



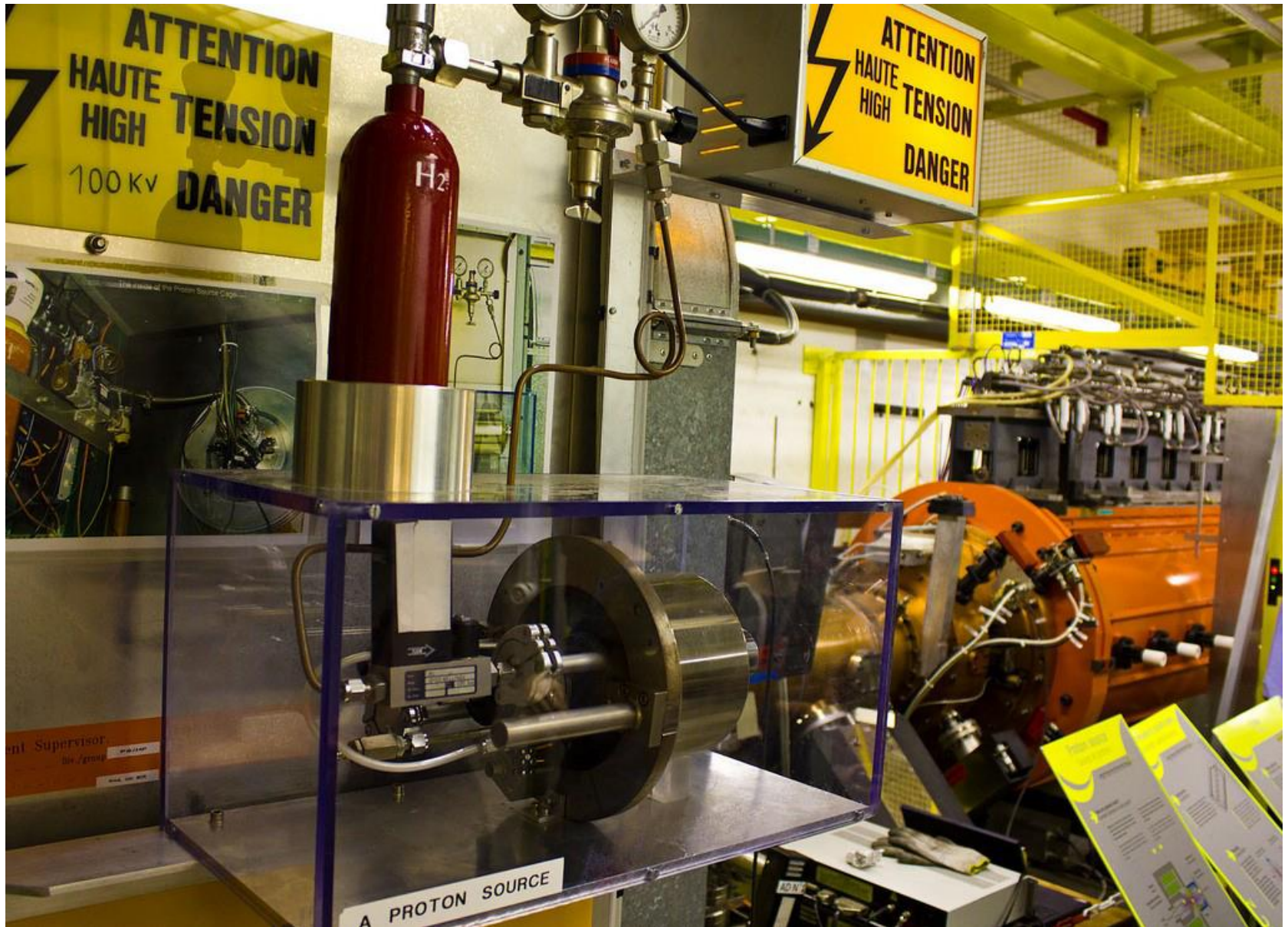
Анализ данных в больших коллайдерных экспериментах на примере АТЛАСа

Малик Алиев
Томский Государственный университет

ЦЕРН с высоты птичьего полета



Источник протонов

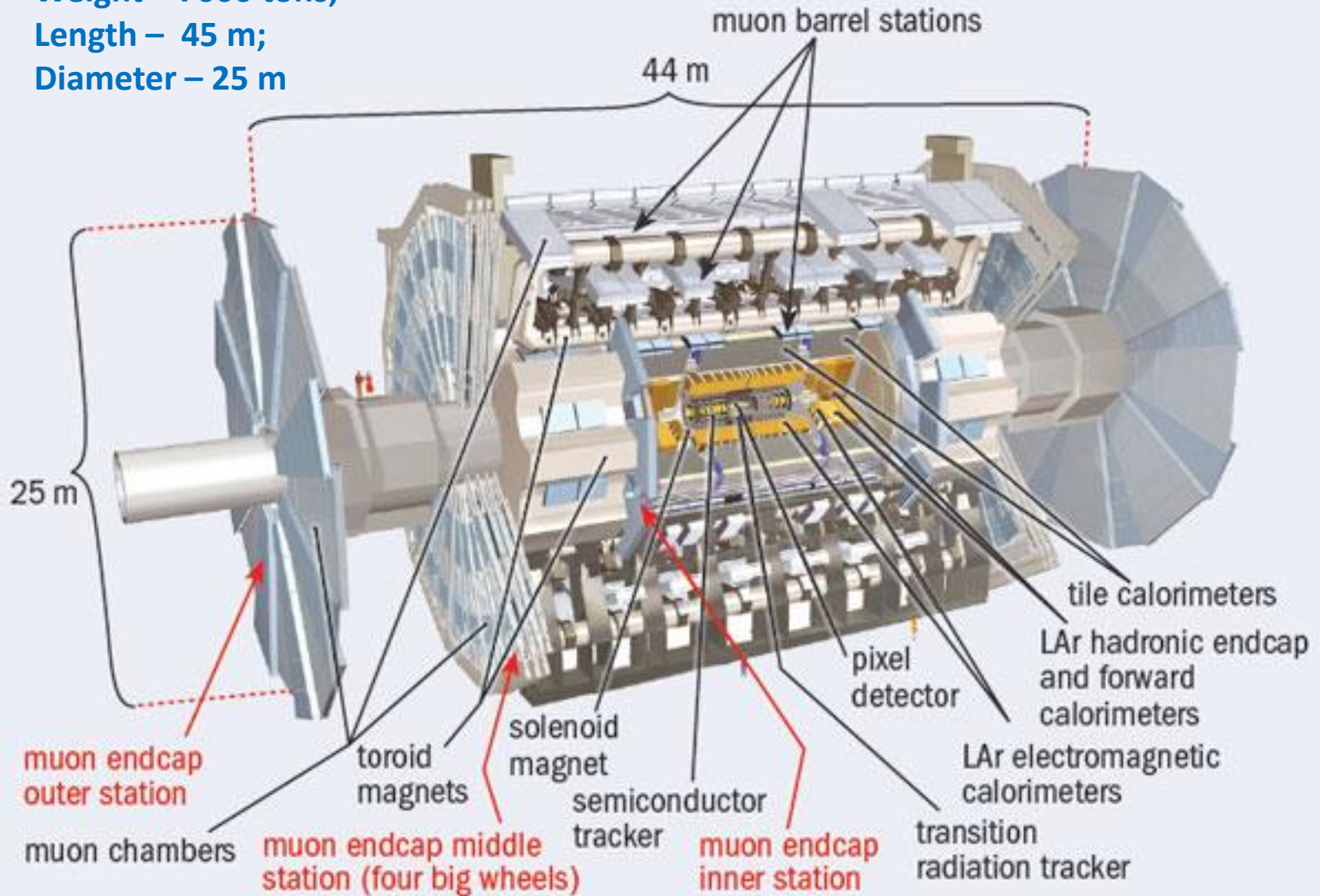


АТЛАС детектор

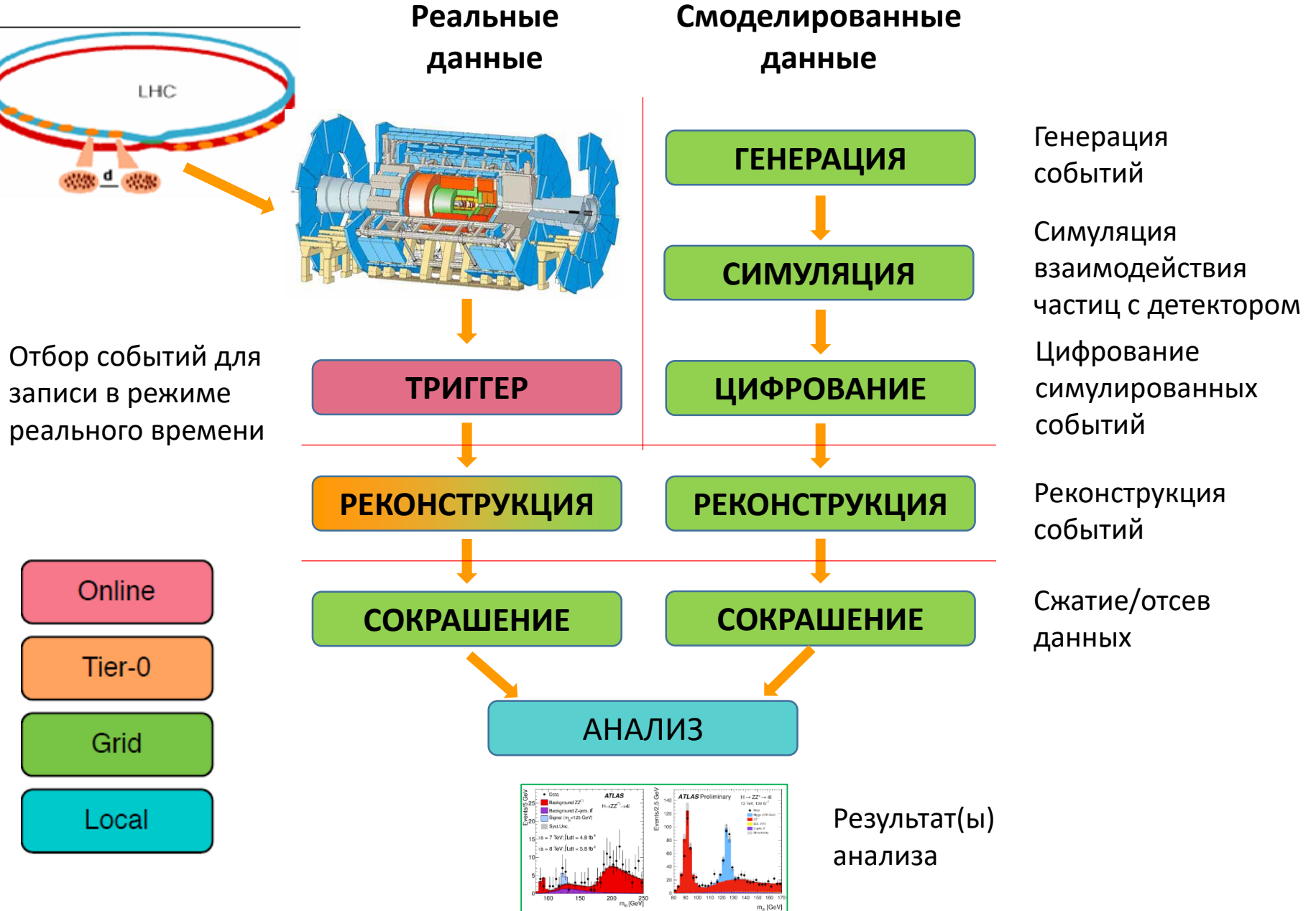
Weight – 7000 tons;

Length – 45 m;

Diameter – 25 m

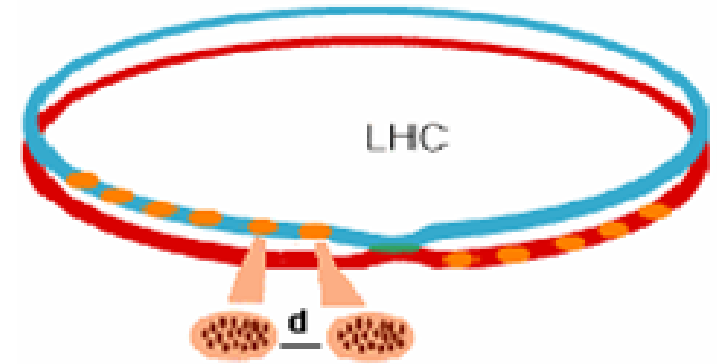


Общая схема цепочки анализа данных



Генерация реальных данных

Протоны в БАКе движутся по окружности в противоположных направлениях пучками по $\sim 10^{11}$ протонов в пучке (со скоростями очень близкими к скорости света $v_p = 0.999\,999\,990c$, т.е. на 3 м/с медленнее чем свет) при расстоянии между пучками 25 нс, что соответствует ~ 7.5 м.



Столкновение пучков происходит с частотой 40 МГц!
В результате, АТЛАС при стандартном режиме работы производит информацию в объёме **1PB/s!!!** ($1\text{Petabyte} = 10^6\text{GB}$)

Информацию, производимую в объеме 1PB/c:

- 1) невозможно хранить технически;
- 2) нет необходимости хранить с точки зрения полезности;

Поэтому, события интересные для физики с момента их появления в детекторе отбирают специальным образом и направляют на запись в режиме реального времени.

Система, которая позволяет отбирать интересные события в режиме реального времени, называется **ТРИГГЕРОМ**.

Полезные события

Какие же события являются интересными для физического анализа?

При столкновении протоны могут:

- упруго рассеяться без обмена энергии;
- неупруго рассеяться, но с малым обменом энергии;
- **неупруго рассеяться с большим обменом энергии – очень малая доля событий!**

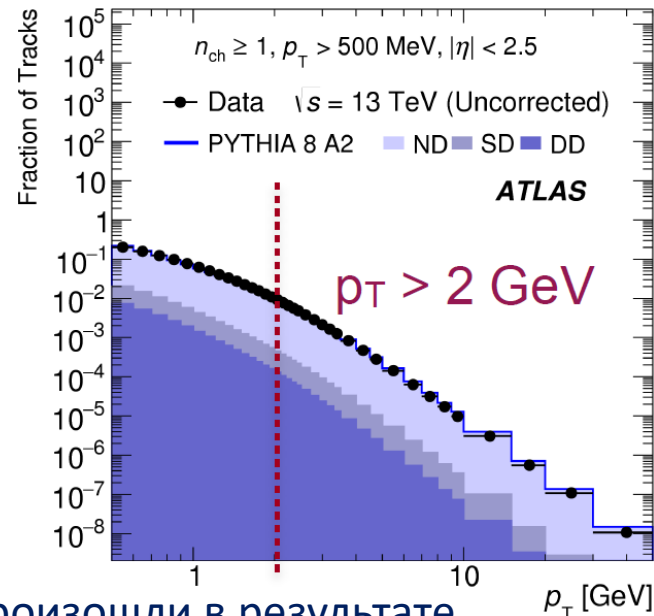
В итоге, только 2% от всех произведенных треков имеют $p_T > 2$ ГэВ

Интересными для анализа являются события, которые произошли в результате неупругого рассеивания с большим обменом энергии, например:

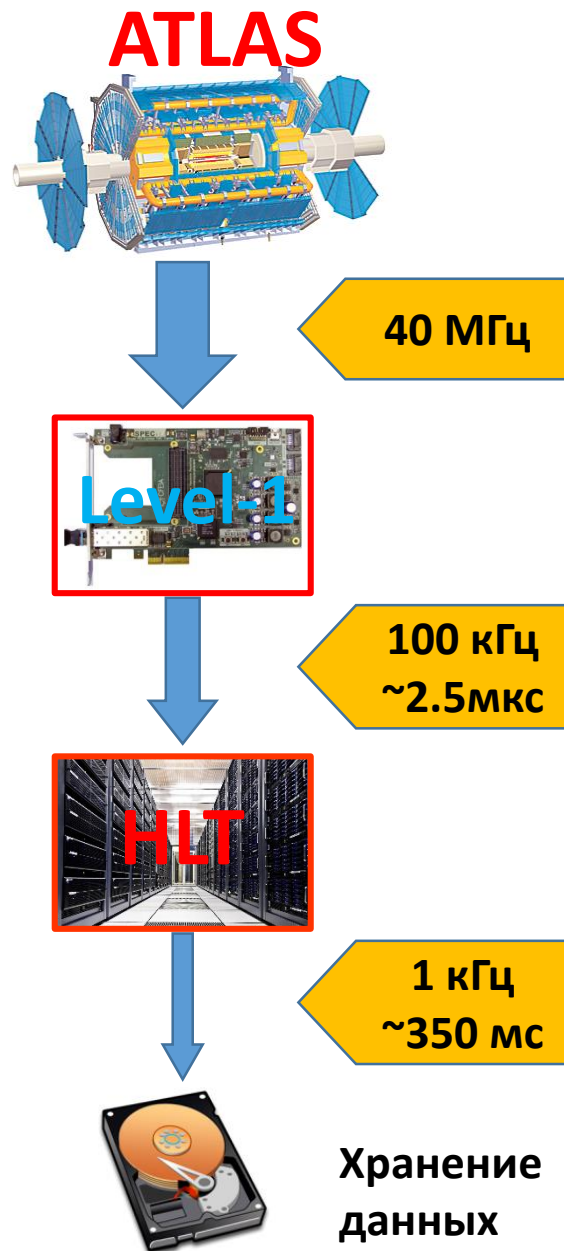
- $H \rightarrow \gamma\gamma$, $p_T \sim 50 - 60$ ГэВ;
- $W \rightarrow e\nu / \mu\nu$, $p_T \sim 30 - 40$ ГэВ;

Причина в том, что в таких событиях образуются: электроны, мюоны, адронные струи (в дальнейшем – джеты) или же дисбаланс энергии, характеризующиеся большими значениями поперечного импульса/энергии. Интересны они в силу того, что:

- 1) в таких событиях частицы могут быть образованы распадом тяжелых частиц, в том числе еще не открытых;
- 2) такие процессы можно описать в рамках теории возмущений (КЭД, КХД, ЭСТ) и потому предсказания можно сравнить с данными.



