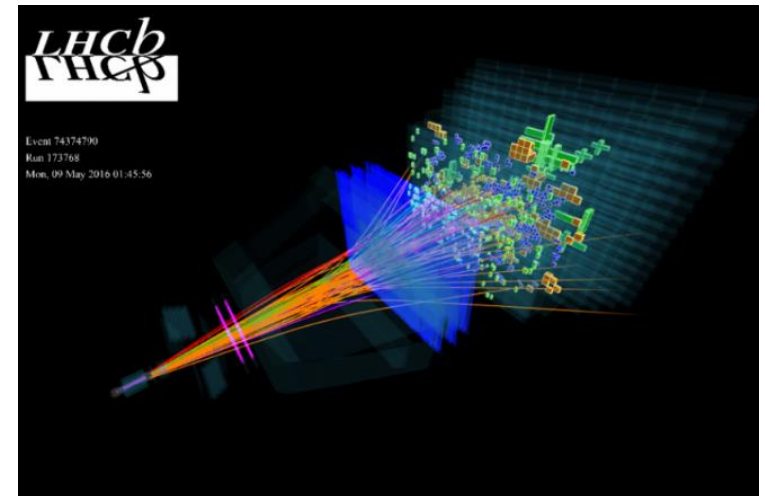
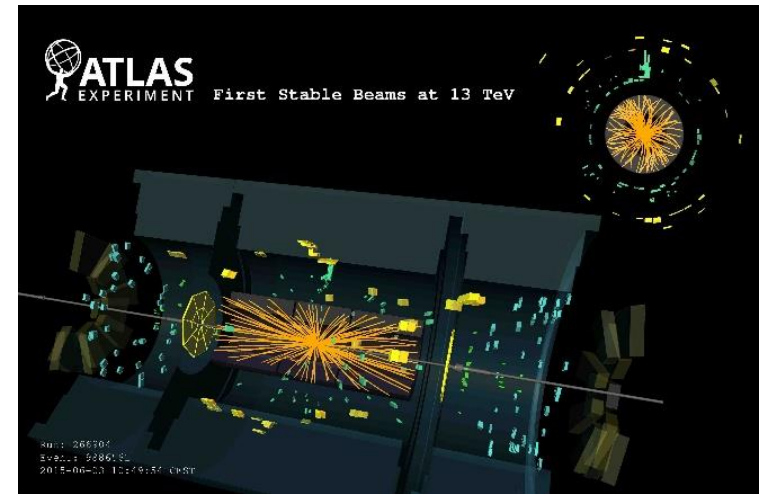
Plan pracy

1. LHC
2. Cykl pracy LHC
3. Od hitów do wyników – dataflow



Plan pracy

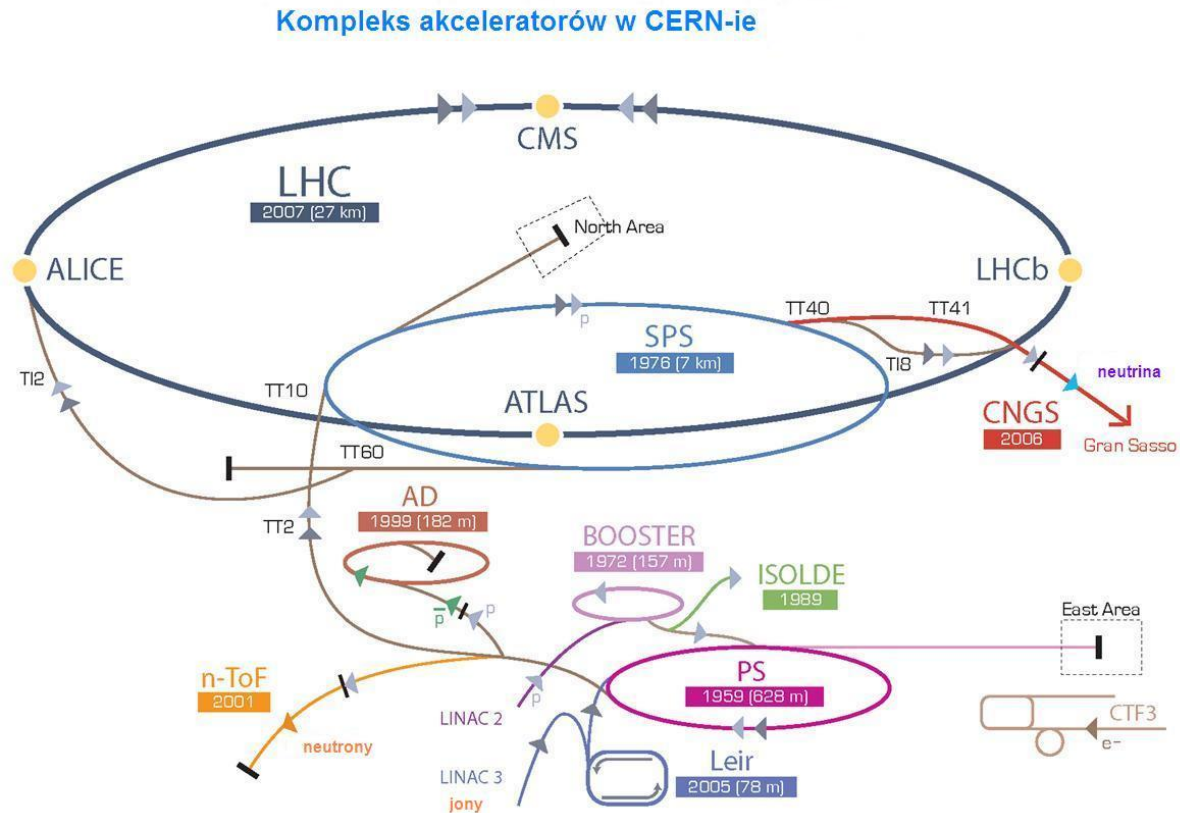
1. LHC
2. Cykl pracy LHC
3. Od hitów do wyników – dataflow



Wizualizacja zderzeń proton proton w eksperymencie LHCb i ATLAS

LHC – akcelerator hadronów

LHC – Large Hadron Collider, Wielki Zderzacz Hadronów



LHC Large Hadron Collider SPS Super Proton Synchrotron PS Proton Synchrotron

AD Antiproton Decelerator CTF3 Clic Test Facility CNGS Cern Neutrinos to Gran Sasso ISOLDE Isotope Separator OnLine DEvice

LEIR Low Energy Ion Ring LINAC LINear ACcelerator n-ToF Neutrons Time Of Flight

Eksperymenty na LHC

A Large Ion Collider Experiment ALICE

LHC Beauty LHCb

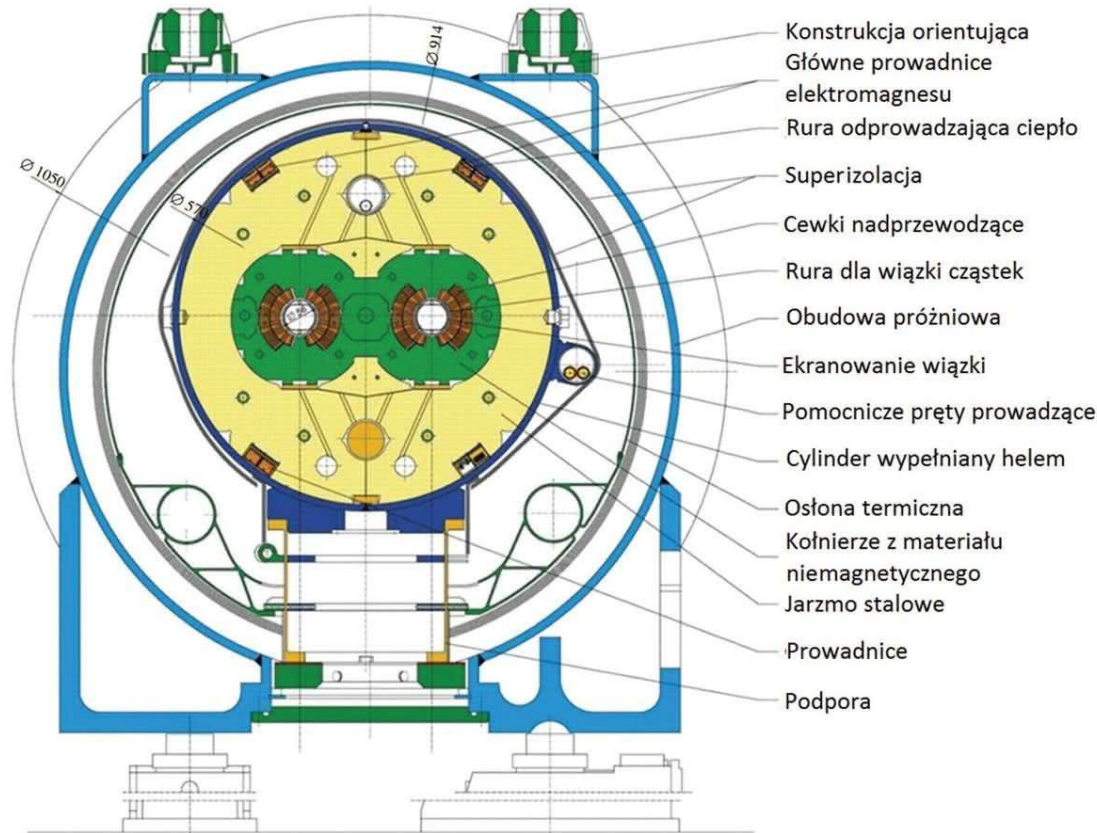
Compact Muon Solenoid CMS

A Toroid LHCb ApparatuS ATLAS



LHC – akcelerator hadronów

LHC – Large Hadron Collider, Wielki Zderzacz Hadronów



- 1230 nadprzewodnikowych magnesów dipolowych o długości ponad 15 metrów
- 392 nadprzewodnikowych magnesów kwadrupolowych o długości ponad 6 m każdy
- nadprzewodnik NbTi
- pole magnetyczne o wielkości 8

LHC – akcelerator hadronów

LHC – Large Hadron Collider, Wielki Zderzacz Hadronów

- akcelerator protonów
- dostarcza wiązki protonów o energii:

$$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}.$$

- Świetłość osiągnięta w 2017 roku:

- $\mathcal{L} = 2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

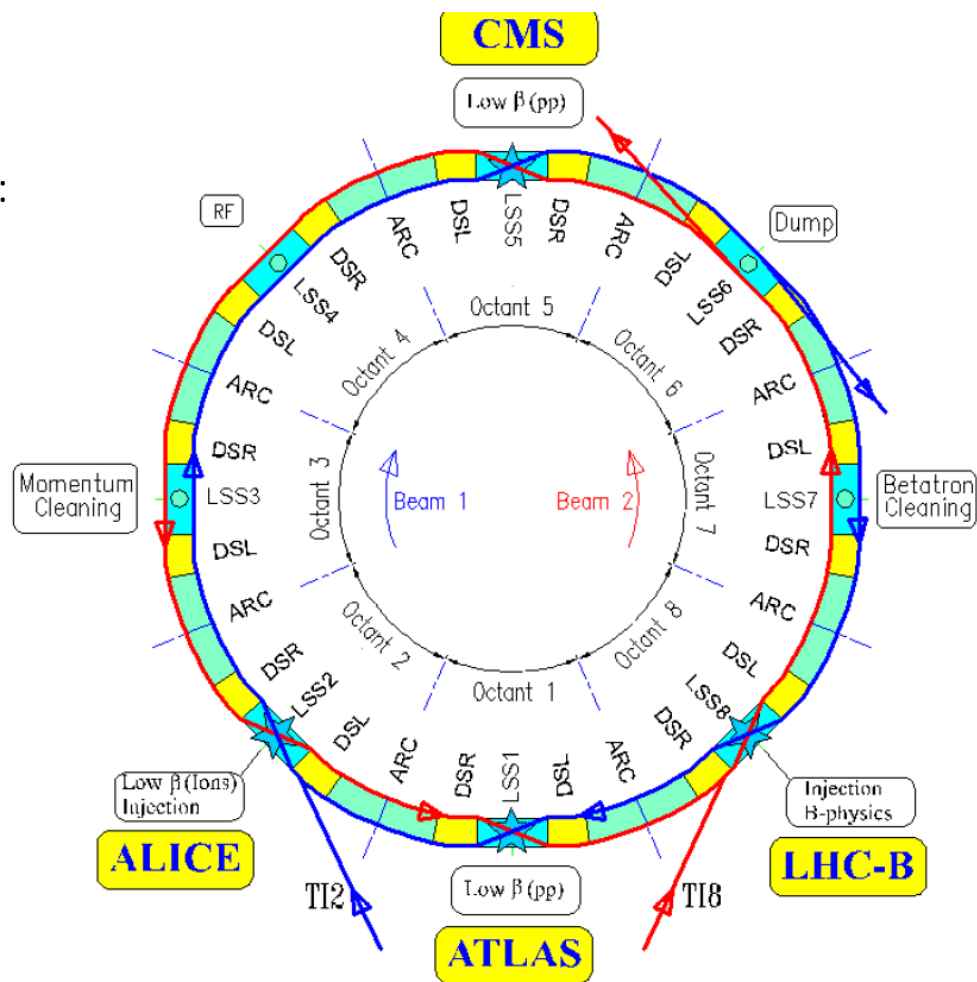
- Przekrój czynny na oddziaływanie proton-proton:

- $\sigma = 101 \text{ mb}$

- Czas zbierania danych:

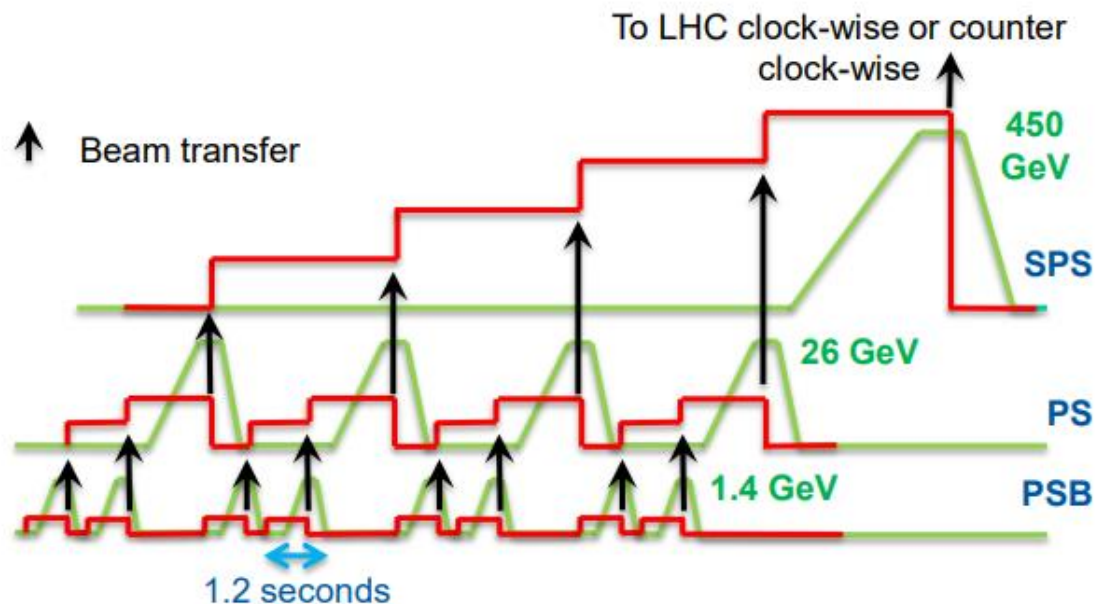
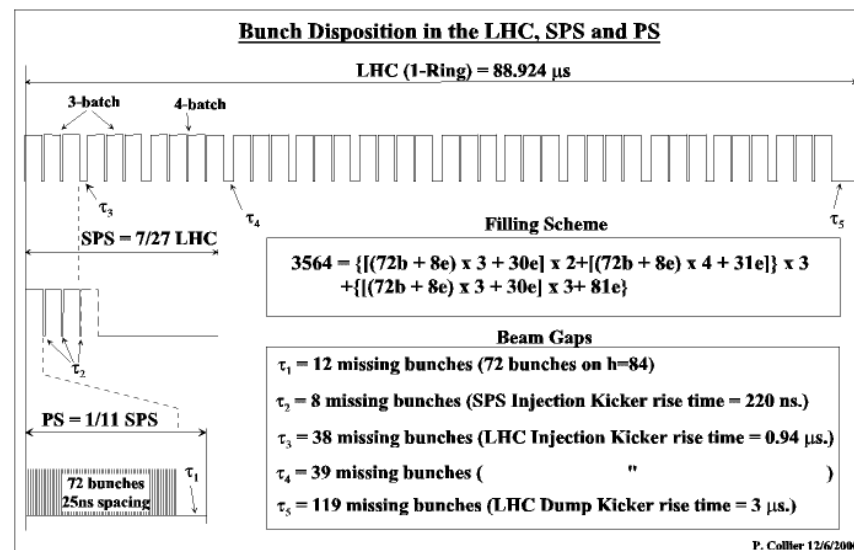
$$10^7 \text{ s /rok.}$$

- Daje to 2×10^{16} oddziaływań/rok



Cykl Pracy LHC - wiązki

- LHC to zespół akceleratorów
- Booster – Formowanie paczki
- PS – Formowanie pakietów
- SPS – Formowanie i wstrzykiwanie wiązek przeciwnych do LHC
- LHC



Cykl Pracy LHC

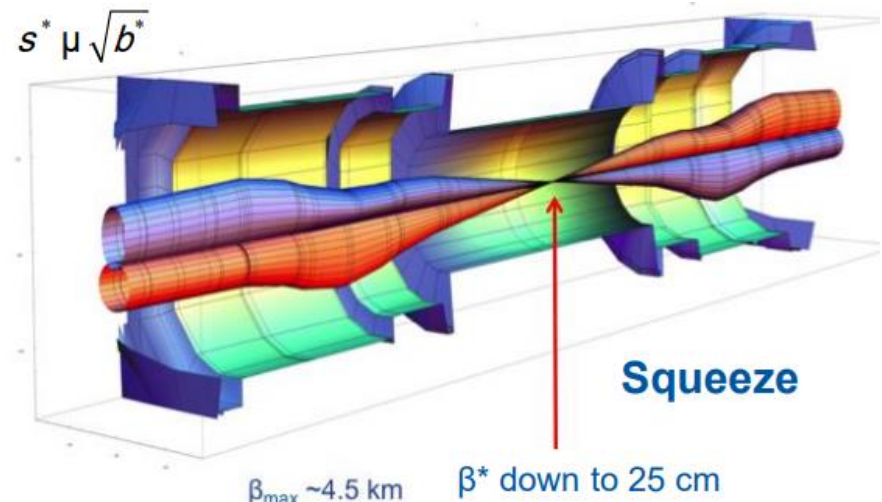
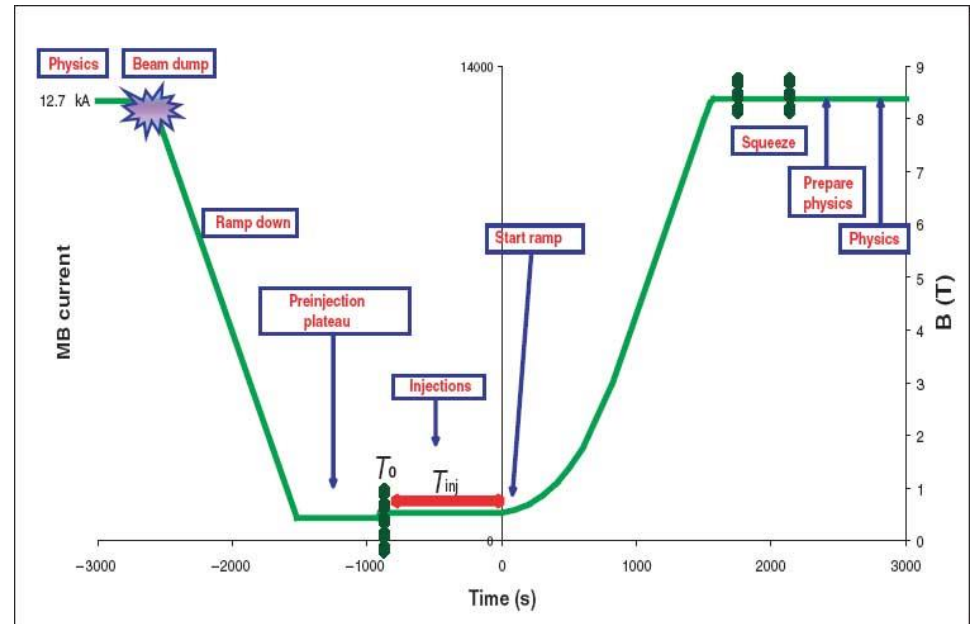
- Klasyczny cykl protonowy:

$$\sqrt{s} = 7 \text{ TeV}$$

- **Injection:** Kolejne paczki protonów wstrzykiwane są z SPS do LHC
- **Ramp:** Gotowe wiązki przyspieszane są do docelowej energii
- **Squeeze + Adjusting:**