Триггер АТЛАС эксперимента



□ Триггер первого уровня – Level-1 (L1):

- базируется на быстрой электронике;
- использует информацию из мюонного спектрометра и электромагнитного и адронного калориметров;
- выход ~100кГц, т.е. отбирает 1 событие из ~400;

□ Триггер высокого уровня – High Level Trigger (HLT):

- реализован на программном уровне;
- использует ~40 тыс. ЦПУ для обработки информации;
- выход ~1кГц в среднем, т.е. принимает на запись 1 событие из ~100

Доля информации, которая идет на запись, составляет лишь ~1/40000 часть!

Типы триггеров и характеристики

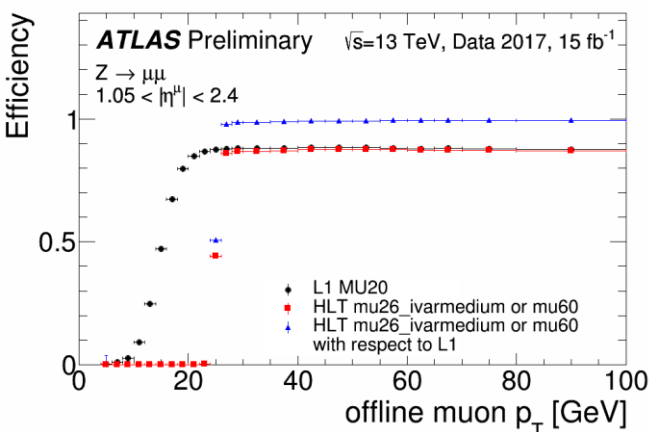
Примеры типов триггеров, используемых в АТЛАСе:

- единичный мюонный триггер с порогом 26 ГэВ;
- единичный электронный триггер с порогом 24 ГэВ;
- фотонный триггер с порогом в 25 ГэВ;
- электрон + мюонный триггер;
- электрон/мюон + фотонный триггер;
- триггер, требующий наличие электрона и дисбаланс энергии;
- триггер, основанный и двух джетах больших энергий;
- топологические, учитывающие кинематику процесса, т.д.

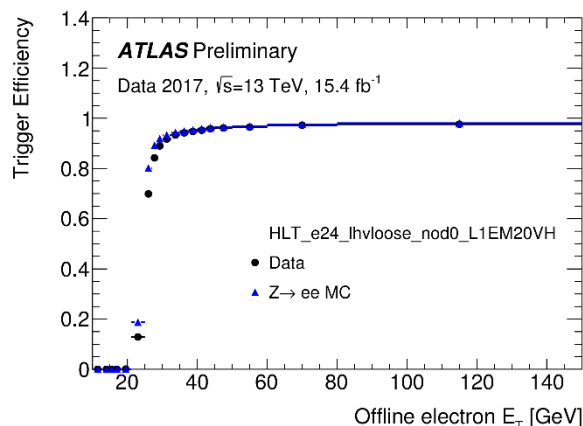
Важнейшей характеристикой триггера является его эффективность,

примерны зависимости эффективности триггера от определенного параметра:

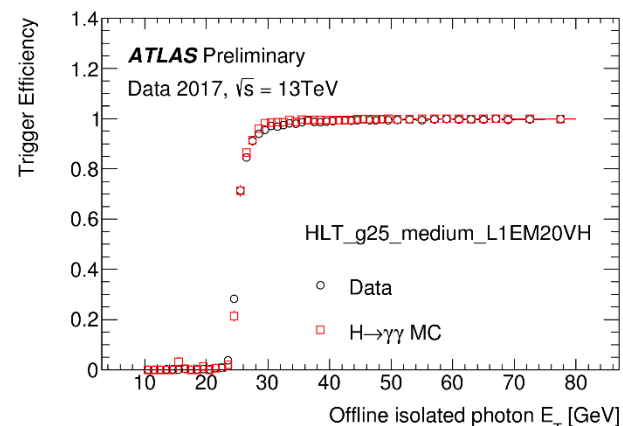
мюонный триггер



электронный триггер



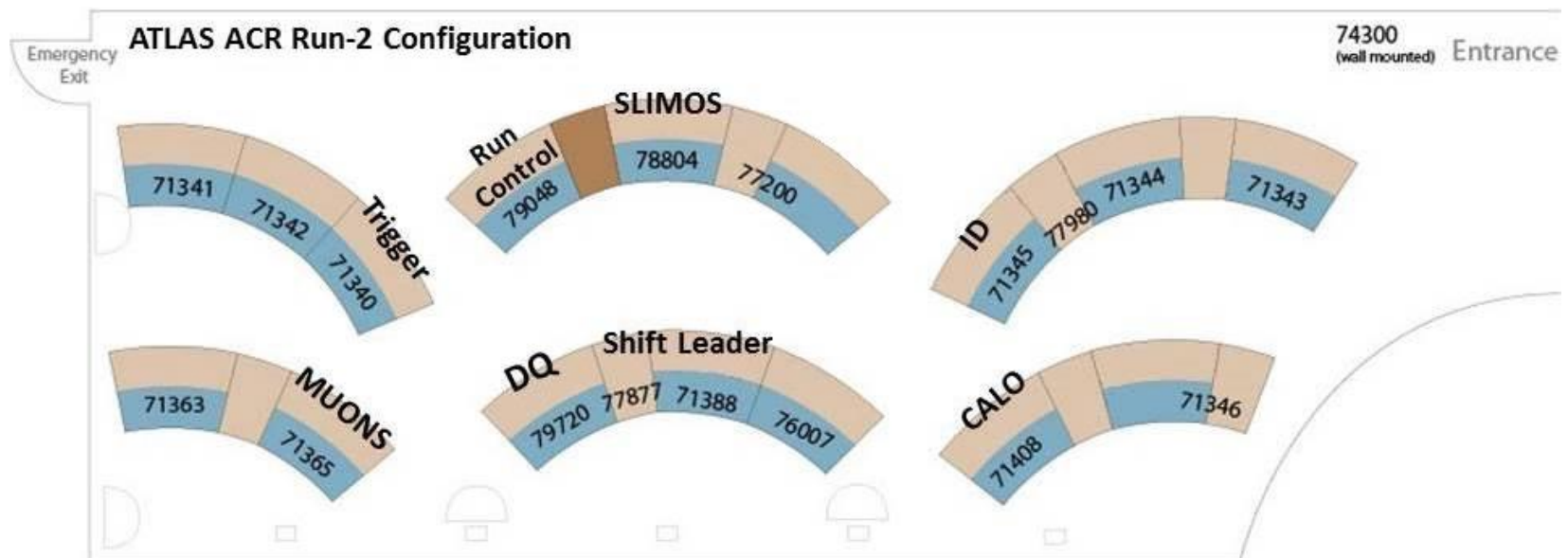
фотонный триггер



Контроль качества данных

Чтобы получить качественные и неповрежденные данные, в режиме реального времени контролируются:

- Состояние АТЛАС детектора целиком и его компонент в отдельности;
- Системы и источники подачи напряжения;
- Состояние софта, который контролирует детектор и компоненты;
- Системы охлаждения детектора, температура в шахте, на детекторных и т.д.;
- Работа всей триггерной системы;
- Загруженность компьютерной и дисковой систем;
- Измерение светимости, т.д.

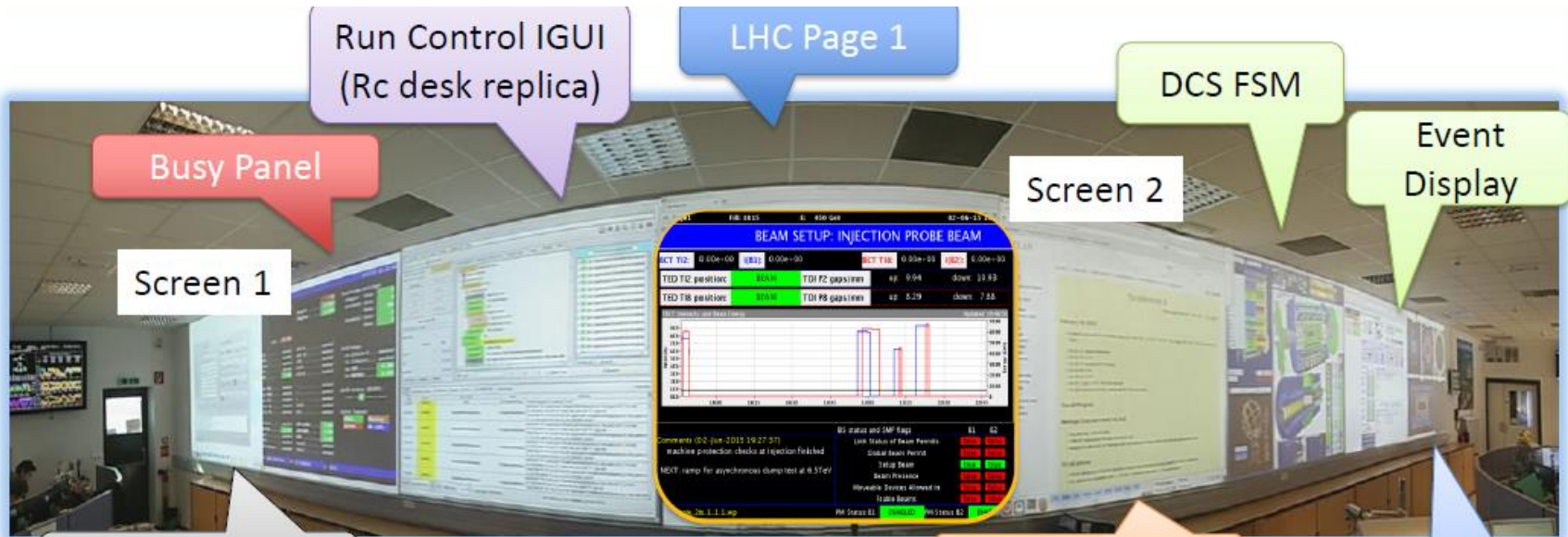


ATLAS CONTROL ROOM

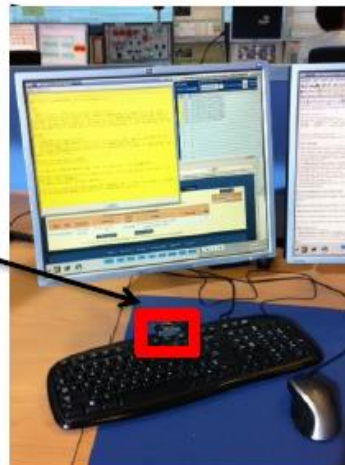


Контроль качества данных: Shift Leader

- Обеспечение выполнения рабочего плана;
- Контроль за основными параметрами работы детектора и взаимодействие с БАК;
- Взаимодействие со сменщиками, экспертами, координаторами работы АТЛАС, т.д.;
- Наблюдение за детектором в целом, обнаружение и устранение проблем.



Trigger Rates



Switch between screen 1 and 2

Plan of the day

Event Display

Please make sure you keep the layout

Контроль качества данных: триггер

Responsible for:

- ❑ Providing the correct trigger setup;
- ❑ Ensure the stability and efficiency of data taking;
- ❑ First assessment of the trigger data quality.

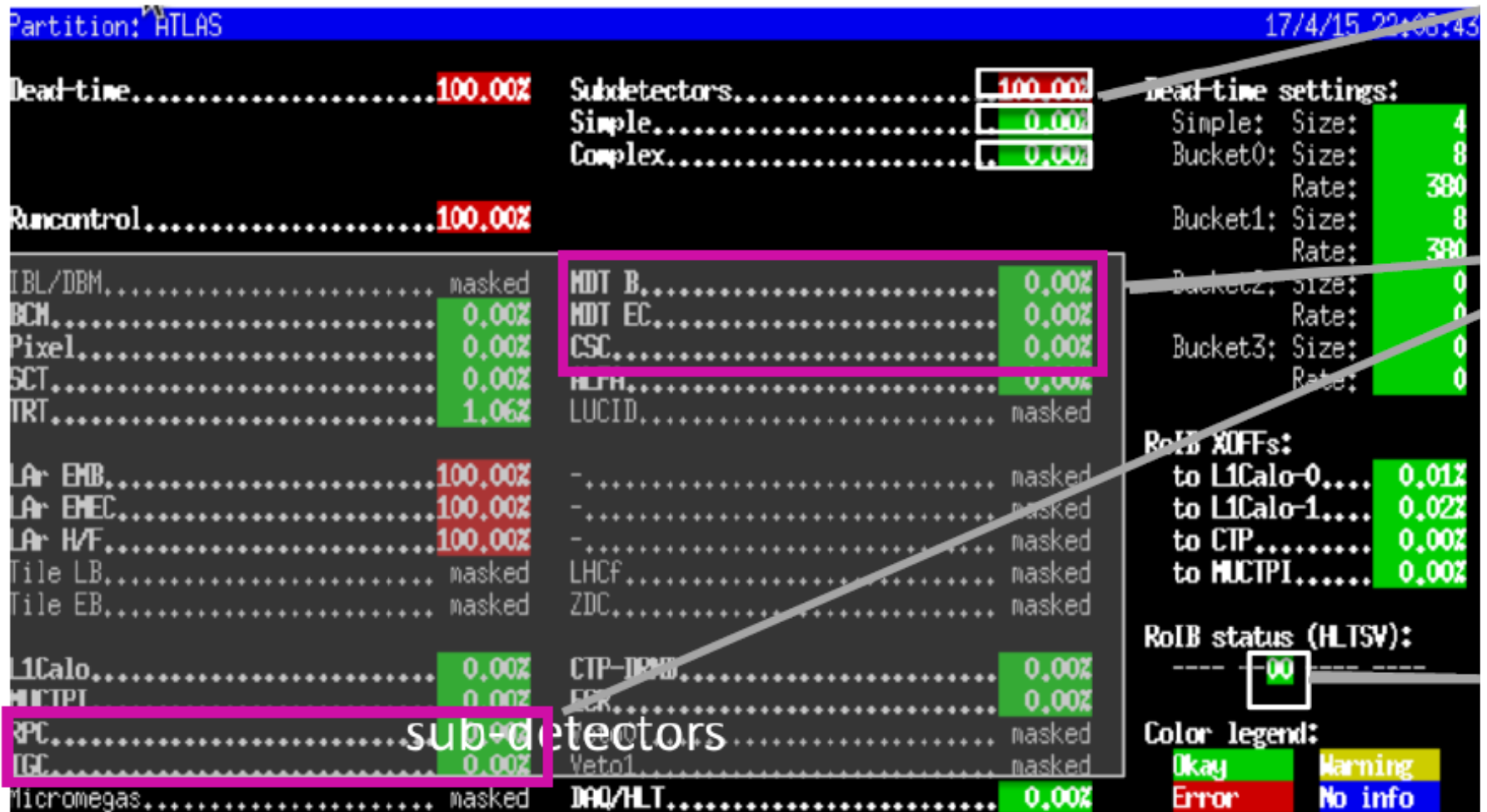
```
Partition: ATLAS29/5/17 19:55:42
```

Total Busy and Dead-Time.....	1.80%				
Subdetectors Busy.....	1.17%	Simple Dead-Time.....	0.60%	Dead-time settings:	
Runcontrol Busy Hold-Trigger LB transition		Complex Dead-Time.....	0.04%	Simple: Size:	4
				Bucket0: Size:	15
				Rate:	370
				Bucket1: Size:	42
				Rate:	381
				Bucket2: Size:	9
				Rate:	351
				Bucket3: Size:	14
				Rate:	260
				Sliding: Size:	15
				Window:	3600
IBL/DBM.....	0.02%	MDT B.....	0.00%	RoIB XOFFs:	
BCM.....	0.00%	MDT EC.....	0.00%	to L1Calo-0....	0.00%
Pixel.....	0.03%	CSC.....	0.00%	to L1Calo-1....	0.00%
SCT.....	0.00%	ALFA.....	masked	to CTP.....	0.00%
TRT.....	1.10%	LUCID.....	masked	to MUCTPI.....	0.00%
				to L1Topo.....	0.00%
LAr EMB.....	0.00%	-.....	masked	HLT farm:	
LAr EMEC.....	0.00%	-.....	masked		0.00%
LAr H/F.....	0.00%	AFP.....	masked	Color legend:	
Tile LB.....	0.00%	LHCf.....	masked	Okay	
Tile EB.....	0.00%	ZDC.....	masked	Warning	
				Error	
				No info	
L1Calo.....	0.00%	CTP-DRND.....	0.00%		
MUCTPI.....	0.00%	ECR.....	0.07%		
RPC.....	0.00%	Veto0.....	masked		
TGC.....	masked	Veto1.....	masked		
-.....	masked	DAQ/HLT.....	0.00%		

Контроль качества данных: триггер

Responsible for:

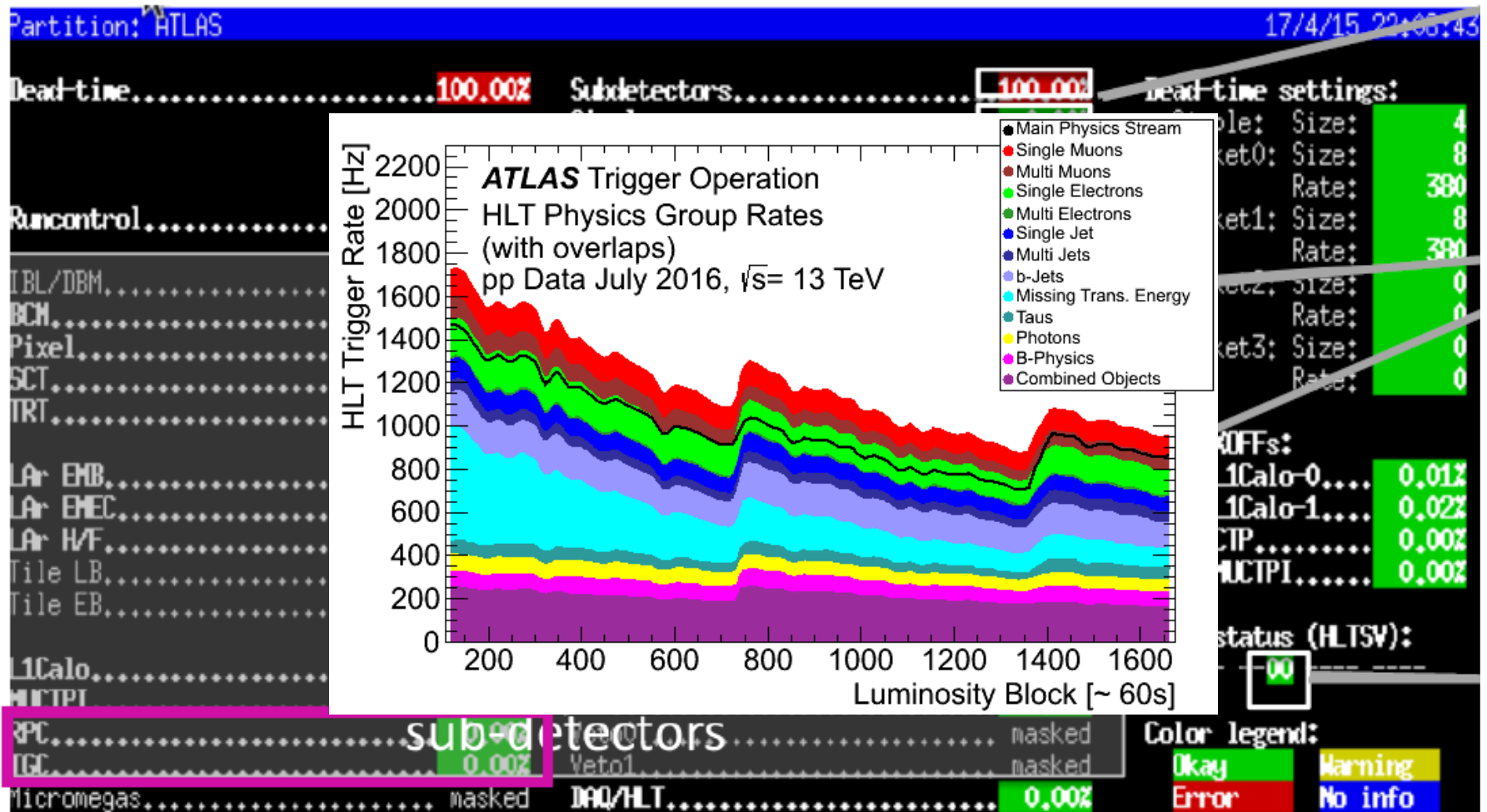
- ❑ Providing the correct trigger setup;
- ❑ Ensure the stability and efficiency of data taking;
- ❑ First assessment of the trigger data quality.



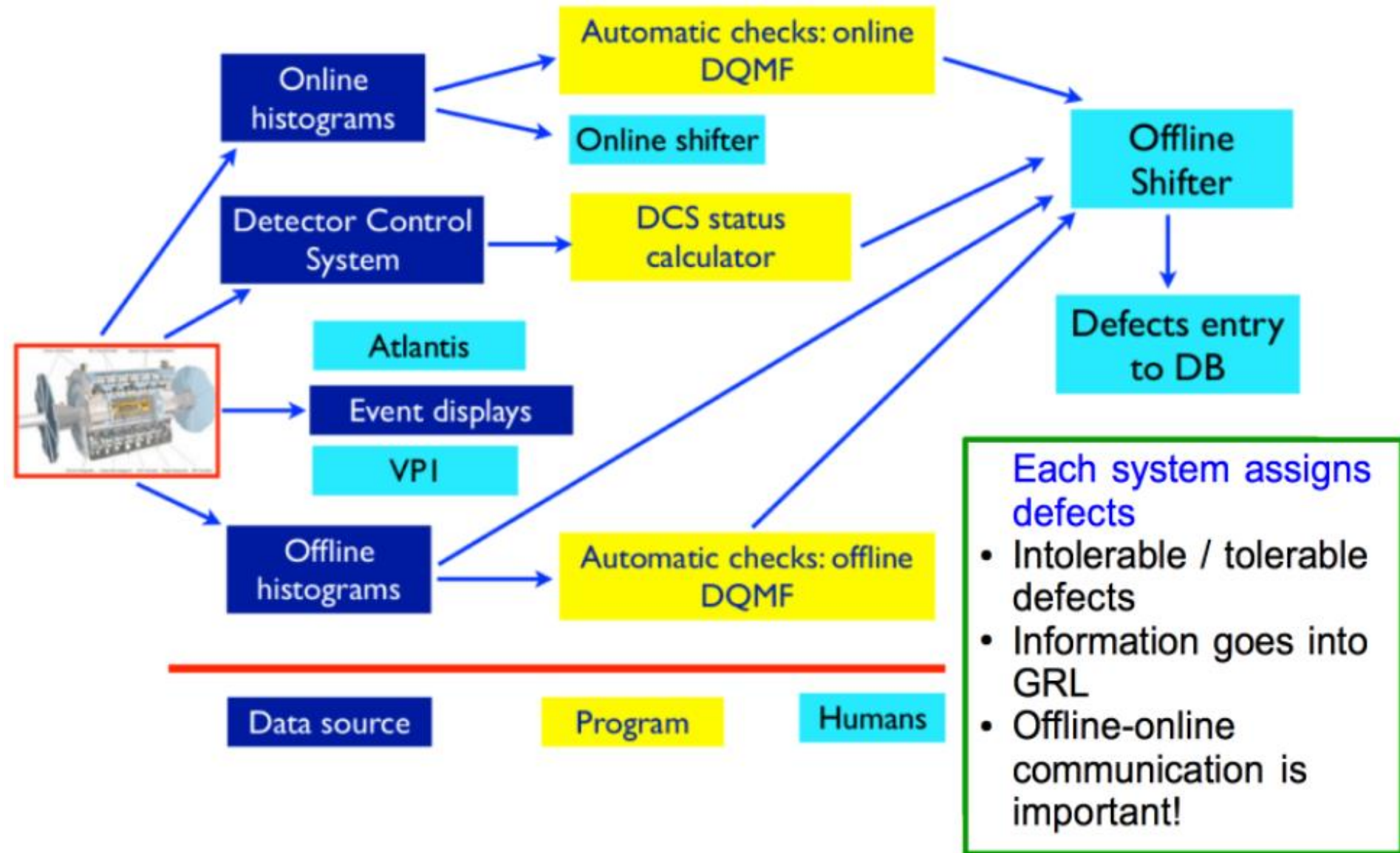
Контроль качества данных: триггер

Responsible for:

- ❑ Providing the correct trigger setup;
- ❑ Ensure the stability and efficiency of data taking;
- ❑ First assessment of the trigger data quality.



Контроль качества данных: DQ shifter



Контроль качества данных: Мюоны

ATL_MUO: fwUiAtlasFrame

Back Home Refresh

11-12-2015 09:44:19

LHC **READY** OK

Setup OK

Energy 59.5 GeV

Injection Permit **N**

ATLAS is beam-safe **Y**

Stable Beams Flag **N**

INJECTION: WARNING

S	Object	Time
0		
W		
E		
F		
D		
U		

MUON SYSTEMS	STANDBY	OK	Lock
MMG	READY	ERROR	🔒
CSC	STANDBY	OK	✓
MDT	STANDBY	OK	✓
RPC	STANDBY	OK	✓
TGC	STANDBY	OK	✓
MUON	READY	OK	✓

3D View Zoom: 100 All connected

MUON SYSTEMS			
CSC	MDT	TGC	RPC
CSC OK	MDT OK	TGC OK	RPC OK
End-A OK	Bar-A OK	End-A OK	Bar-A OK
End-C OK	Bar-C OK	End-C OK	Bar-C OK
INF OK	End-A OK	INF OK	INF OK
	End-C OK	Sys OK	
	INF OK		
MUON			
MUON OK			
CSC OK			
MDT OK			
RPC OK			
TGC OK			
Muon Overview Status			
ATLAS-LHC			
MUO OK	ATLAS OK	StableBeamOFF	
BIS OK	LHC OK	clump	
Caen OK	MuonBG OK	adjust	
	DCS BE OK	injection	

MUONs

Infrastructure **MUO OK CSC OK MDT OK RPC OK TGC OK** Advanced Panels ▾ Main

EO-C EM-C EE-C EI-C CSC-C

Precision Chambers (MDT/CSC)

HV/LV

CSC-A EI-A EE-A EM-A EO-A

■ READY ■ STANDBY RAMPING ■ SHUTDOWN ■ NOT READY ■ UNKNOWN ■ LV ON HV OFF

INITIALIZED ■ NOT INITIALIZED ■ FAILED ■ SHUTDOWN (NO LV) LOADING ■ UNKNOWN

— Status
— State

M3-C M2-C M1-C EIFI-C

Trigger Chambers

HV

EIFI-A M1-A M2-A M3-A

TGC

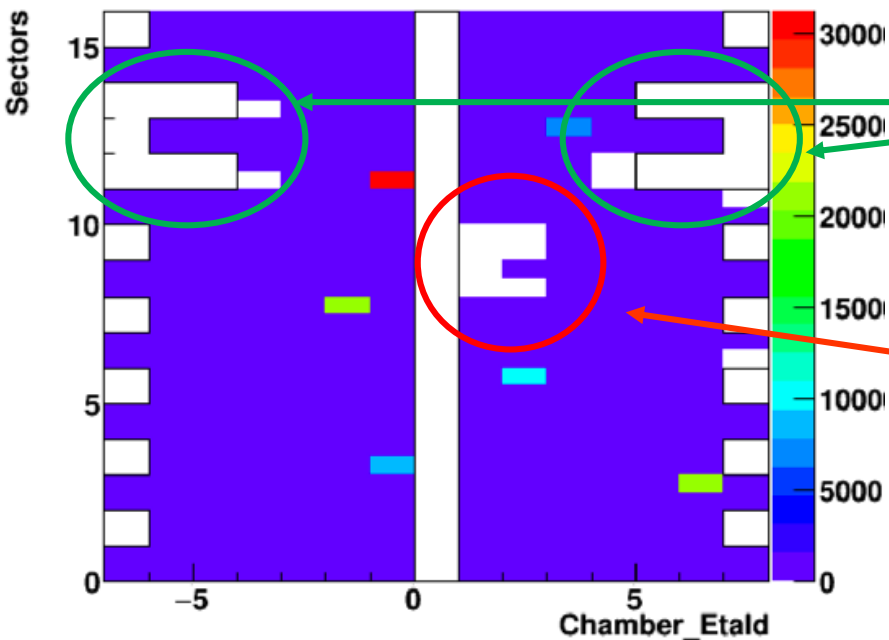
LV

TGC

■ READY ■ STANDBY RAMPING ■ SHUTDOWN ■ NOT READY ■ UNKNOWN

17

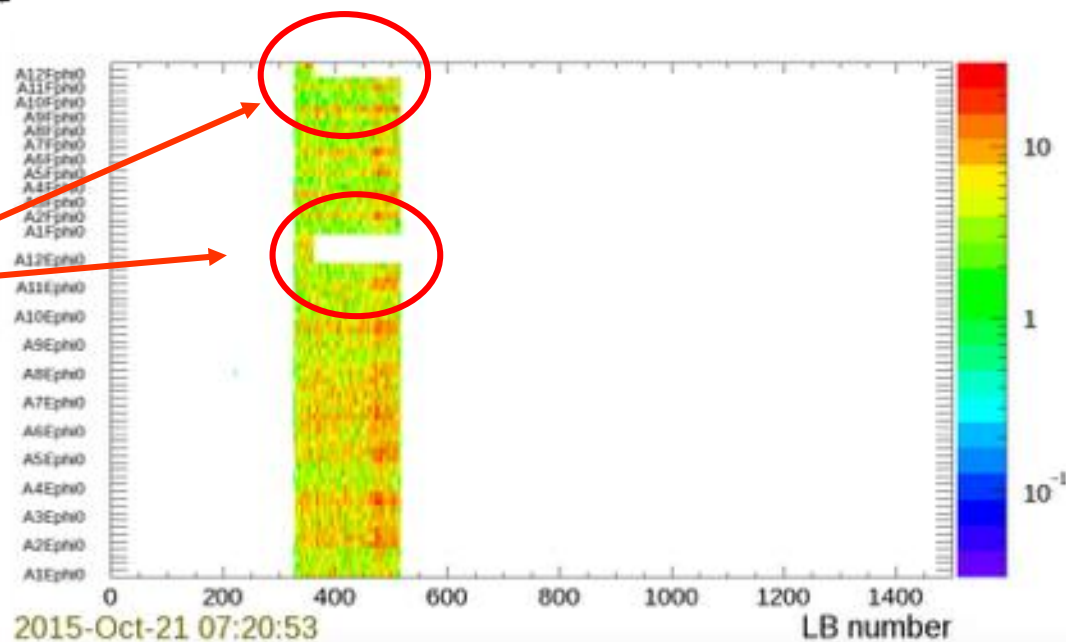
Контроль качества данных: Мюоны



Известные дыры в конструкции детектора.