Przygotowywanie wiązek do zderzeń

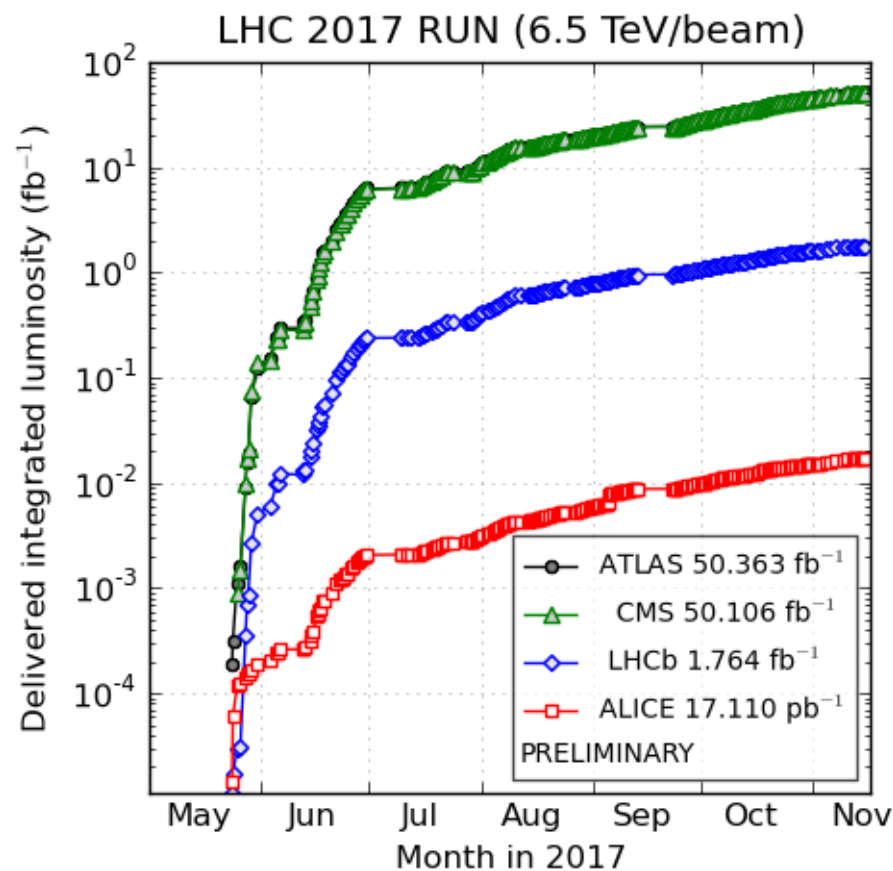
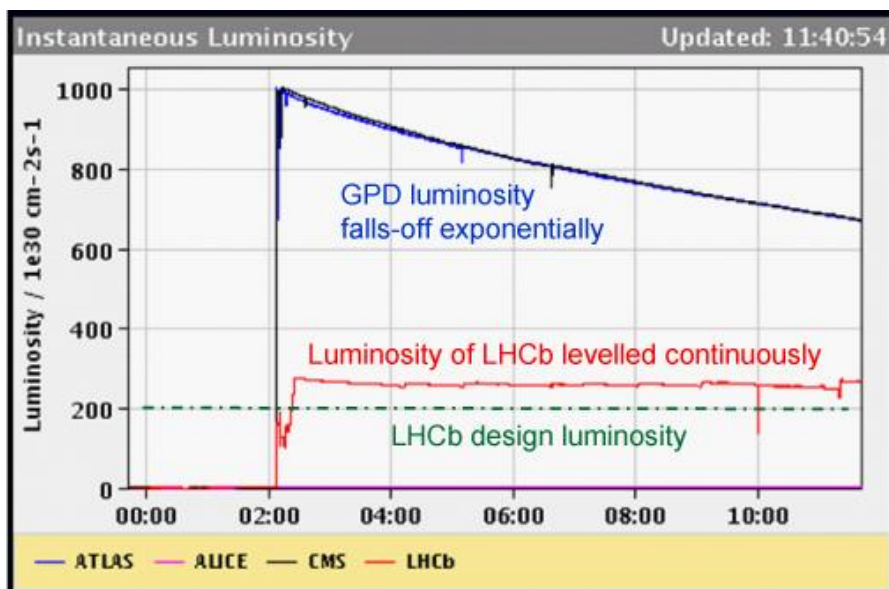
- **Physics:** Zderzenia
- **Dump:** Wiązka kończy żywot
- **Ramp down:** Wyłączenie elektromagnesów
- * **Cycling**



Świetność

Zderzenia protonów rejestrowane są w czterech eksperymentach:

- ATLAS, CMS: maksymalne energie i świetność, bozon Higgosa i supersymetria,
- LHCb: świetność obniżona do: $\mathcal{L} = 2 \times 10^{32} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$
- fizyka ciężkich kwarków (c i b): rzadkie rozpady, nowe, egzotyczne cząstki, łamanie parzystości CP.
- ALICE: plazma kwarkowo-gluonowa, niska świetność



(2017-11-15 14:39 including fill 6389; scripts by C. Barschel)

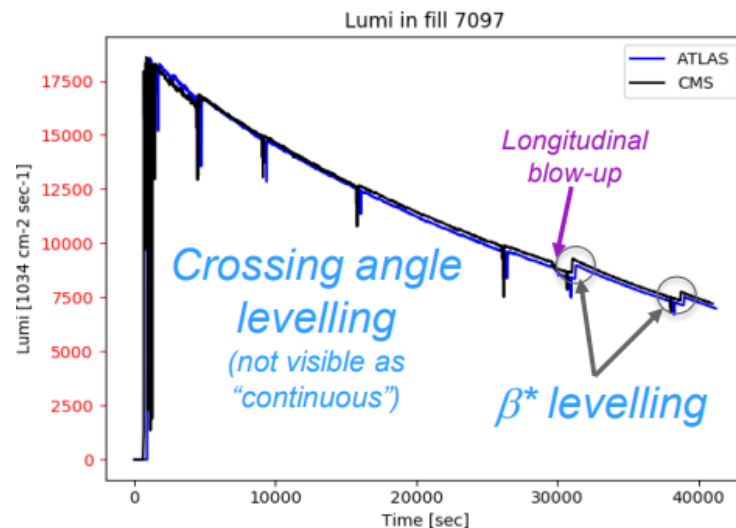
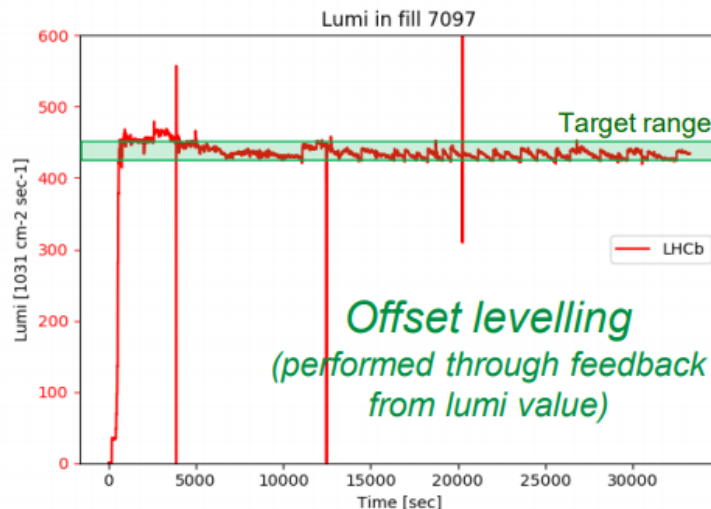
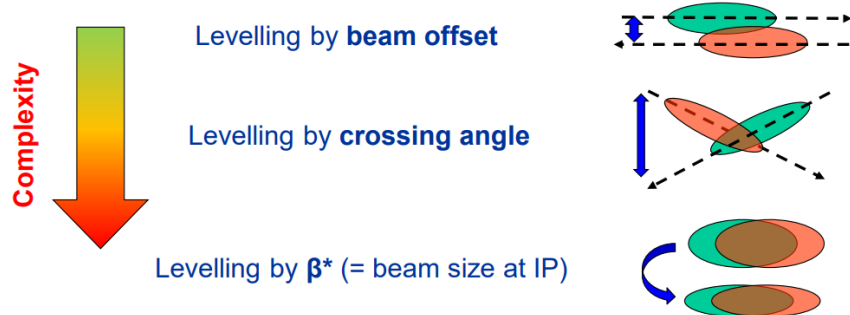
Świetlność - leveling

Eksperymenty są różne i mają różne zapotrzebowania.

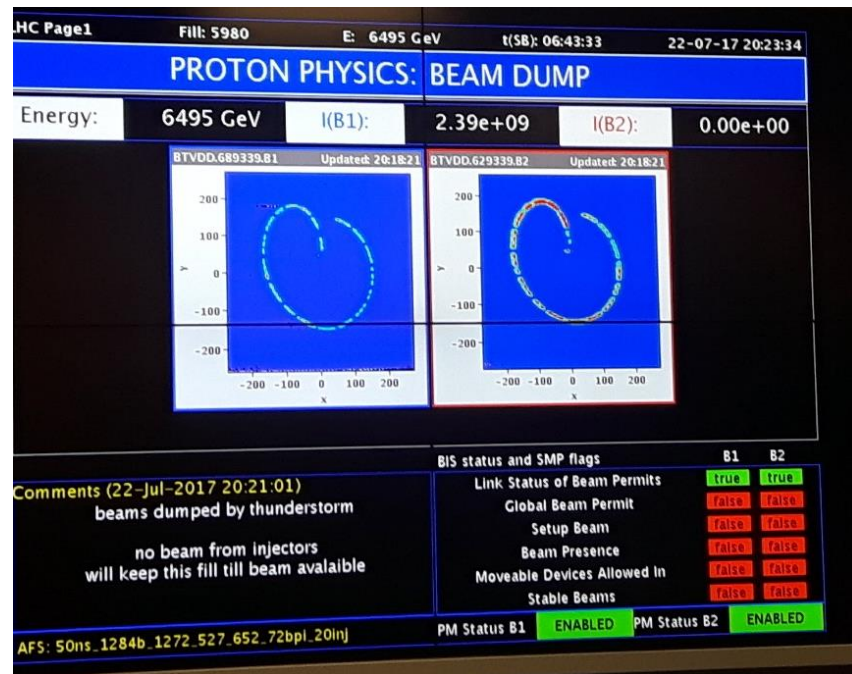
ATLAS i CMS próbują wycisnąć ile zderzeń się da.

LHCb i ALICE zostały zaprojektowane do pracy przy niższych świetnościach

ATLAS i CMS LHCb i ALICE używają innego systemu levelowania świetlności wiązki



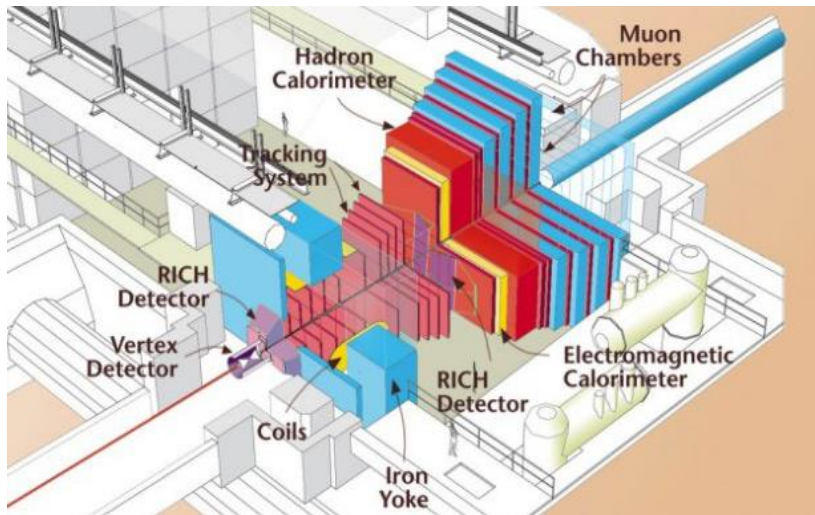
Cykl Pracy LHC



Comments (24-Oct-2018 15:16:43)
End of Protons Physics Run II
MD4, Now: MD3270
(ATS Round, validation fill)

** No meeting Wednesday morning **

Eksperyment LHCb



LHCb:

1250 członków

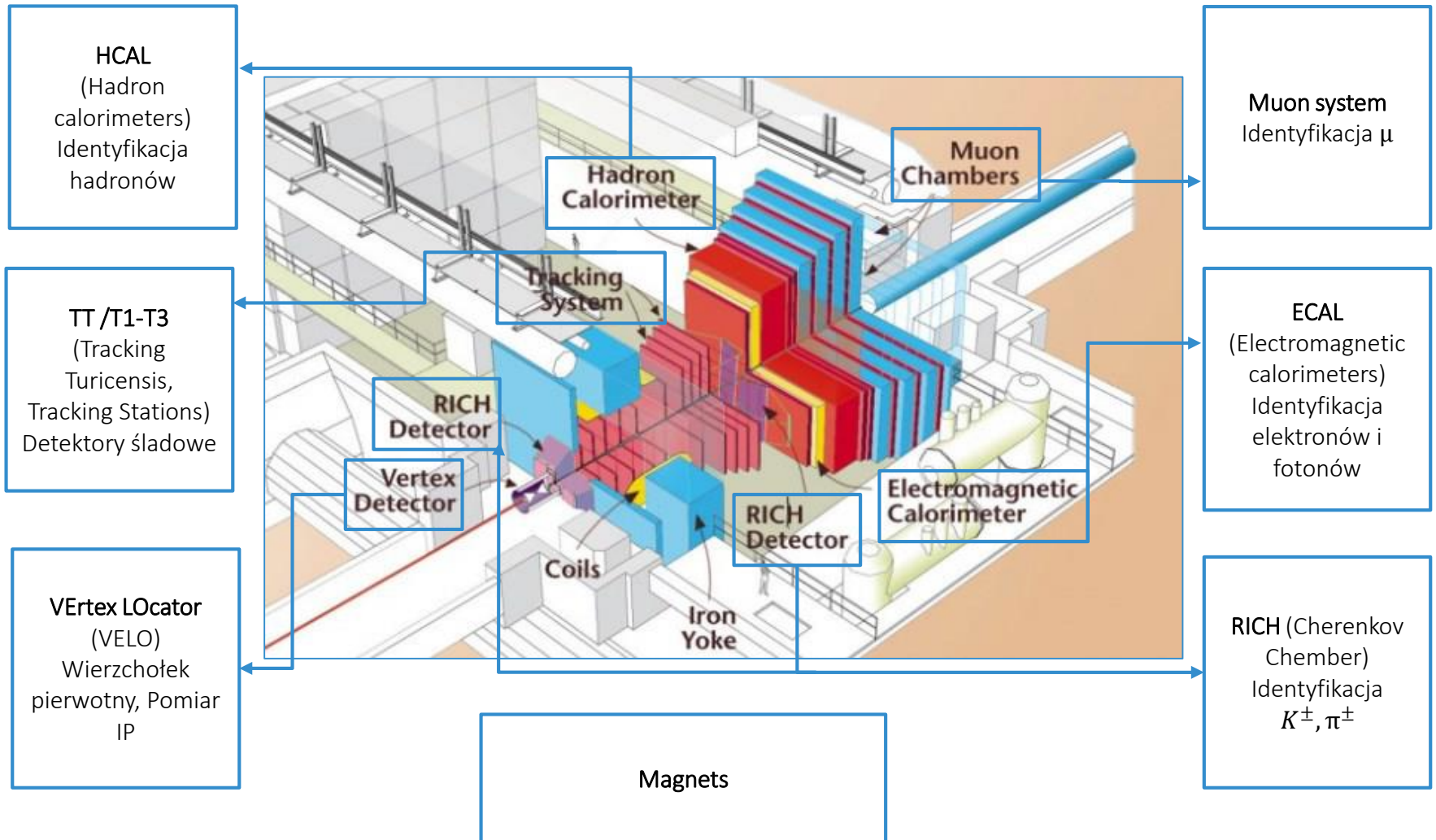
79 instytucji

18 krajów

Od hitów do wyników

Eksperyment LHCb

Detektor LHCb – Run I & Run II

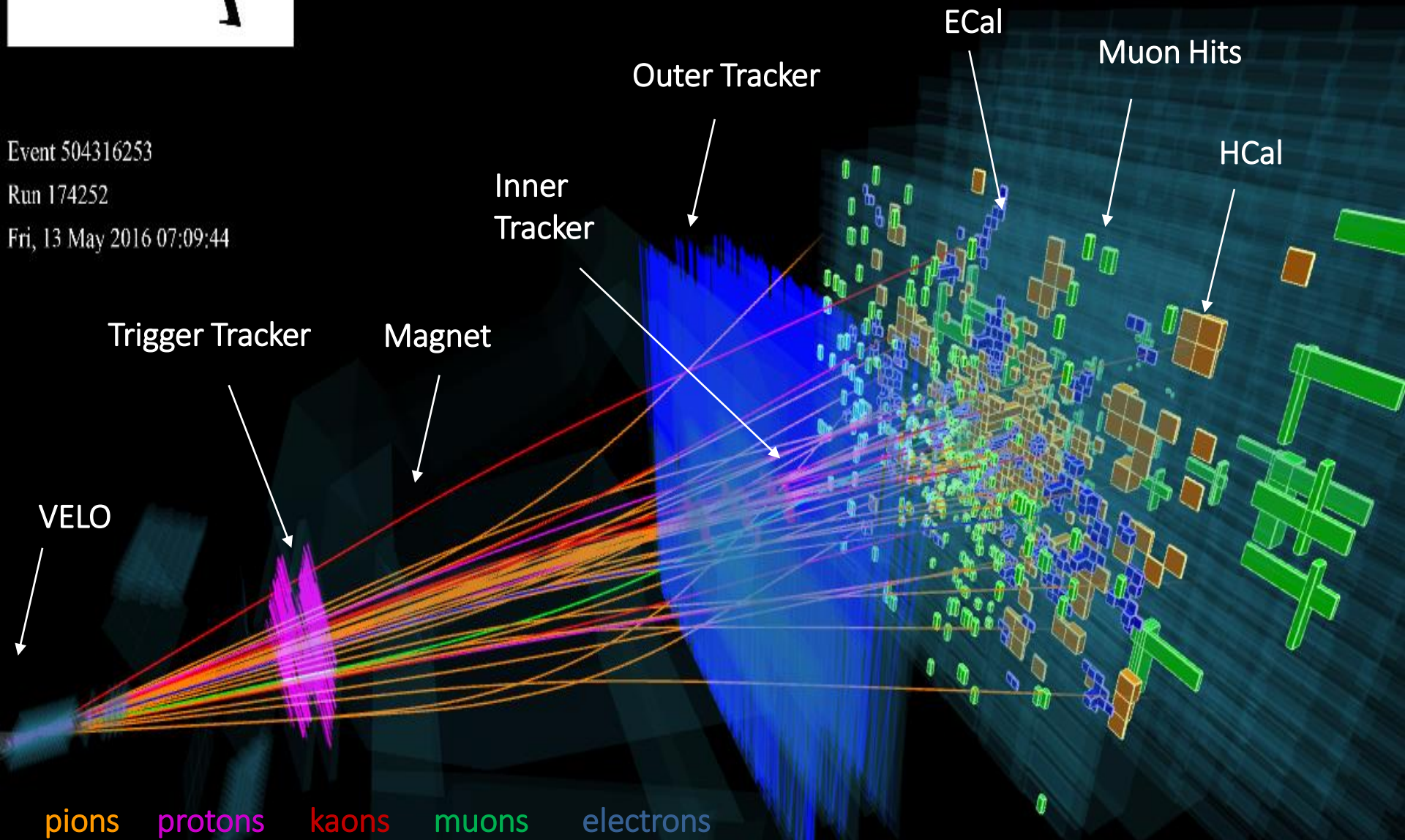




LHCb - przypadek rzeczywisty (depozyty energii)

Oddziaływanie cząstek z materiałem czynnym detektorów zostawia sygnały elektryczne, które są zamieniane na parametry fizyczne do analizy dla fizyków.