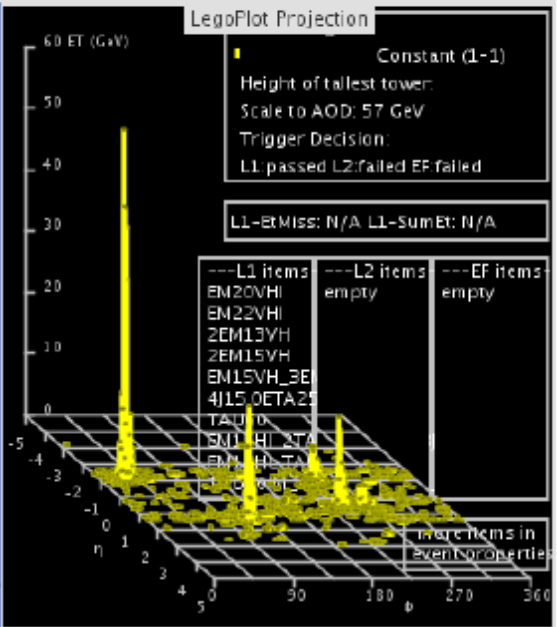
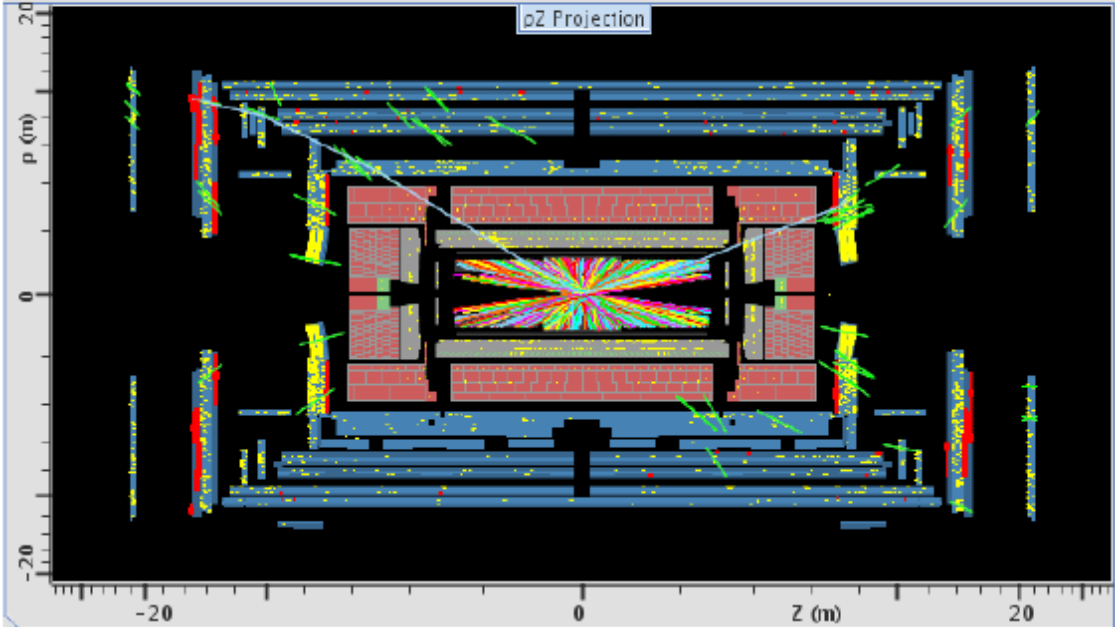
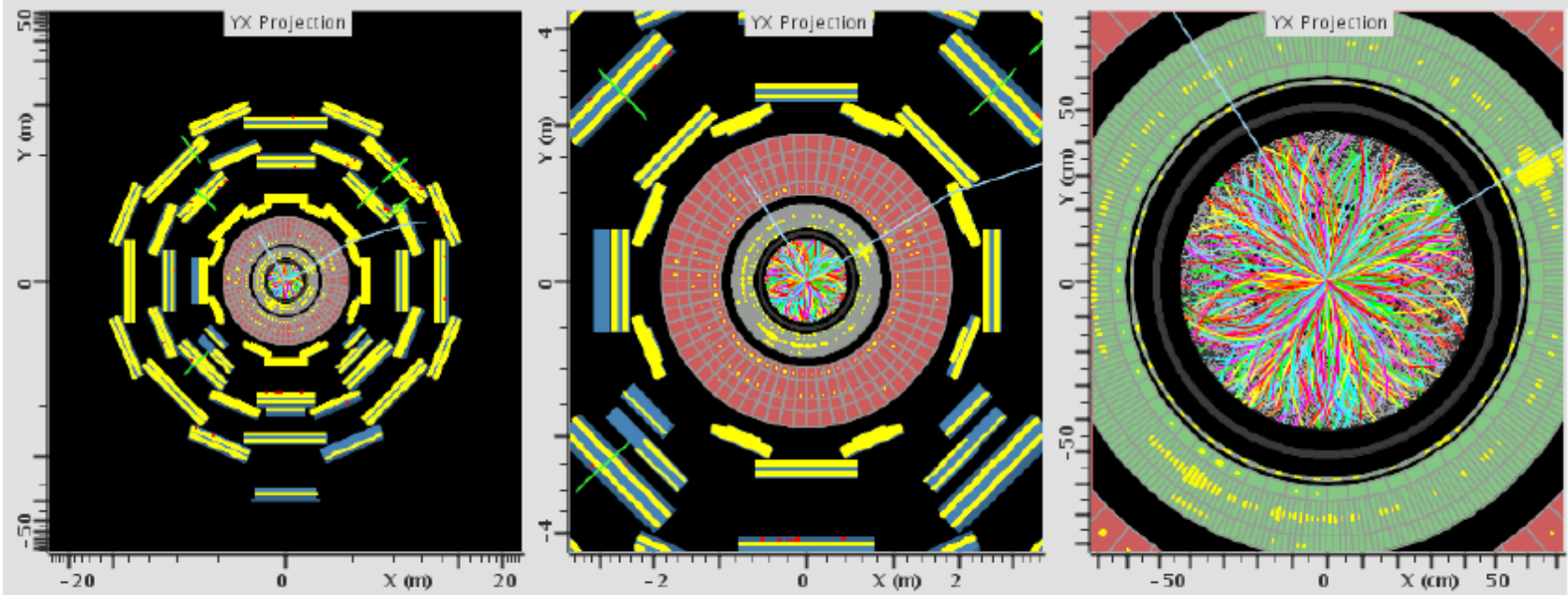
Дыра в заполняемости гистограммы – детектор не в норме – проблема!

Дыра в заполняемости гистограммы – какие-то компоненты детектора не в норме – проблема!



Контроль качества данных: Event display

ATLAS 2016-06-06 05:46:43 CEST source:jiveXML_300908_1437349160 run:300908 ev:1437349160 lumiBlock:713 Atlantis



Реконструкция событий

Прежде чем приступить к анализу данных, информация со всего детектора должна быть проанализирована для полной реконструкции события. Реконструкция события включает в себя:

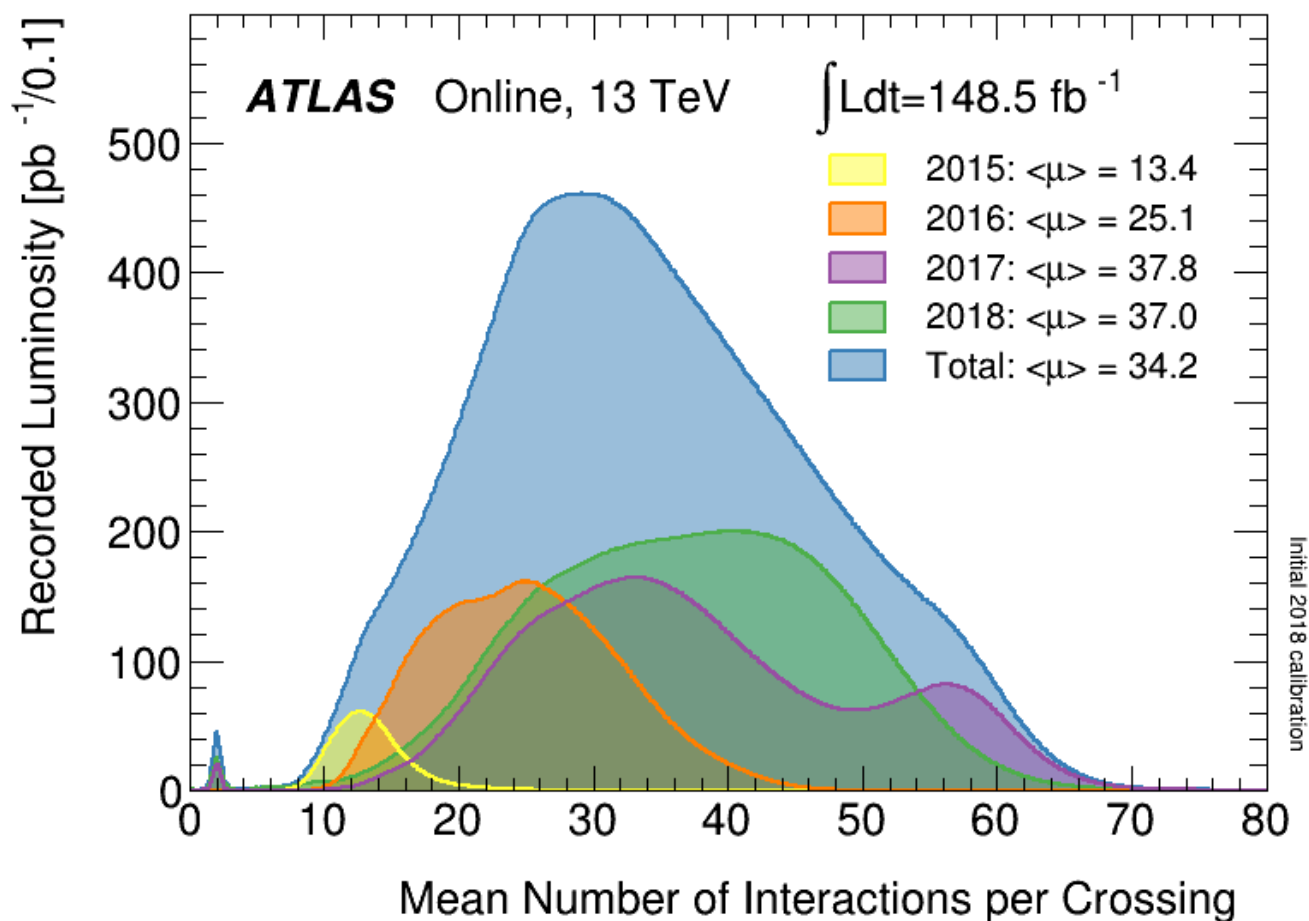
- ❑ Реконструкция треков заряженных частиц во внутреннем детекторе (*пиксельный детектор, стриповый детектор и TPT детектор*);
- ❑ реконструкция электронов по энергосодержанию в ЭМ калориметре и сопоставлению центра электромагнитного кластера в калориметре треку заряженной частицы, реконструированной во внутреннем детекторе;
- ❑ Восстановление джетов по величине и форме энергосодержания в адронном и ЭМ калориметрах;
- ❑ Восстановление мюонов посредством восстановления треков в мюонном спектрометре с последующим комбинированием с треками, восстановленных во внутреннем детекторе;
- ❑ Расчет дисбаланса энергии с учетом всех объектов реконструированных в детекторе;

Треки, восстановленные во внутреннем детекторе используются для:

- восстановления электрона;
- восстановления мюона;
- для идентификации b- c-джетов;
- расчета дисбаланса энергии.

Реконструкция событий, вызовы

При столкновении пучков протонов происходит не одно, а множество столкновений протонов с образованием множества разных частиц (*pile-up interactions*), которые оставляют сигналы в трековых детекторах и энерговыделение в калориметрах.



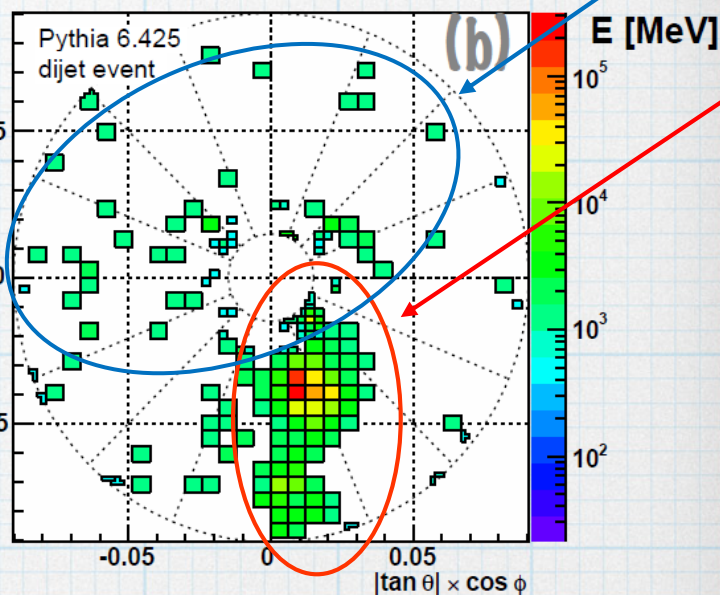
Реконструкция событий, вызовы

При столкновении пучков протонов происходит не одно, а множество столкновений протонов с образованием множества разных частиц, которые оставляют треки в трековых детекторах и энерговыделение в калориметрах. Это вызывает серьезное затруднение как и при восстановлении треков, так и при восстановлении электронов, джетов и в конце концов вносят дополнительную неопределенность. Поэтому приходится разрабатывать различные методы учета дополнительных взаимодействий

энерговыделение в калориметре

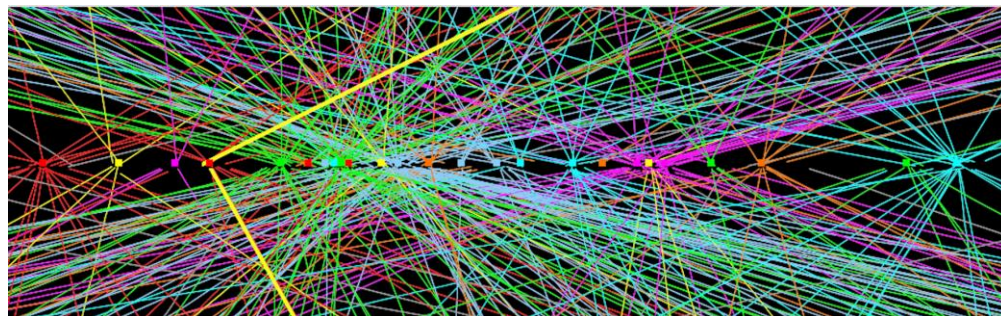
энерговыделения от частиц, произошедших из дополнительных взаимодействий

ATLAS simulation 2010

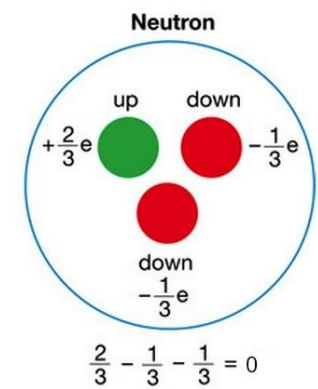
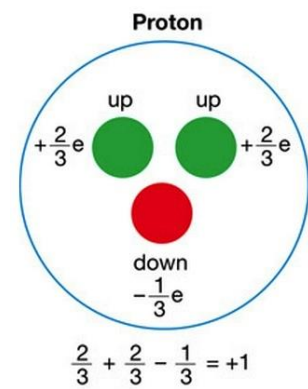
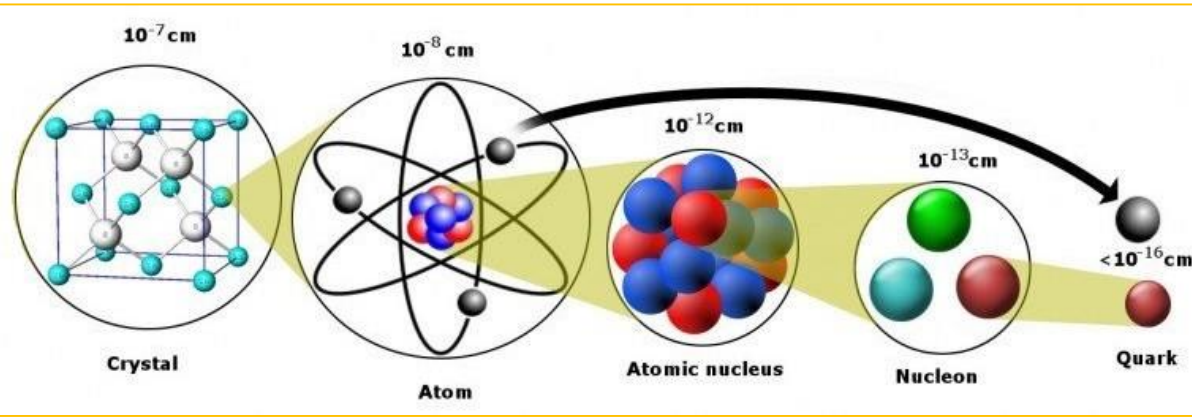


джет с большой энергией

Столкновение, в котором реконструировано 25 вершин



Элементарные частицы и нуклоны



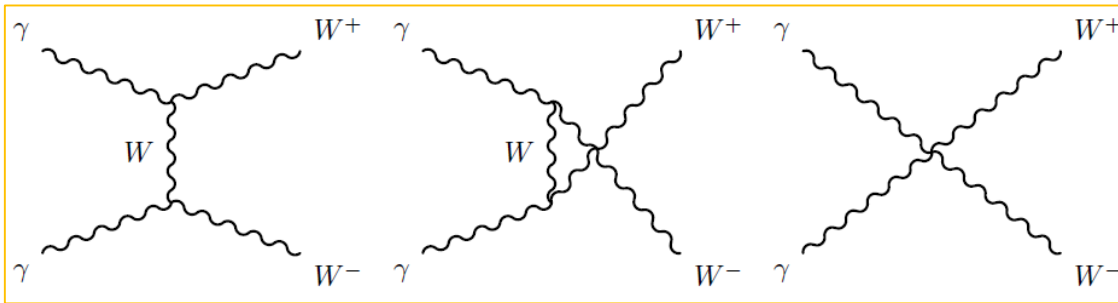
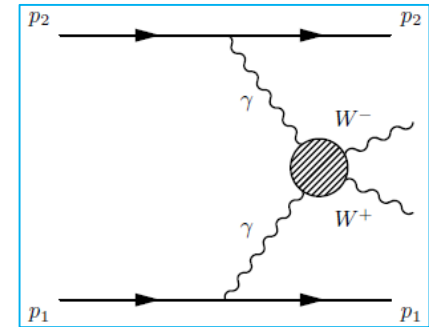
наш мир

КВАРКИ ЛЕПТОНЫ	масса заряд спин	2,3 МэВ/c ² 2/3 1/2 u верхний	1,275 МэВ/c ² 2/3 1/2 c очарованный	173,07 ГэВ/c ² 0 1/2 t истинный	0 0 1 g глюон	126 ГэВ/c ² 0 0 H бозон Хиггса
	4,8 МэВ/c ² -1/3 1/2 d нижний	95 МэВ/c ² -1/3 1/2 s странный	4,18 ГэВ/c ² -1/3 1/2 b прелестный	0 0 1 γ фотон		
	0,511 МэВ/c ² -1 1/2 e электрон	105,7 МэВ/c ² -1 1/2 μ мюон	1,777 ГэВ/c ² -1 1/2 τ тау-лептон	91,2 ГэВ/c ² 0 1 Z Z-бозон		
	2,2 эВ/c ² 0 1/2 ν_e электронное нейтрино	0,17 МэВ/c ² 0 1/2 ν_μ мюонное нейтрино	15,5 МэВ/c ² 0 1/2 ν_τ тау-нейтрино	80,4 ГэВ/c ² ±1 1 W W-бозон		

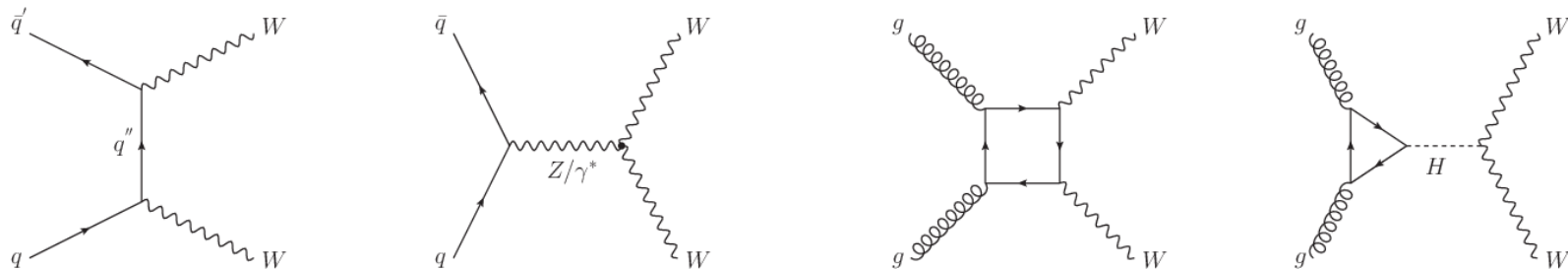
КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ

АНАЛИЗ: с чего начать?

- ❑ Определение цели, т.е. какой процесс изучается: например, процесс рождения $W+W^-$ пары в фотон-фотонных взаимодействиях, излученных протонами;
- ❑ Какие Фейнмановские диаграммы дают вклад в такой процесс?



- ❑ Какие другие (фоновые) процессы приводят к таким же конечным состояниям? Например:



- ❑ Монте-Карло моделирование процессов.

Монте-Карло моделирование

Монте-Карло моделирование является неотъемлемой частью коллайдерных экспериментов и используется для:

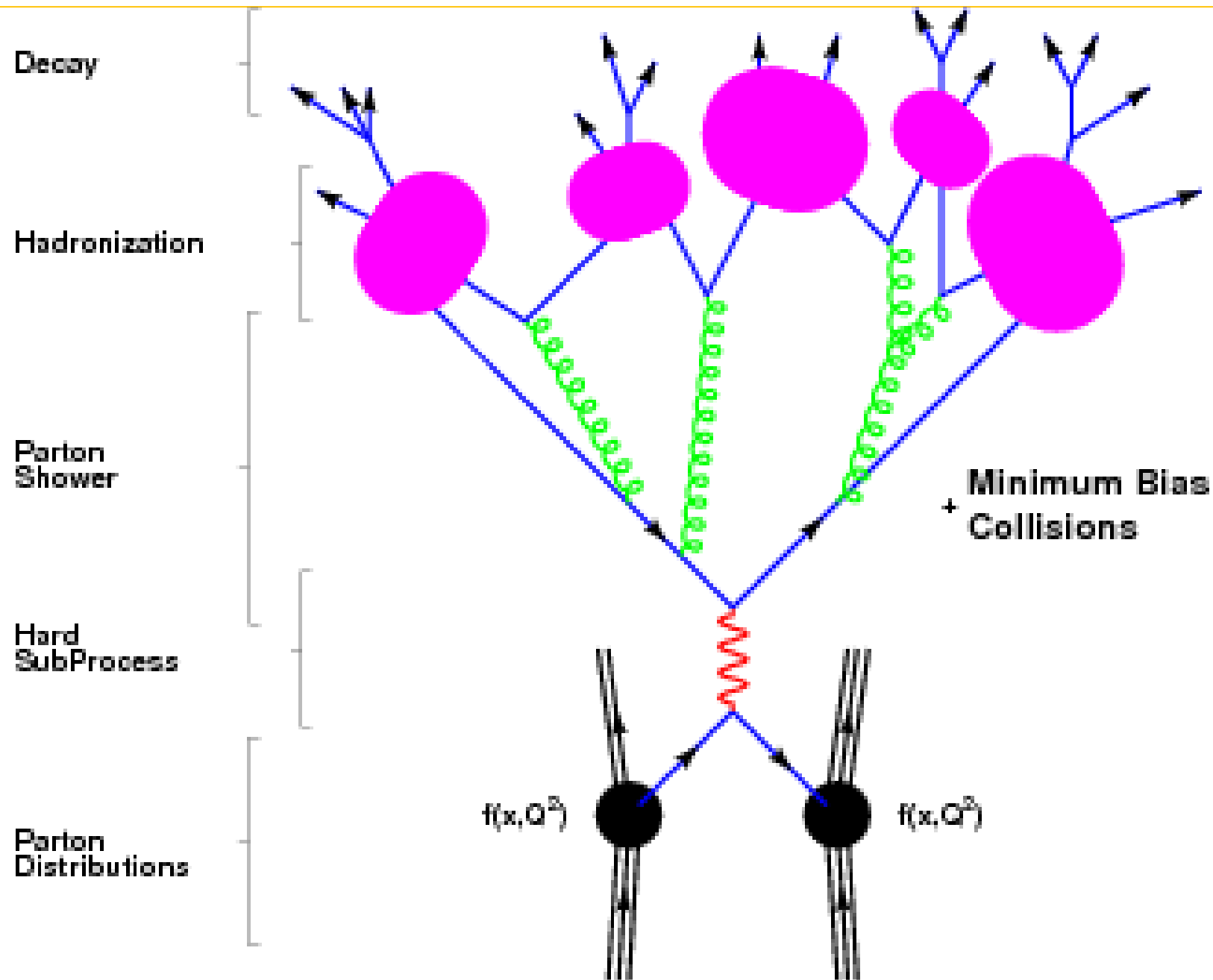
- моделирования сигнального и фоновых процессов, включая кинематические распределения;
- определения критериев отбора сигнальных событий и подавления фонов;
- определения эффективности детектора в целом и компонент в отдельности;
- калибровки и понимания работы детектора;
- понимания и оценки систематических ошибок, и т.д.

Моделирование включает в себя:

- Генерацию событий: симулирование взаимодействия кварков/глюонов/фотонов из протонов на уровне матричного элемента с расчетом кинематики события, с последующим расчетом излучения частиц, адронизации и последующего распада;
- Симуляция прохождения частицами детектора и взаимодействия с материалами детектора; рассеивание и расчет энерговыделения в детекторе;
- Оцифровка информации.

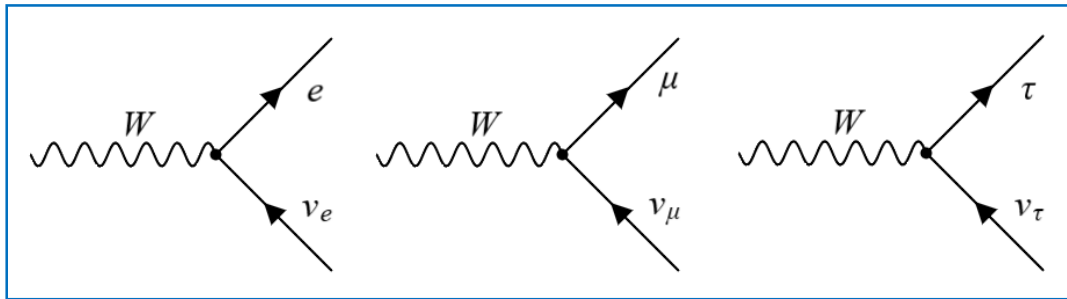
После последнего шага реальные данные и сгенерированные выглядят идентично и потому анализируются одинаково.

Монте-Карло моделирование, схема



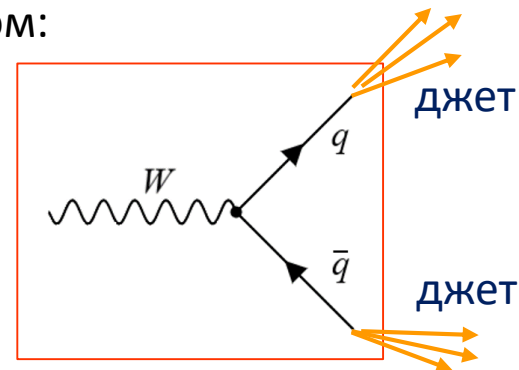
АНАЛИЗ: конечные частицы в детекторе

□ Продукты распада W- бозона, регистрируемые детектором:



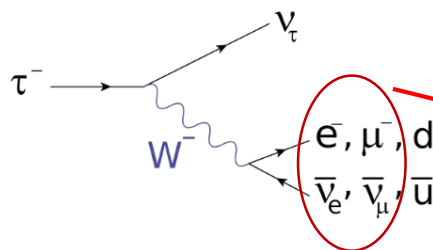
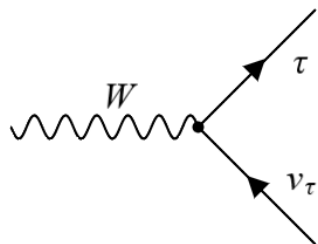
Лептонные распады W-бозона

$$\text{Br}(W \rightarrow l\nu_l) \simeq 11\%$$



Адронные распады W-бозона

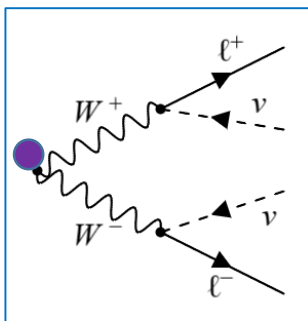
$$\text{Br}(W \rightarrow q\bar{q}) \simeq 67\%$$



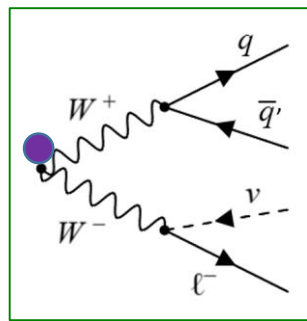
$\Sigma \sim 35\%$



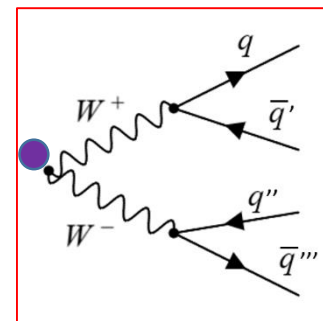
$\text{Br}(\tau\tau \rightarrow ll) \sim 10\%$



$$\text{Br}(WW \rightarrow ee/e\mu/\mu\mu) \sim 5\%$$



$$\sim 50\%$$



$$\text{Br}(WW \rightarrow qq) \sim 45\%$$

АНАЛИЗ: конечные частицы в детекторе

Конечные состояния распада пары WW- бозонов, регистрируемые детектором:

	WW → ee/еμ/μμ (лептон + лептон)	WW → lq (лептон + джет)	WW → qq (джет + джет)
Доля в конечном состоянии	~5%	~50%	~45%
Уровень фона	низкий	высокий	очень высокий
Статистика	низкая	наивысшая	высокая
Полнота кинематики	не определена	определена	определена

Какой канал выбрать для анализа?

Какую стратегию анализа выбрать?

По какому критерию оптимизировать анализ?

Важным параметром, на который часто ориентируются при выборе анализа, а также используется как критерий оптимизации анализа, является величина

значимость (significance) $S = \frac{N_{\text{sign}}}{\sqrt{N_{\text{back}}}}$, показывающая насколько наблюдаемая

величина является статистически значимым.

АНАЛИЗ: blind analysis

В современном анализе данных стандартный подход заключается в том, что до отбора событий в сигнальной области и произведения соответствующего измерения, сначала делается отбор событий в кинематической области близкой к сигнальной, где сигнальных событий либо нет, либо их мало. Такие области называются контрольными. В контрольных областях нужно довести согласие моделирования и эксперимента в пределах погрешностей и лишь только потом смотреть на сигнальную область.