Event 504316253
Run 174252
Fri, 13 May 2016 07:09:44

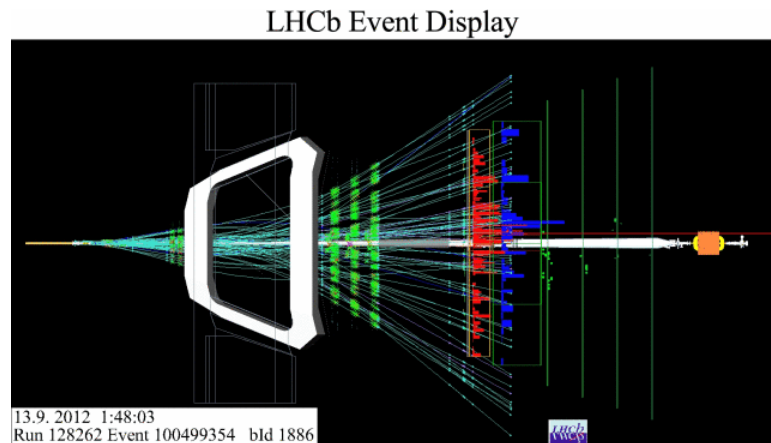


Dataflow w eksperymencie LHCb

40 milionów kolizji na sekundę = 25 ns / kolizje

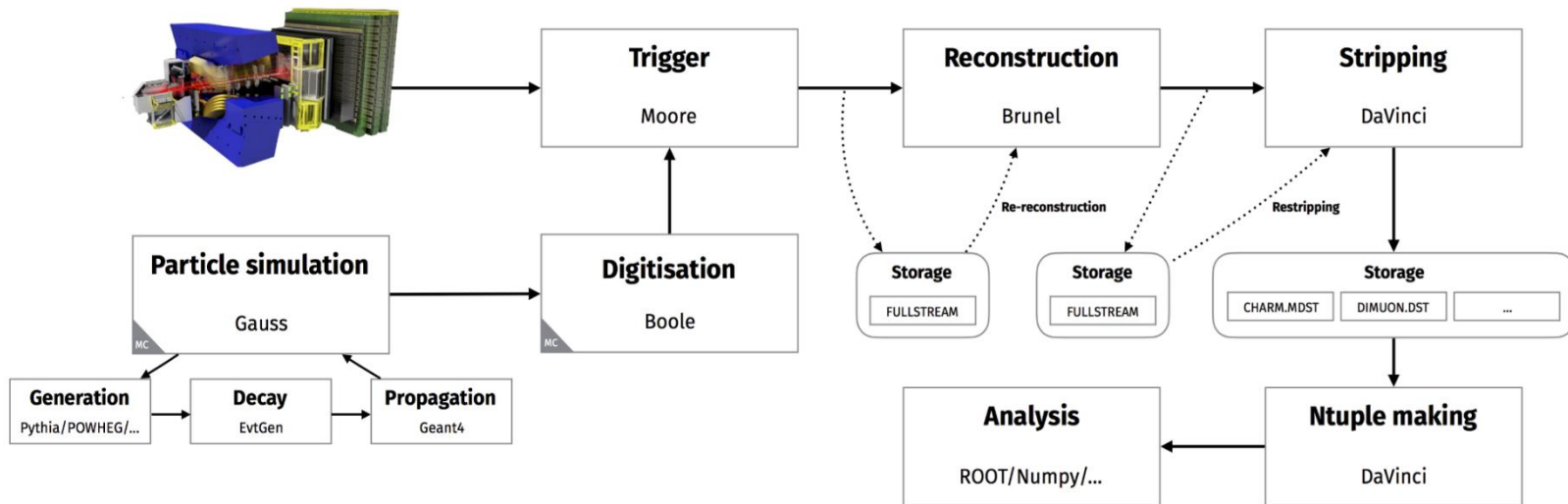
~ 1TB danych / s

Rejestracja oddziaływania cząstek z materią detektora - miliony kanałów odczytu.

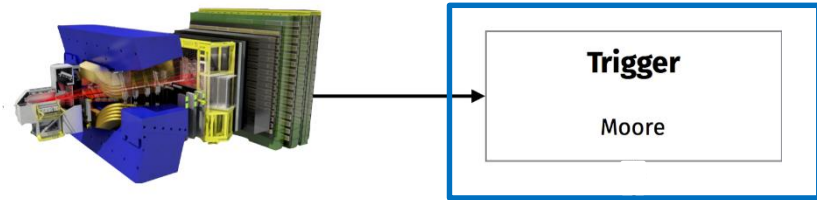


DANE
RZECZYWS
ITE

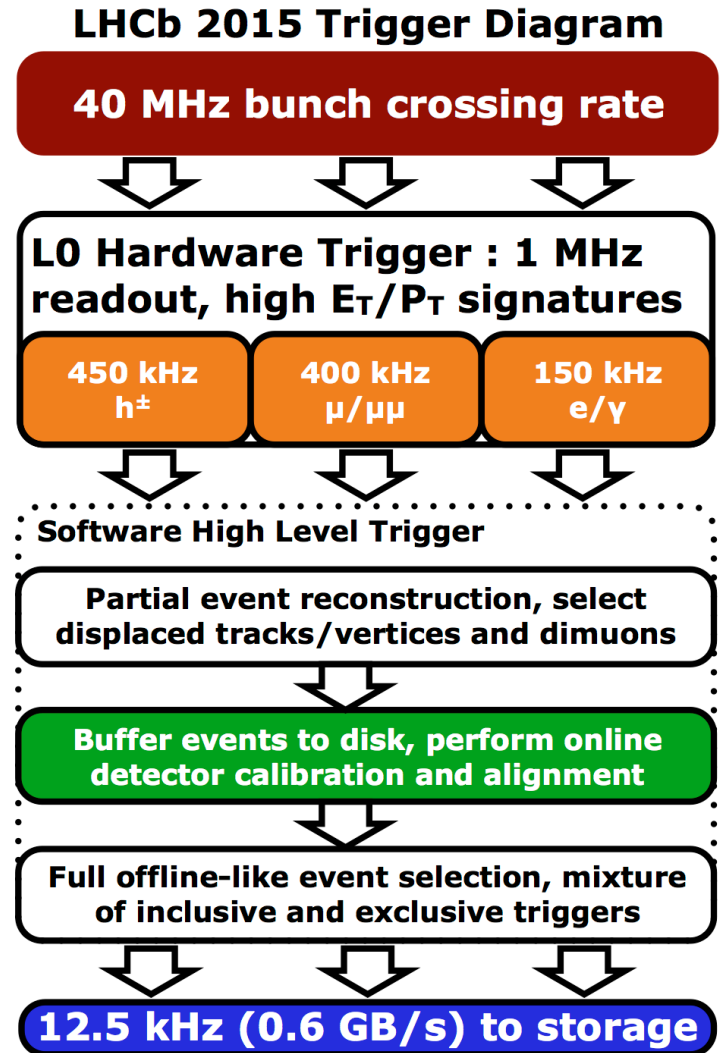
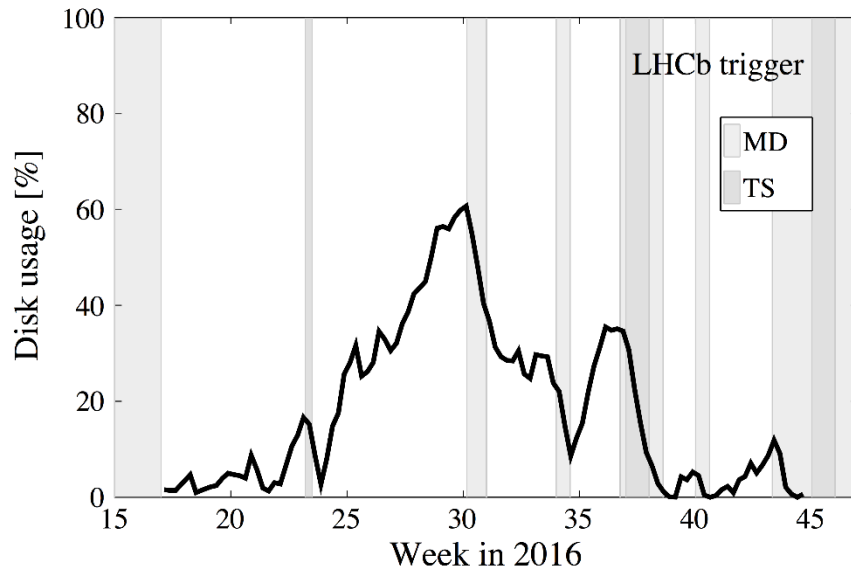
MONTE
CARLO



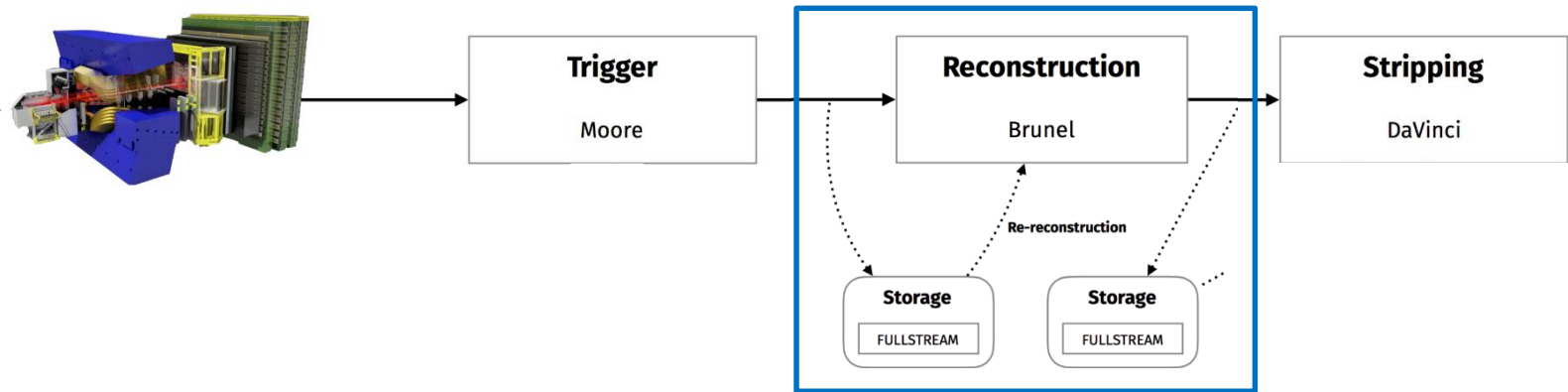
Dataflow - Trigger



Przypadki zaakceptowane przez L0 zostają przekazane do farm HLT.