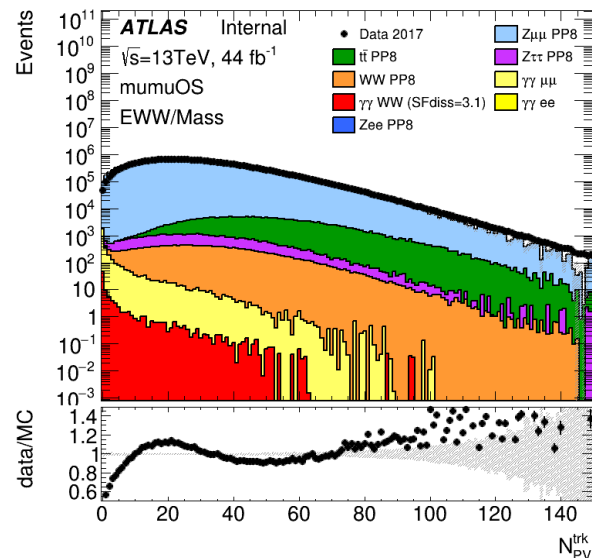
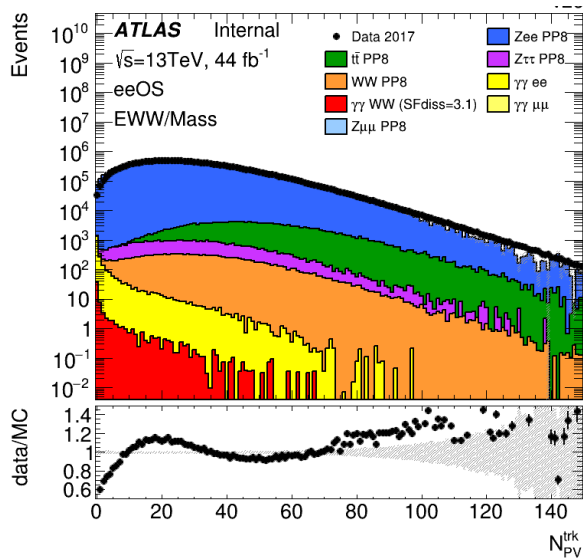
$pp \rightarrow p^*(\gamma\gamma \rightarrow WW \rightarrow ee / \mu\mu)p^*$ - каналы выбранные для контрольных областей;

$pp \rightarrow p^*(\gamma\gamma \rightarrow WW \rightarrow e\mu)p^*$ - канал выбранный для отбора сигнальных событий;

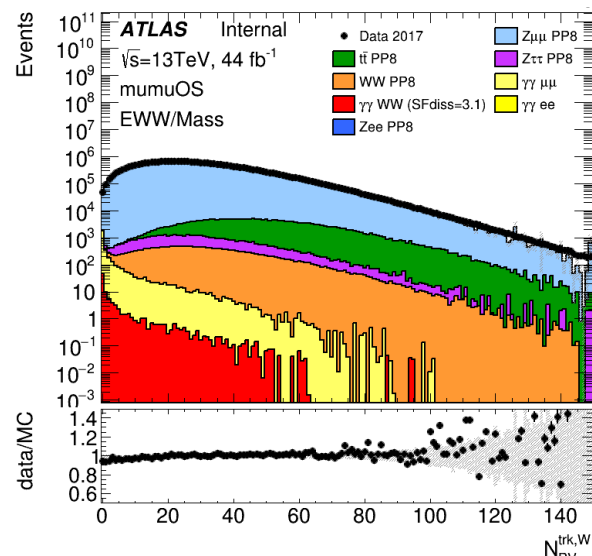
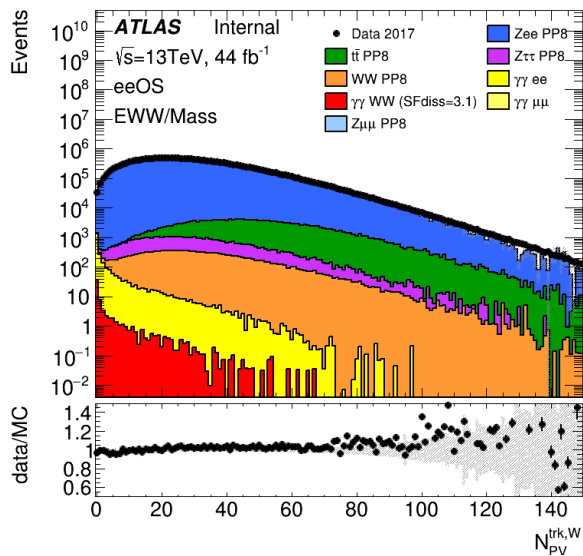
АНАЛИЗ: контрольные области

Распределение множественности треков заряженных частиц в ee и $\mu\mu$ контрольных областях: до внесения ряда коррекций

до внесения коррекций



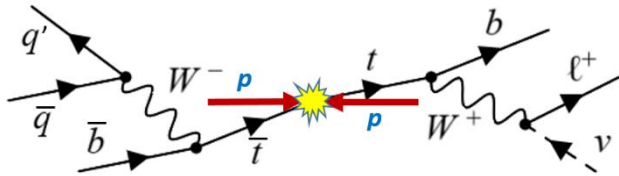
после внесения коррекций



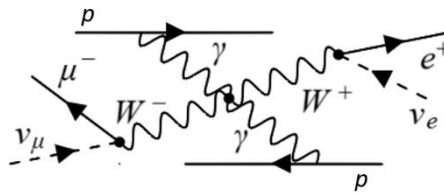
АНАЛИЗ: систематические ошибки

Определение и оценка систематических ошибок является одной из наиболее сложных компонент анализа, поскольку нет какого-либо уникального рецепта их определения и оценки. Систематические ошибки различны не только для каждого эксперимента, но и даже для каждого анализа в рамках одного и того же эксперимента.

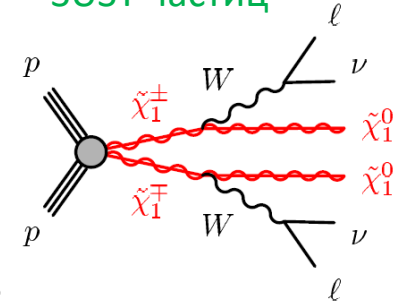
Измерение сечения $pp \rightarrow t\bar{t}$ в канале лептон + джеты



Измерение сечения $pp \rightarrow p^* (\gamma\gamma \rightarrow WW) p^*$ в электрон-мюонном канале



Поиск заряженных SUSY частиц



общие характерные систематические ошибки:

- Определение интегральной светимости;
- Ошибка в определении эффективности триггера (разная для каждого типа триггера);
- Ошибки, связанные с реконструкцией электрона, мюона;
- Неопределенности в калибровке энергии и разрешения электрона, джетов;

индивидуальные систематические ошибки:

- неопределенности в вычислении энергии и разрешении джетов и b-джетов
- моделирование энергий и множественности заряженных частиц
- неопределенность в расчете дисбаланса энергии

АНАЛИЗ: результат(ы)

Результатом проведенного анализа может быть:

- 1) Измеренная величина, например, сечения рождения какого процесса при определенных кинематических ограничениях;

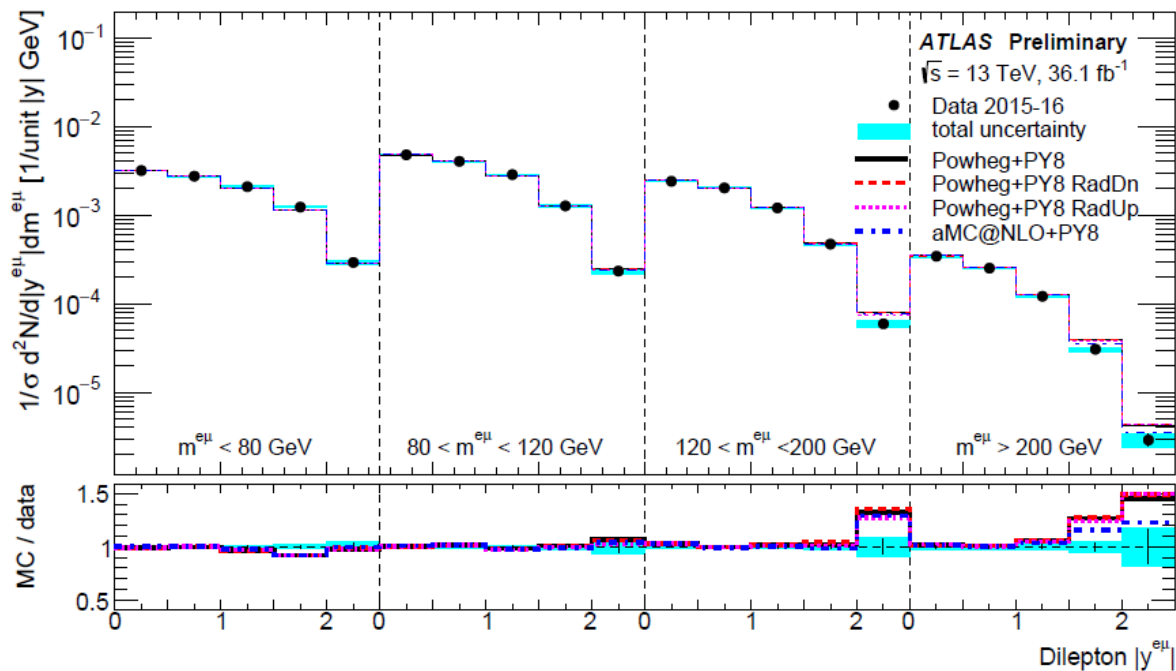
Сечение процесса образование пары топ-антитоп кварков:

$$\sigma(t\bar{t}) = 830 \pm 0.4(\text{stat}) \pm 36(\text{syst}) \pm 14(\text{lumi}) \text{ pb}$$

АНАЛИЗ: результат(ы)

Результатом проведенного анализа может быть:

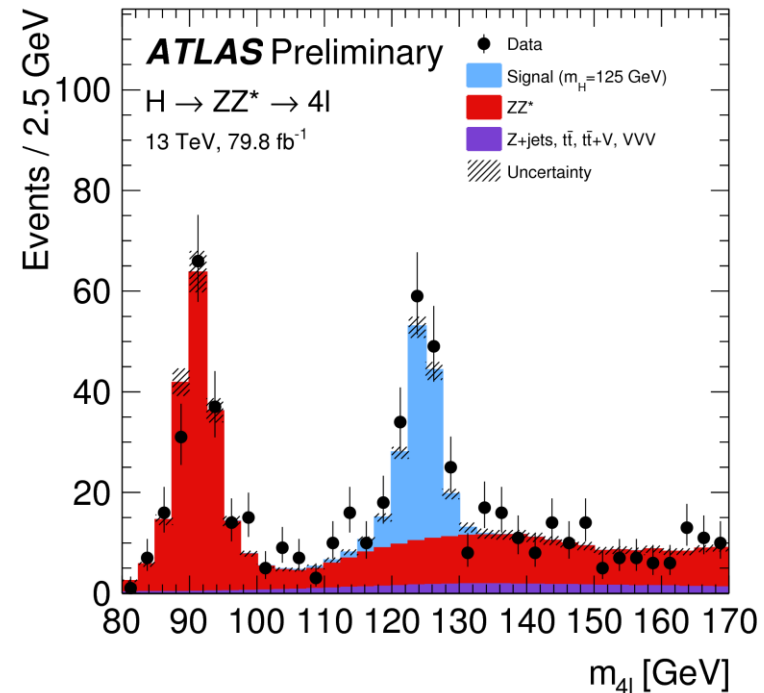
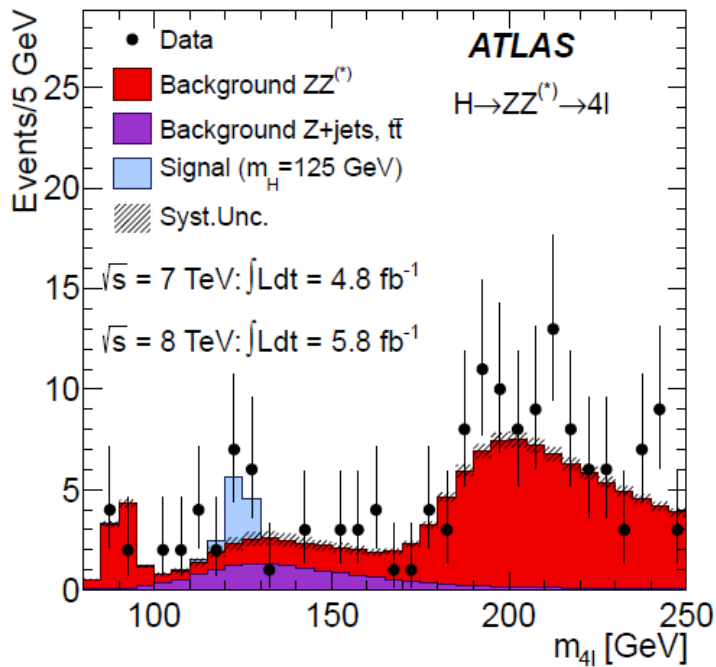
- 1) Измеренная величина, например, сечения рождения какого процесса при определенных кинематических ограничениях;
- 2) Получение дифференциальных кинематических распределений определенного процесса;



АНАЛИЗ: результат(ы)

Результатом проведенного анализа может быть:

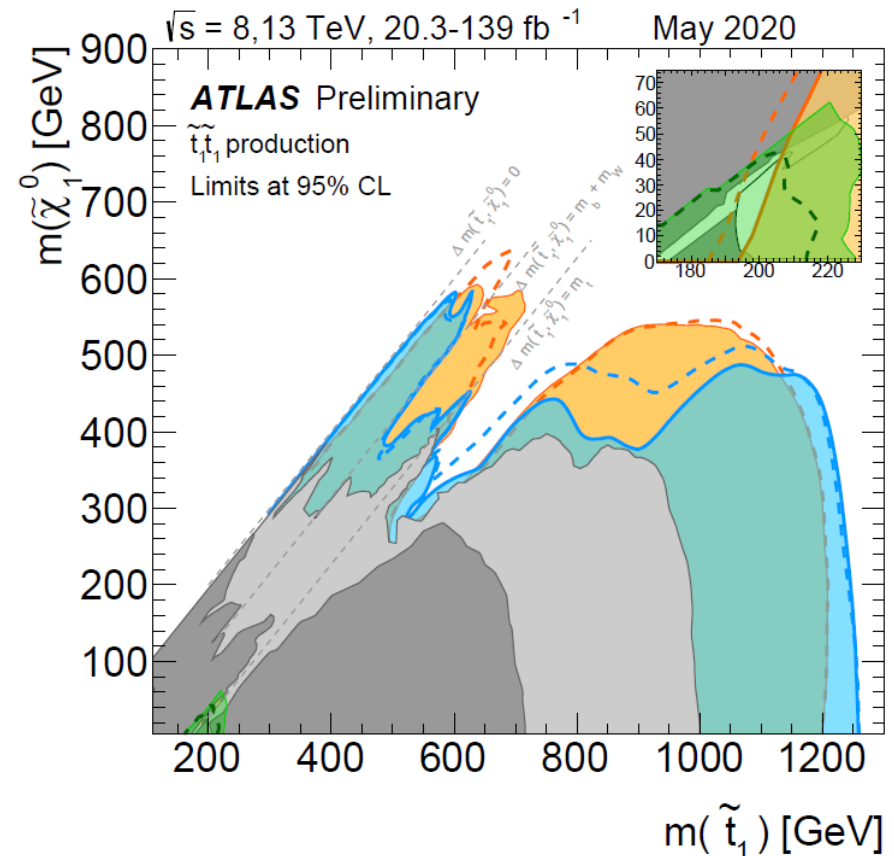
- 1) Измеренная величина, например, сечения рождения какого процесса при определенных кинематических ограничениях;
- 2) Получение дифференциальных кинематических распределений определенного процесса;
- 3) Открытие новой частицы, например, **бозона Хиггса**;



АНАЛИЗ: результат(ы)

Результатом проведенного анализа может быть:

- 1) Измеренная величина, например, сечения рождения какого процесса при определенных кинематических ограничениях;
- 2) Получение дифференциальных кинематических распределений определенного процесса;
- 3) Открытие новой частицы: например, бозона Хиггса;
- 4) Расширение области, из которой исключены какие-то частицы, предсказанные некой теорией: например, предсказания теории супер-симметрии (SUSY)



Распределенные компьютерные системы

Анализ огромного массива $O(100\text{PB})$ данных АТЛАСа был бы невозможно без распределенной компьютерной системы хранения, анализа и управления данными, т.е. Grid.

АТЛАС использует 3 grid системы, которые входят в **Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)**:

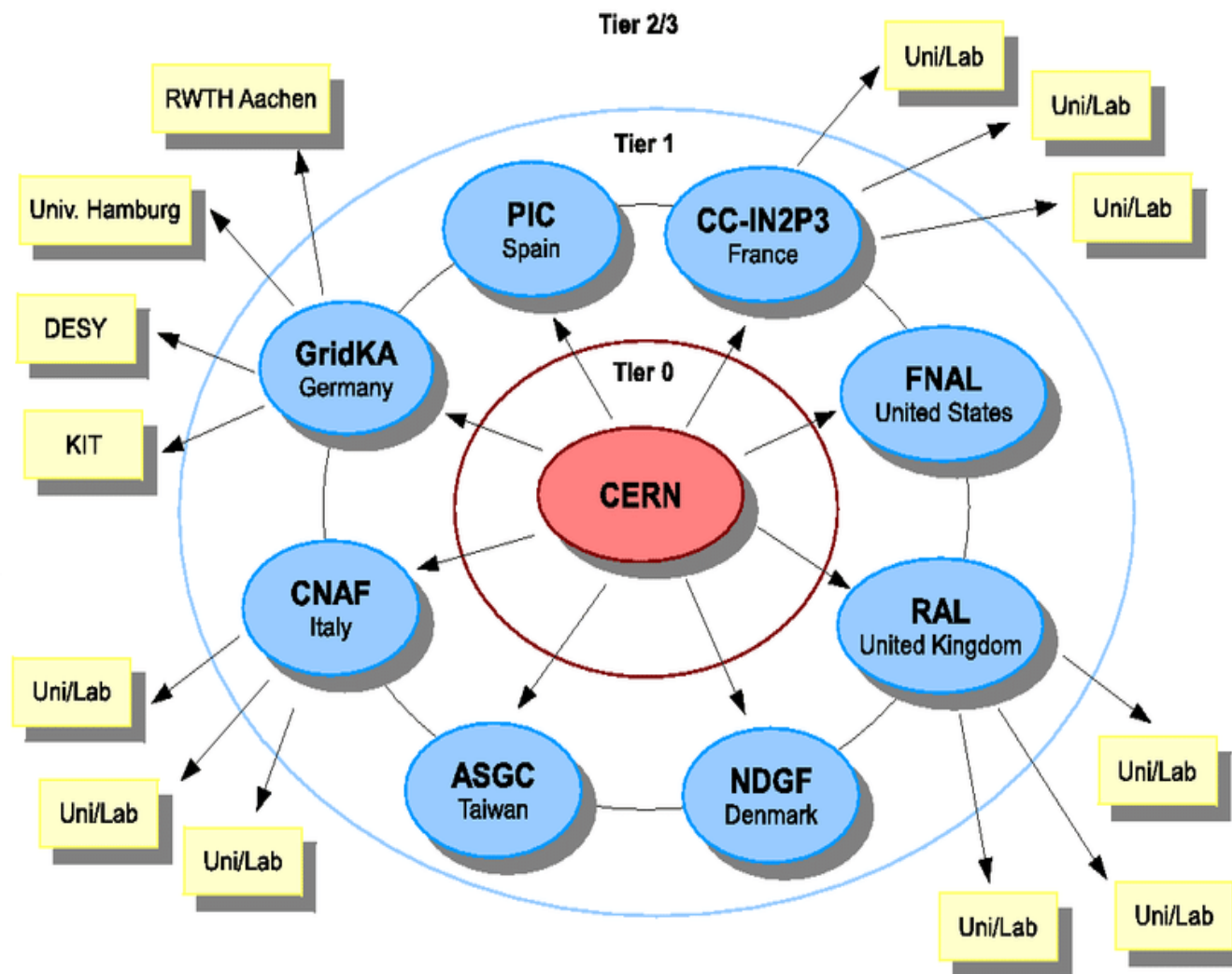
- ✓ **European Grid Infrastructure (EGI)** in Europe, Asia and Canada;
- ✓ **Open Science Grid (OSG)** in USA;
- ✓ **NorduGrid** in Nordic countries;

Advanced Resource Connector (ARC) is used as a middleware, providing a common interface for submission of computational tasks to different distributed computing systems and thus can enable grid infrastructures of varying size and complexity.

WLCG – Worldwide LHC Computing Grid:

- More than 170 data centres in 42 countries with about 900,000 CPU cores;
- CERN provides about 20% of the WLCG resources;
- Allows more than 12,000 physicists to access LHC data in almost real-time;
- >300,000 jobs run concurrently on the Grid, which amounts to over 2,000,000 tasks per day;
- Storage is about 500 PB disk and 500 PB of tape globally;
- In 2018, global transfer rates regularly exceeded 60 GB/s;

Worldwide LCH Computing Grid



- 1 Tier-0: CERN
 - Data processing
- 11 Tier-1s:
 - Simulation
 - Reprocessing
- ~130 Tier-2s:
 - Simulation
 - User Analysis

The ATLAS Grid

ATLAS has its own systems on top of the Grids:

- ❑ **PanDA** (Production and Data Analysis) for job management;
- ❑ **PanDA Monitor** - the PanDA Monitoring System
- ❑ **Rucio** - a data management system to implement the ATLAS computing model

Послесловие

- 1) АТЛАС эксперимент представляет собой огромный интерес с точки зрения научной карьеры в физике и возможности самореализации: разработка и конструкция детекторов, моделирование и анализ данных, программирование и компьютерные технологии.
- 2) Работа в больших коллаборациях – это не только научная работа, но еще очень интересная жизнь; для участия в конференциях и собраниях часто нужно много путешествовать;
- 3) Кроме того, это общение, а также дружба, с большим количеством умнейших и интереснейших людей;
- 4) Возможность (иногда и необходимость) говорить на нескольких иностранных языках – многие физики говорят на 4-5 языках свободно.
- 5) Начав карьеру с высокого трамплина, как АТЛАС эксперимент, легко можно после ряда лет работы запрыгнуть в индустрию на хорошую и интересную работу.

Послесловие

- 1) АТЛАС эксперимент представляет собой огромный интерес с точки зрения научной карьеры в физике и возможности самореализации: разработка и конструкция детекторов, моделирование и анализ данных, программирование и компьютерные технологии.
- 2) Работа в больших коллаборациях – это не только научная работа, но еще очень интересная жизнь; для участия в конференциях и собраниях часто нужно много путешествовать;
- 3) Кроме того, это общение, а также дружба, с большим количеством умнейших и интереснейших людей;
- 4) Возможность (иногда и необходимость) говорить на нескольких иностранных языках – многие физики говорят на 4-5 языках свободно.
- 5) Начав карьеру с высокого трамплина, как АТЛАС эксперимент, легко можно после ряда лет работы запрыгнуть в индустрию на хорошую и интересную работу.

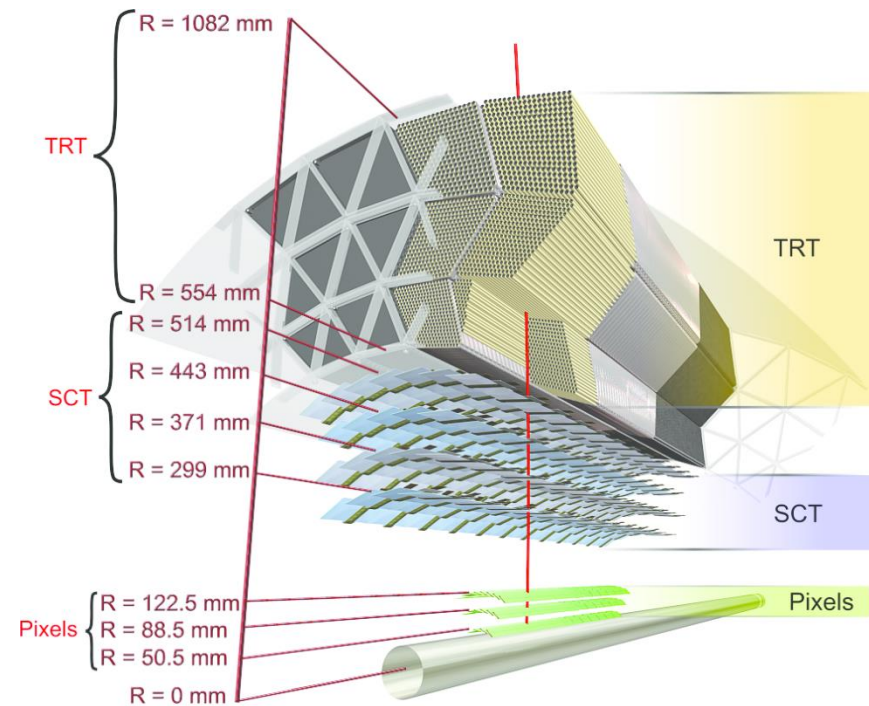
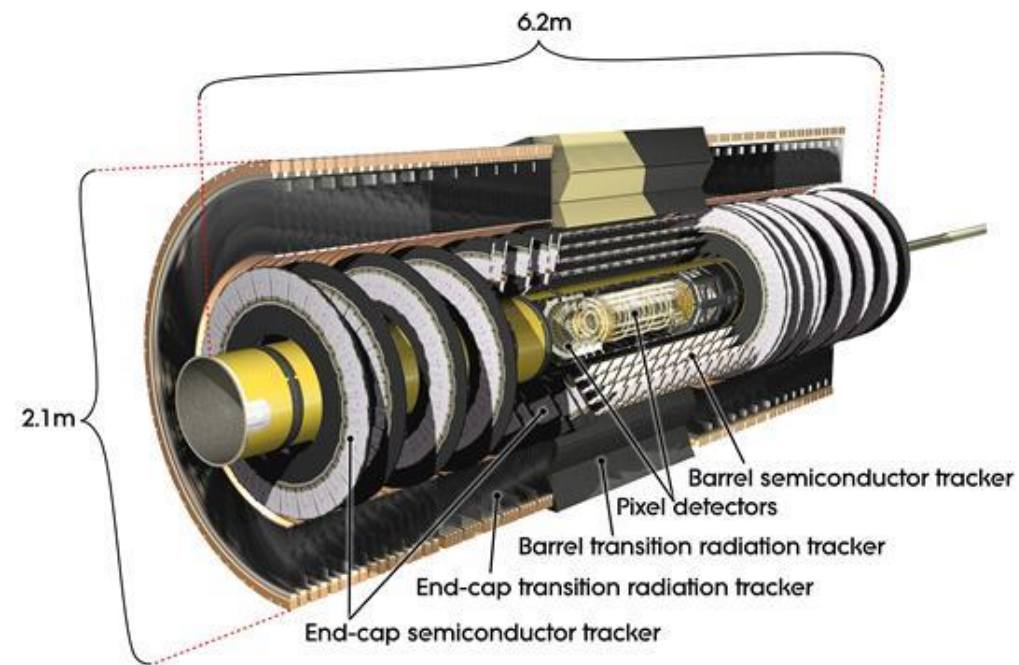
Дерзайте!

Spare slides

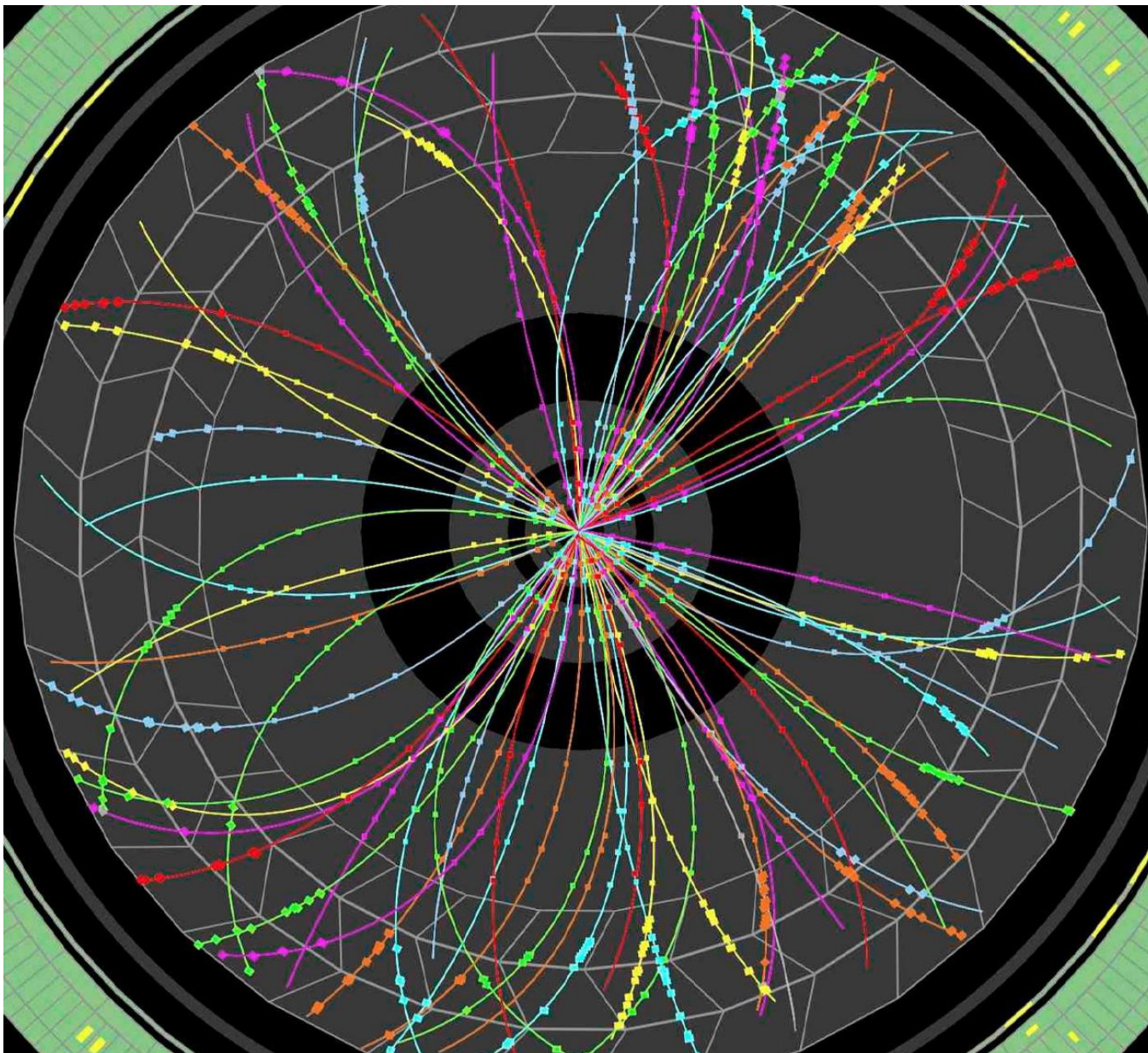
Полезные ссылки

1. ЦЕРН: <https://home.cern/>
2. АТЛАС эксперимент: <http://atlas.cern/>
3. Результаты, полученные на АТЛАСе: <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasPublic>
4. Root, софт для анализа данных: <https://ph-root-2.cern.ch/>
5. Rivet analysis tool: <https://rivet.hepforge.org/>

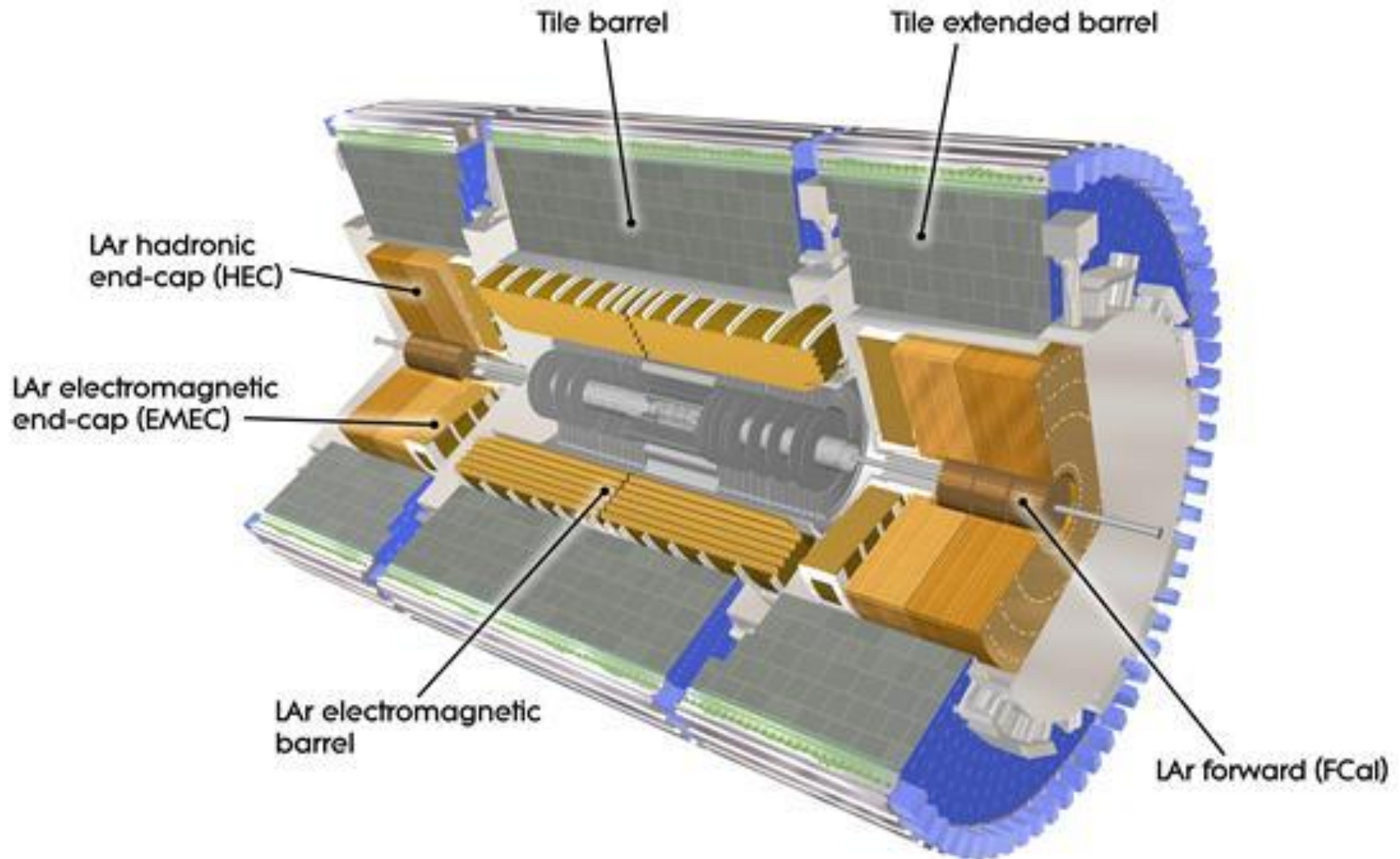
Внутренний детектор



Треки во внутреннем детекторе



Калориметр



Набор данных: ATLAS CONTROL ROOM



Набор данных: MDT


21-09-2012
14:29:22

Back Home

LHC READY OK
Stable Beams Energy 3500.0 GeV
Injection Permit N
ATLAS is beam-safe N
Stable Beams Flag Y
Handshake