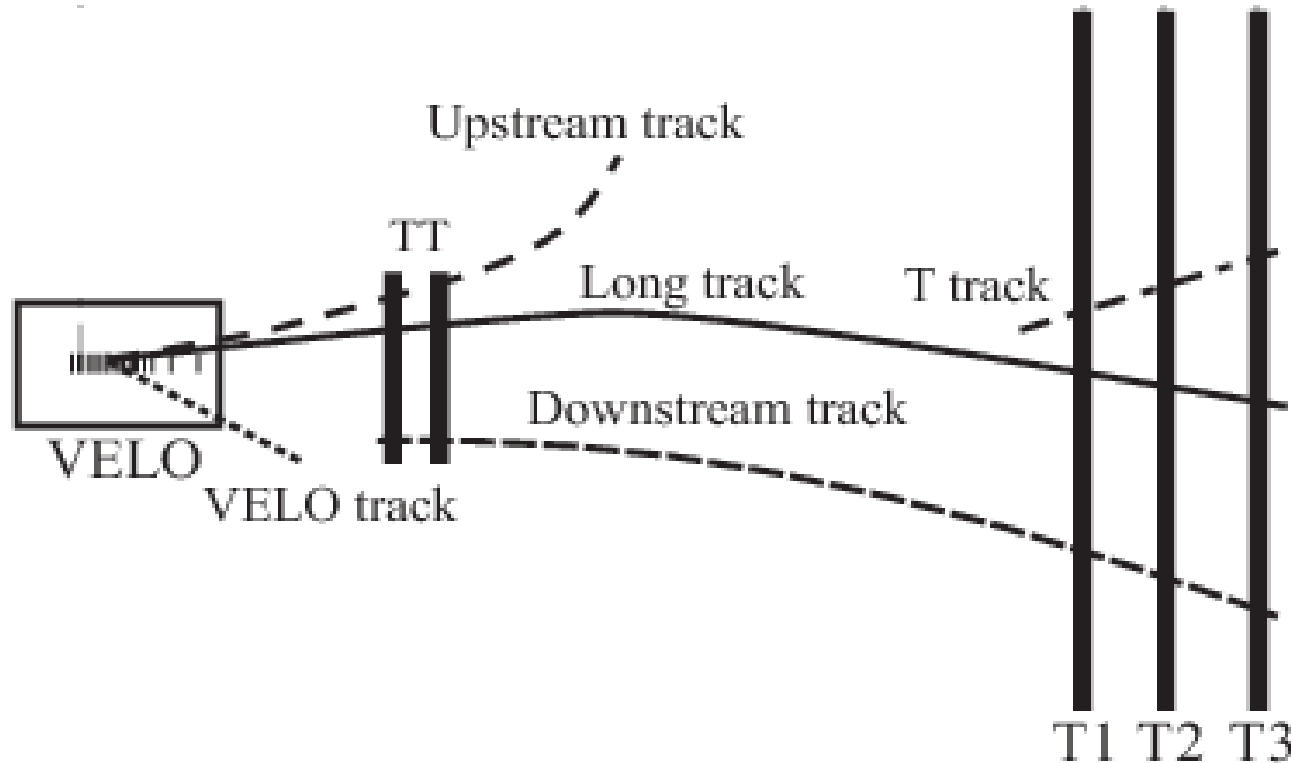


Dataflow - Rekonstrukcja śladów



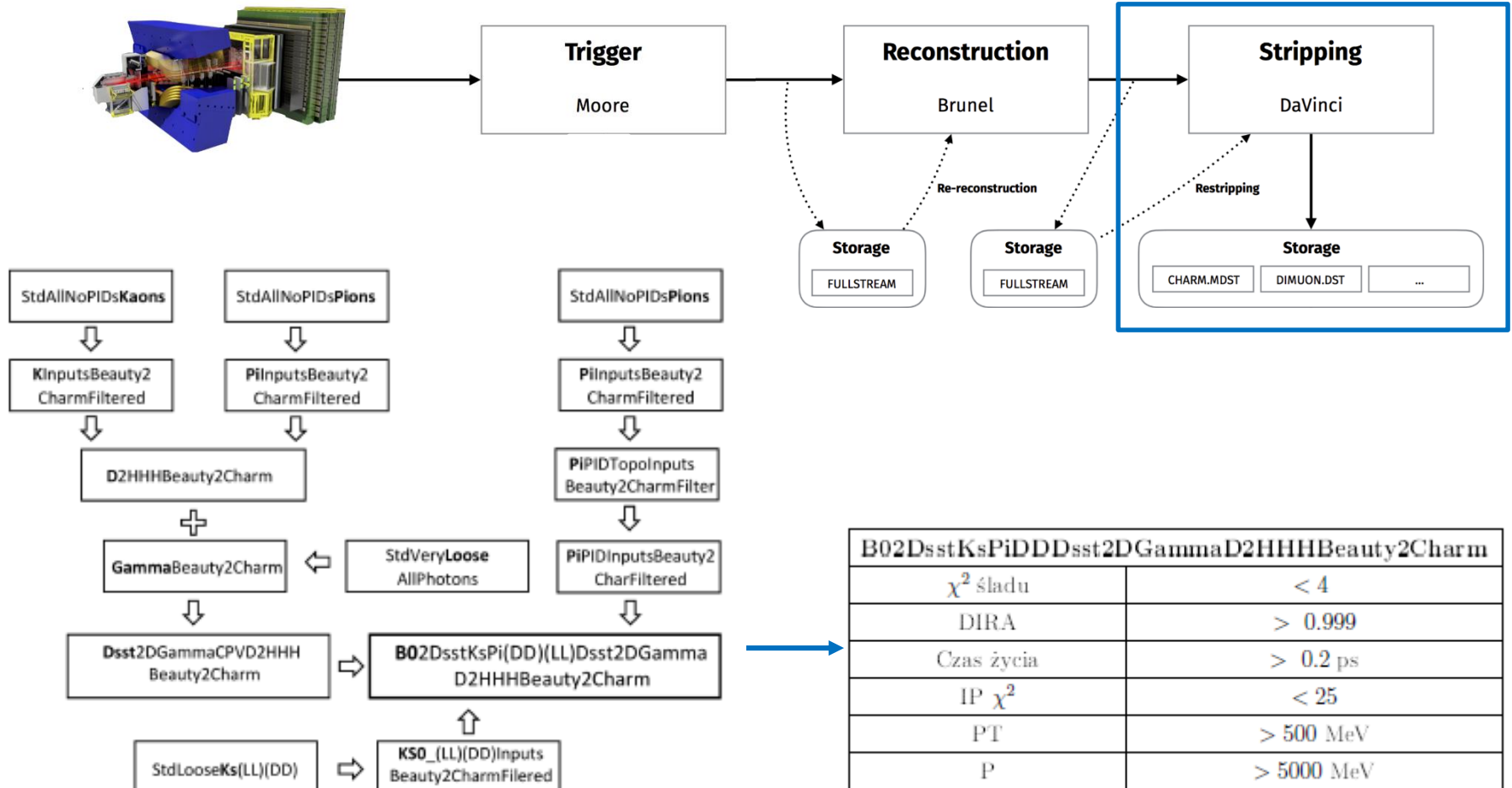
- Do rekonstrukcji śladów stosowane są algorytmy łączące informacje z różnych detektorów śladowych.
- Część rekonstrukcji odbywa się w czasie rzeczywistym!
- Algorytmy zaczynają zwykle od szukania śladów w detektorze wierzchołka (seed).
 - Rozwiązując odpowiednie równania ruchu cząstek naładowanych w polu magnetycznym szuka się depozytów energii w dalszych detektorach (pattern recognition).
 - Następnie przebiega procedura dopasowania śladu do znalezionych sygnałów (track fitting).

Dataflow - Rekonstrukcja śladów

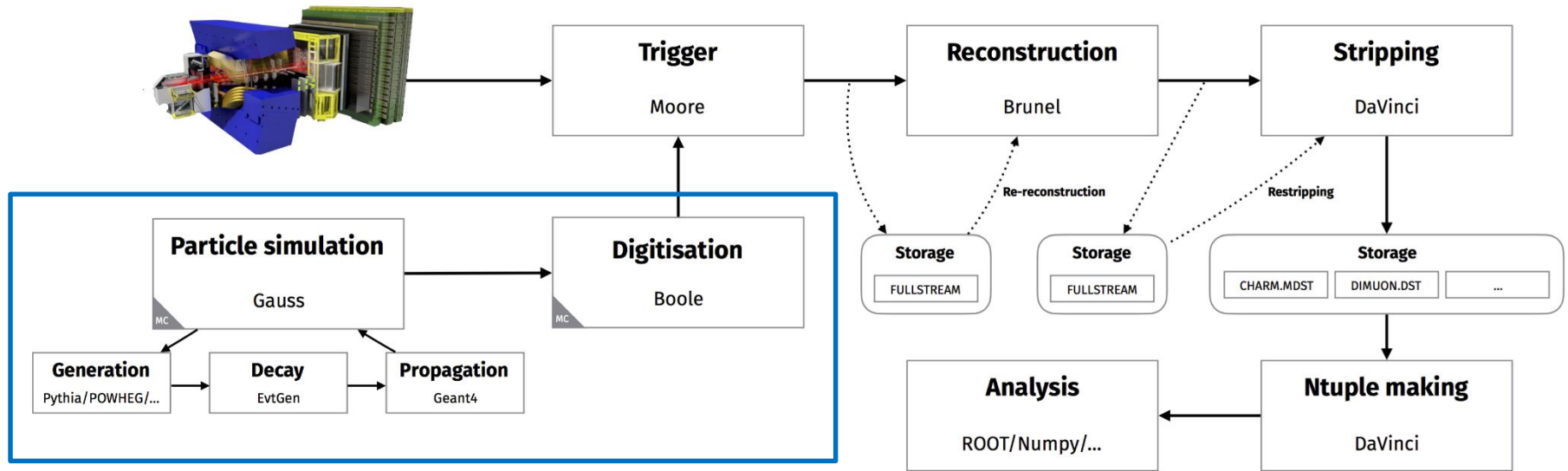


- Istnieje kilka rodzajów śladów rekonstruowanych w detektorze.
- Rodzaj śladów zależy od tego przez jakie detektory przechodzą cząstki.
- Podczas analizy zwykle wymagane jest indywidualne podejście do śladów różnego rodzaju z uwagi na ich właściwości.

Dataflow - Stripping

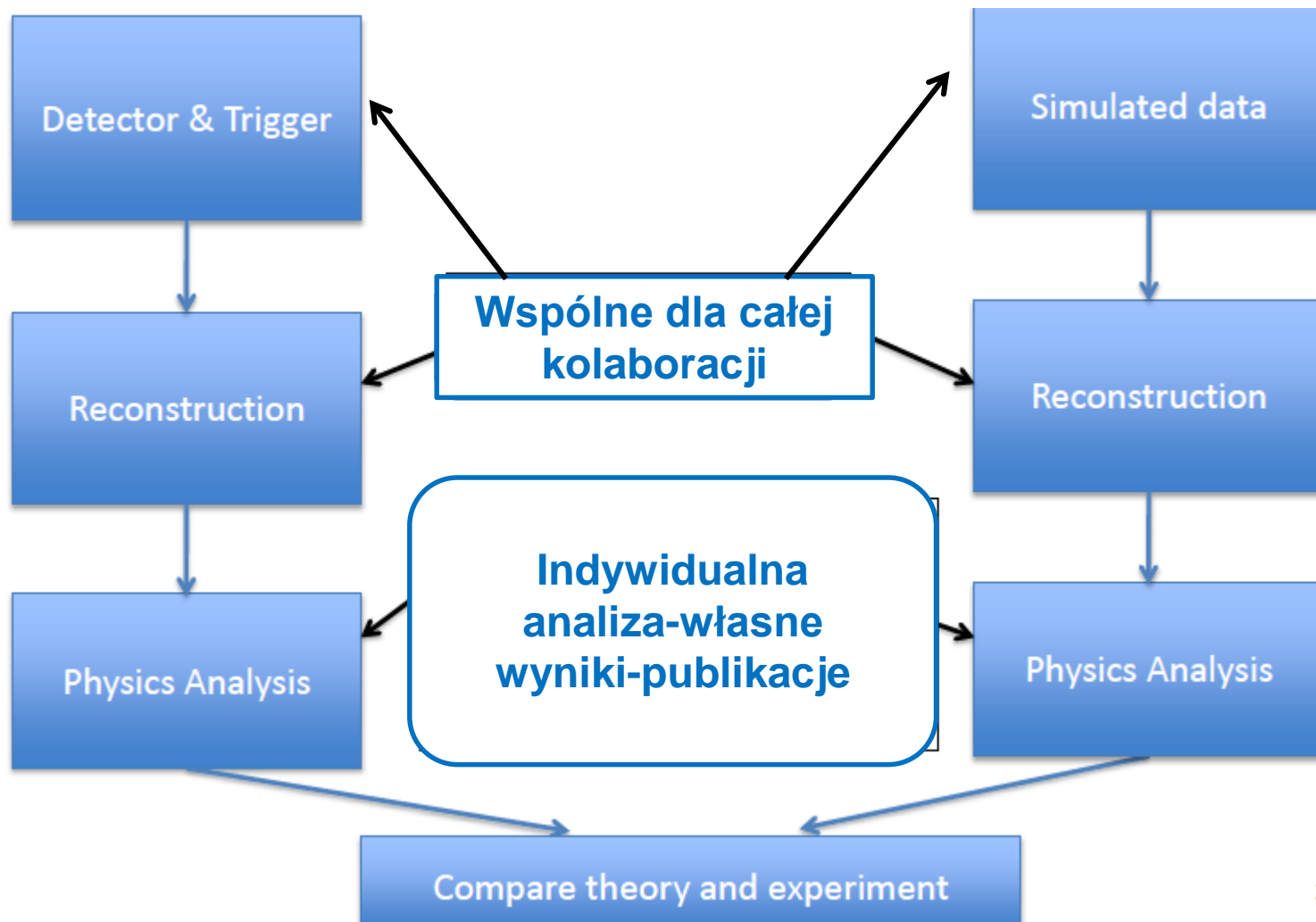


Dataflow - Monte Carlo



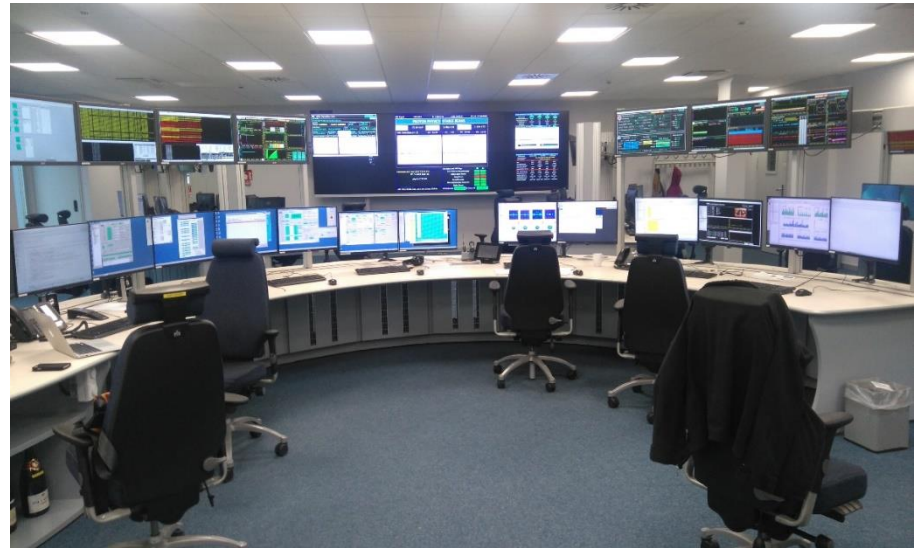
- Monte Carlo używane jest w analizie fizycznej
- Pozwala na zrozumienie fizyki rozpadu i działania detektora przed analizą danych rzeczywistych
- Stanowi także reprezentację prawdziwego rozpadu m.in. przy użyciu metod MVA
- Generatory MC mogą być uruchomione na każdym komputerze, jednakże produkcją dużych próbek zajmują się już eksperymenty
- Z punktu widzenia "dataflow" eksperymentu muszą mieć taką samą strukturę jak dane rzeczywiste

Analiza fizyczna



Praca w eksperymencie

- Detektor nie zbudował się sam i nie steruje się sam. Za detektorem zawsze stoją ludzie!
- AGH w eksperymencie LHCb:
 - ✓ udział w tworzeniu oprogramowania i monitoringu do rekonstrukcji śladów i trygera,
 - ✓ prace przy poddetektorach: VELO, (kalibracja, monitoring), UT, HERSHEY
 - ✓ udział w testach przyszłej elektroniki na wiązce (testbeam)
- Każdy fizyk powinien (musi...) poznać detektor – dyżury przy zbieraniu danych:
 - ✓ kontrola zbierania danych (Data Manager)
 - ✓ kontrola detektora (Shift Leader)
 - ✓ eksperci – VELO, Herschel,
- W LHCb podczas zbierania danych są dwie osoby w ramach 8 godzinnych szycht, eksperci czuwają pod telefonem (24/7)



Praca w eksperymencie



Praca w eksperymencie

Shift Leader

- Kontroluje działanie wszystkich systemów
- Kontaktuje się z CCC (CERN Control Center) →
- Konsultuje się z Piquetami (Ekspertami).
- Podejmuje decyzje związane z pracą detektora (HANDSHAKE)



System State
Big Brother: READY
Auto Handshake: OFF

Sub-System State
LHC: MD
BCM: READY
Magnet: READY
LHCb-Clock: OFF/ON

Handshakes
LHC: STANDBY
LHCb: VETO

Voltages
System: State OK, Requested MD, HV State (A/C) OK

Sub-Detector	State	Req. HV	%Ok	HV State (A/C)
VELO_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF
TT_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF
OT_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF
RTCH_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF
RICH_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF
IPRS_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF
ECAL_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF
HCAL_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF
MUON_LHC_IRV	OK	STANDBY	95.50	STANDBY
HLX_LHC_IRV	OK	OFF	100.00	OFF

Safety
Sub-Detector: TT_Safety, VELO_Safety, OT_Safety, RICH_Safety, MUON_Safety, HLX_Safety
Fieldbus Status: OK

System State
Big Brother: READY

Sub-System State
LHC: PHYSICS
BCM: READY
Magnet: READY
LHCb-Clock: OFF/ON

Handshakes
LHC: STANDBY
LHCb: VETO

Voltages
System: State READY, Requested PHYSICS, HV State (A/C) OK

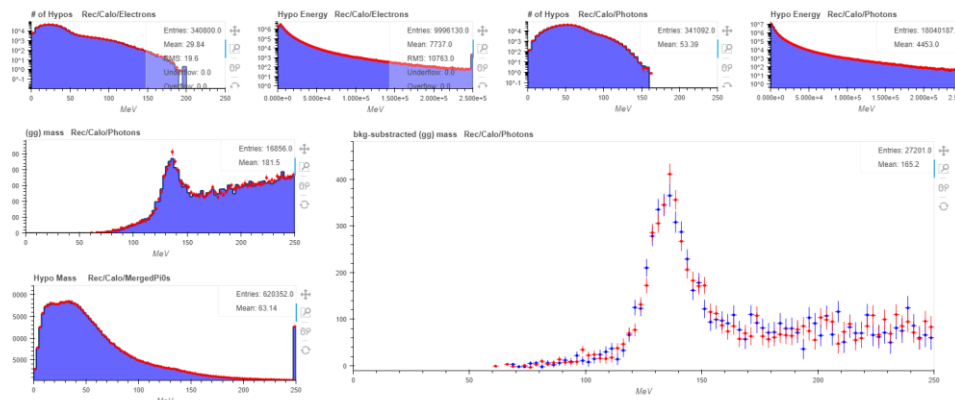
Sub-Detector	State	Req. HV	%Ok	HV State (A/C)
VELO_LHC_IRV	OK	READY	100.00	READY
TT_LHC_IRV	OK	READY	99.94	READY
OT_LHC_IRV	OK	READY	100.00	READY
RTCH_LHC_IRV	OK	READY	100.00	READY
RICH_LHC_IRV	OK	READY	100.00	READY
IPRS_LHC_IRV	OK	READY	100.00	READY
ECAL_LHC_IRV	OK	READY	100.00	READY
HCAL_LHC_IRV	OK	READY	99.94	READY
MUON_LHC_IRV	OK	READY	99.94	READY
HLX_LHC_IRV	OK	READY	100.00	READY

Safety
Sub-Detector: TT_Safety, VELO_Safety, OT_Safety, RICH_Safety, MUON_Safety, HLX_Safety
Fieldbus Status: OK

Praca w eksperymencie

Data Manager

- Data Manager sprawdza czy detektory działają poprawnie kontrolując ok. 40 stron histogramów.
- Kontroluje jakość zbieranych danych
- Sprawdza ustawienie VELO i TT (Alligment)
- Konsultuje się z Piquetami (Ekspertami).

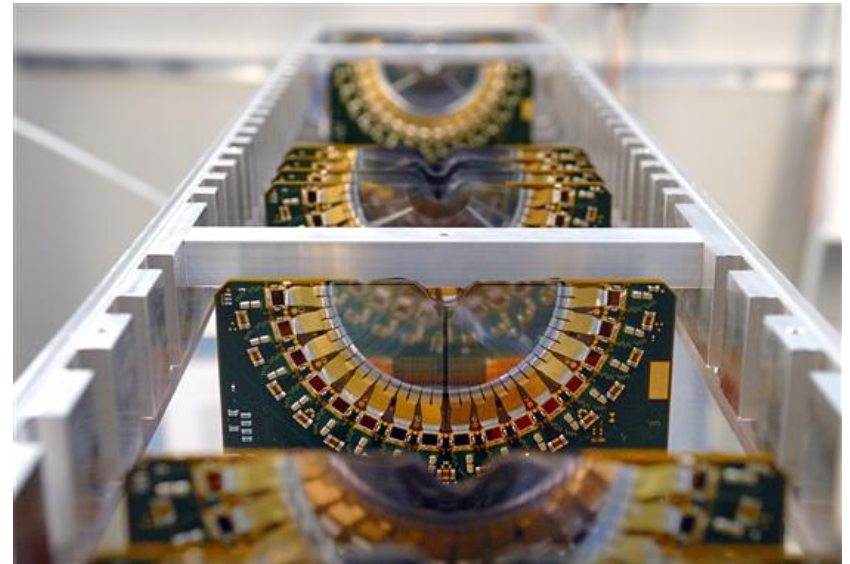


Dyżur przy eksperymencie pozwala na zrozumienie procesu zbierania danych i „szacunek” dla detektora

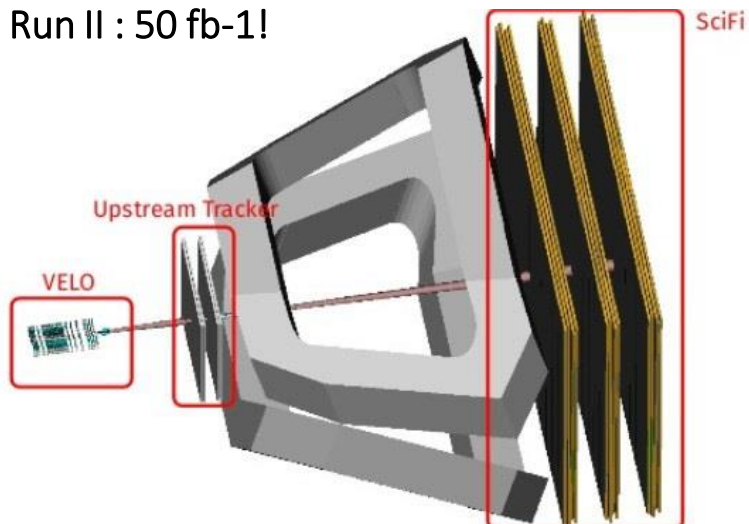
Praca w eksperymencie

Ekspert

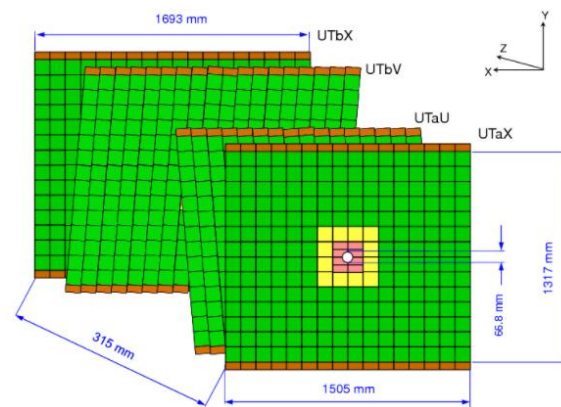
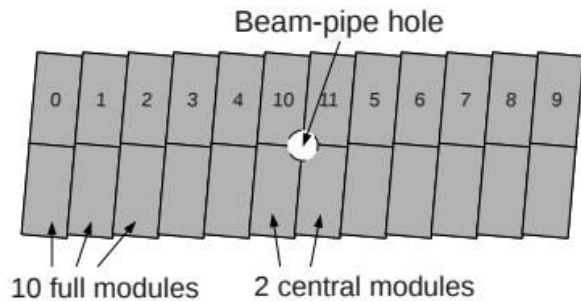
- Kontroluje prace poddetektora lub systemu zarówno zdalnie jak i w Control Room eksperymentu .
- Jest zobowiązany udzielić informacji zarówno Shift Leaderowi jak i Data Managerowi w każdych okolicznościach
- W przypadku większych problemów przybywa niezwłocznie do Control Roomu
- VELO & HERSHEL & OT



LHC – LS2 2018-2019
Run II : 50 fb⁻¹!

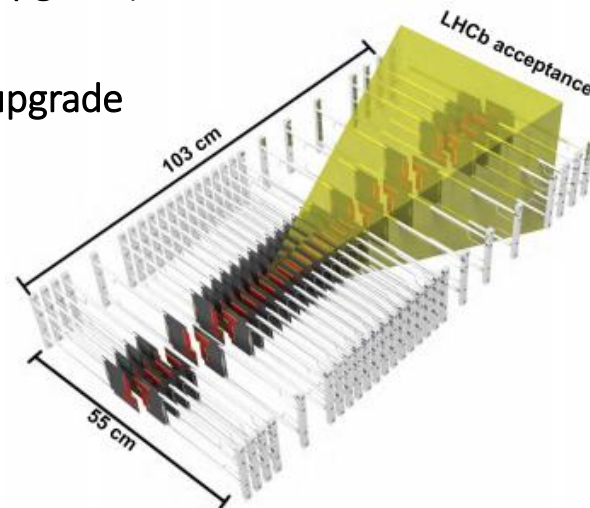


Sci-Fi (TT upgrade)

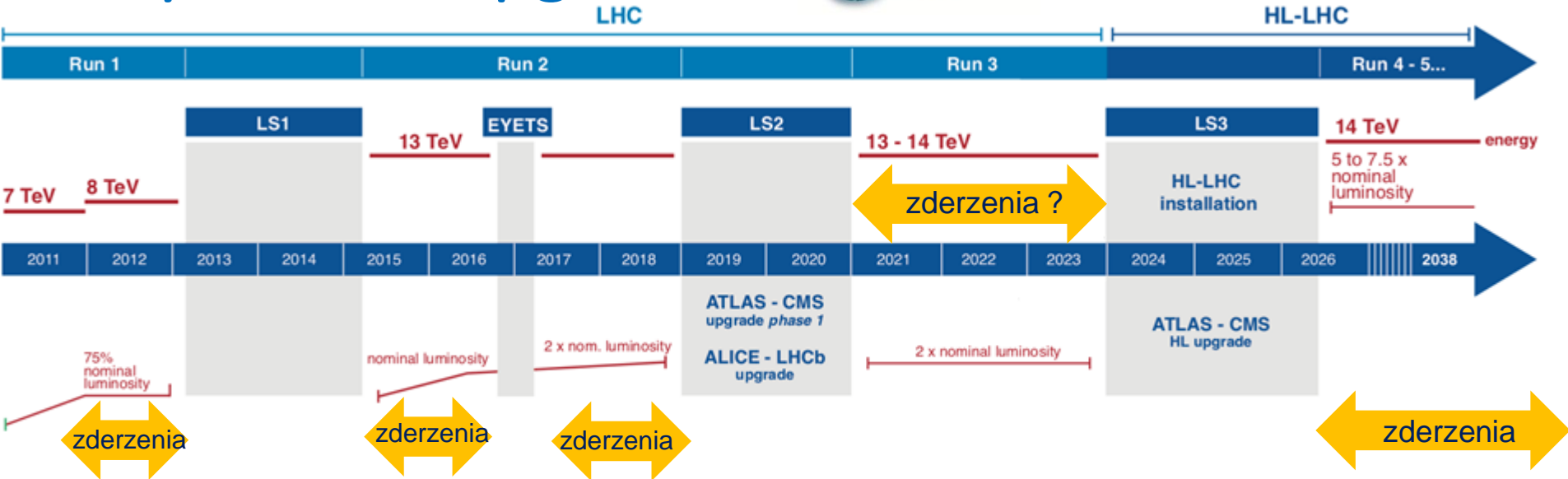


UT (TT upgrade)

VELO upgrade



Przyszłość – Upgrade II



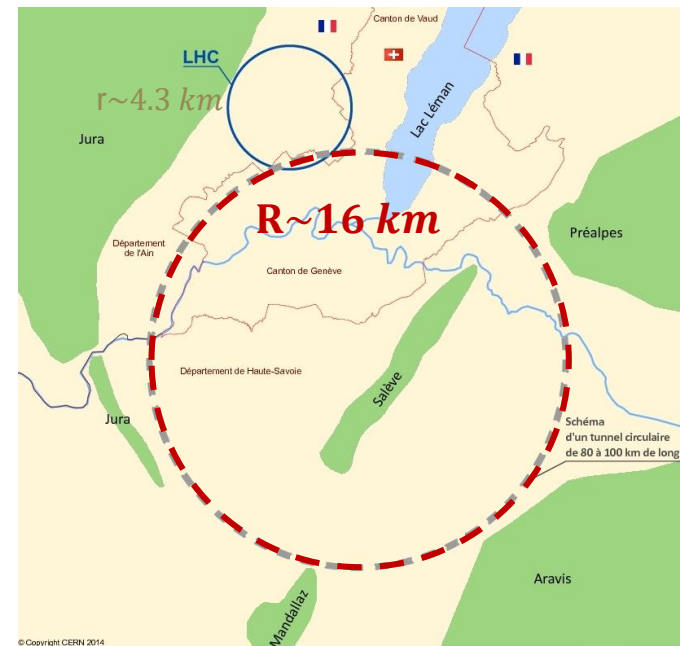
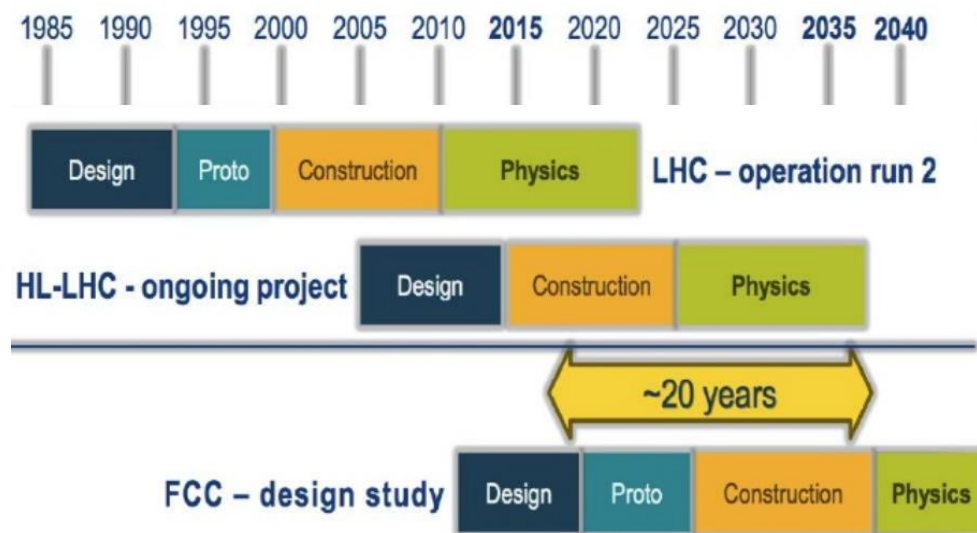
W roku 2019 zatwierdzony został plan konstrukcji nowego akceleratora o długości 100 km o nazwie

Future Circular Collider

Future Circular Collider (FCC): koniec XXI wieku

Future Circular Collider (FCC).

Budowa planowana jest na lata 2028-2038.



W pierwszym okresie (2038-2053) przyspieszane i zderzane mają być elektrony.

W drugim: protony (2063-2090).

Oczekuje się, że wiązkę protonów o energii **100 T** utrzyma na orbicie o promieniu 16 km pole magnetyczne o indukcji **16 T**.



Autoreklama



Facebook

Twitter

LHCb – Public page



Prace magisterskie

Prace inżynierskie

Krakow Applied Physics and Computer Science Summer School
29 VI - 24 VII 2020, AGH UST Krakow Poland

- Particle Physics
- Computer Science
- Solid State Physics
- Nuclear Physics
- Medical Physics

AND:

- Lectures
- Hands-on tutorials
- Individual projects
- Laboratories
- Detectors and Electronics
- Tools for Data Analysis
- Machine Learning

Organising Committee:
Agnieszka Oblakowska-Mucha
Iwona Grabowska-Bald
Tomasz Szumlak
Marek Izziak
Bartłomiej Rachwał

Sponsor:
Dean of Faculty of Physics and Applied Computer Science
AGH UST Krakow Poland