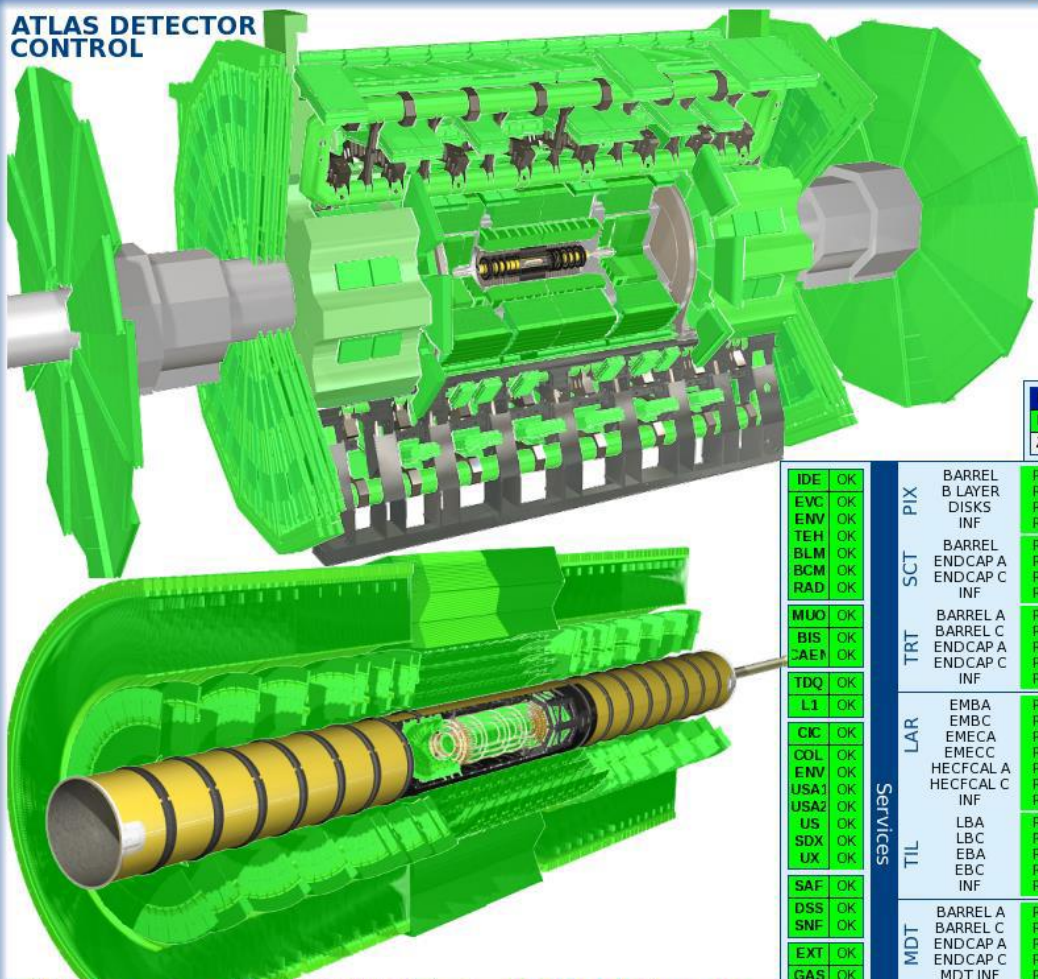
ID	CALO	MUON	SERVICE
PIX	OK	MDT	CIC
SCT	OK	RPC	EXT
TRT	OK	TGC	TDQ
IDE	OK	CSC	FWD
			SAF

S	Object	Time	n/A
			W
			E
			F
			D



ATLAS		
READY	OK	
PIX	READY	OK
SCT	READY	OK
TRT	READY	OK
IDE	READY	OK
LAR	READY	OK
TIL	READY	OK
MDT	READY	OK
RPC	READY	OK
TGC	READY	OK
CSC	READY	OK
MUON	READY	OK
CIC	READY	OK
EXT	READY	OK
TDQ	READY	OK
LHC	READY	OK
FWD	READY	OK
SAFETY	READY	OK
DCS BE	READY	OK

ATLAS DETECTOR CONTROL



FWD		
RPC	OK	
LCD	OK	
ZDC	U	

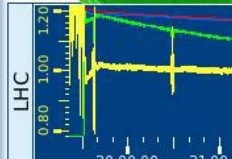
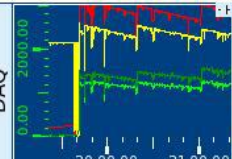
3D View All connected Zoom: 100

IDE		
FVCOOL		
EVC	READY	OK
PIX	READY	OK
BAR	READY	OK
ECA	READY	OK
ECC	READY	OK
PLA	READY	OK
PS	READY	OK
GAS	READY	OK
RAC	READY	OK
MAG		
MAG	READY	OK
COM	READY	OK
SOL	READY	OK
TOR	READY	OK
BCM		
BCM	READY	OK
INF		
INF	READY	OK
ENV		
ENV	READY	OK
VOL	READY	OK
HEX	READY	OK
SER	READY	OK
DIP	READY	OK
CAN	READY	OK
TEH		
TEH	READY	OK
ELM	READY	OK
BAR	READY	OK
END	READY	OK
EPS	READY	OK
RAD		
RAD	READY	OK
CAN	READY	OK
PS	READY	OK
SEN	READY	OK
BLM		
BLM	READY	OK

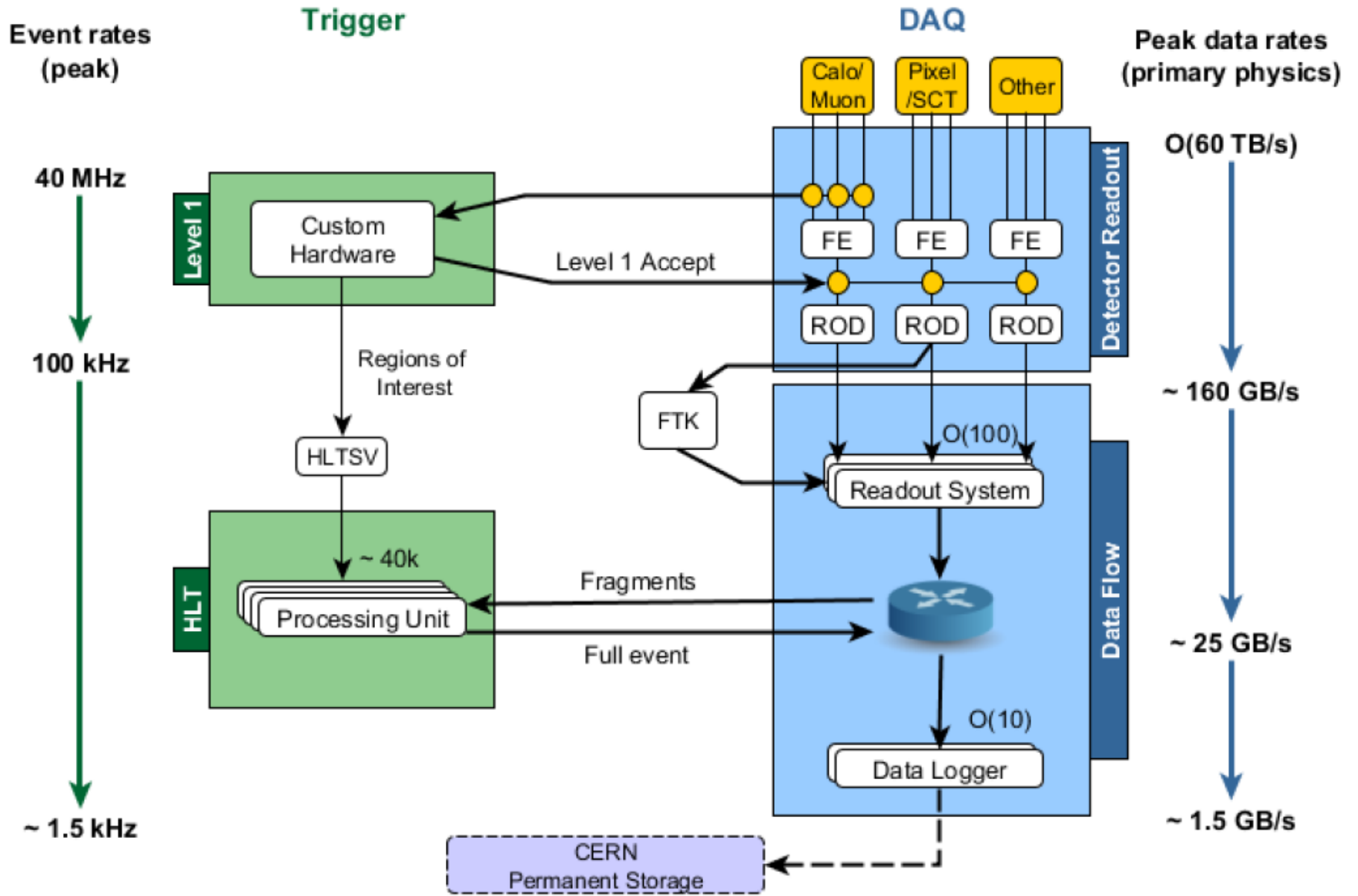
STABLE BEAMS		
Stable	Y	Permit N
Standby		
B1	2121.4	10 ¹¹
B2	2121.4	10 ¹¹
E	3999	GeV
Lumi	5426	10 ³⁰
ATLAS/CMS 0.987		
fillLum 4.0e+07 /jub		

RUNNING		
Type	Physics	
Run#	213695	
LB#	303	
L1	62231	Hz
L2	5468	Hz
EF	1227	Hz
RF0	1701	Hz
L1	7729	A
L2	20399	A
DCS OK		

Inner Detector			Calorimeter			Muon Spectrometer		
IDE	OK		EMBA	OK		BARREL A	OK	
EVC	OK		EMEC	OK		BARREL C	OK	
ENV	OK		EMEC	OK		ENDCAP A	OK	
TEH	OK		HEFCAL A	OK		ENDCAP C	OK	
BLM	OK		HEFCAL C	OK		MDT INF	OK	
BCM	OK		INF	OK		RPC SIDE A	OK	
RAD	OK		INF	OK		RPC SIDE C	OK	
MUO	OK		LBA	OK		RPC INF	OK	
BIS	OK		LBC	OK		TGC SIDE A	OK	
TAE	OK		EBA	OK		TGC SIDE C	OK	
TDQ	OK		EBC	OK		TGC INF	OK	
L1	OK		INF	OK		CSC SIDE A	OK	
CIC	OK					CSC SIDE C	OK	
COOL	OK					CSC INF	OK	
ENV	OK							
USA1	OK							
USA2	OK							
US	OK							
SX	OK							
UX	OK							
SAF	OK							
DSS	OK							
SNF	OK							
EXT	OK							
GAS	OK							
CAV	OK							
ELC	OK							
VAC	OK							
DBM	OK							
MAG	OK							

Триггер



Триггер, L1

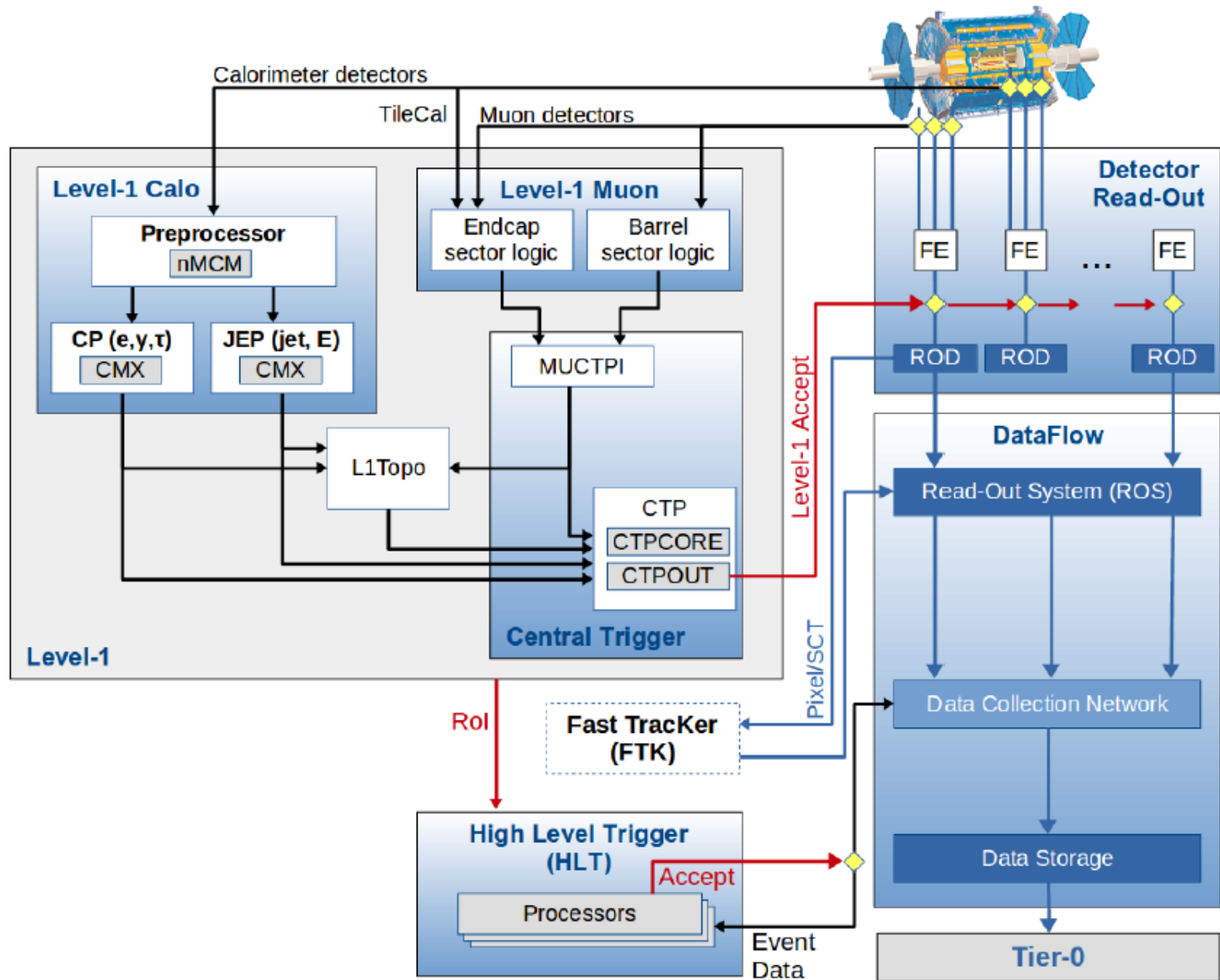
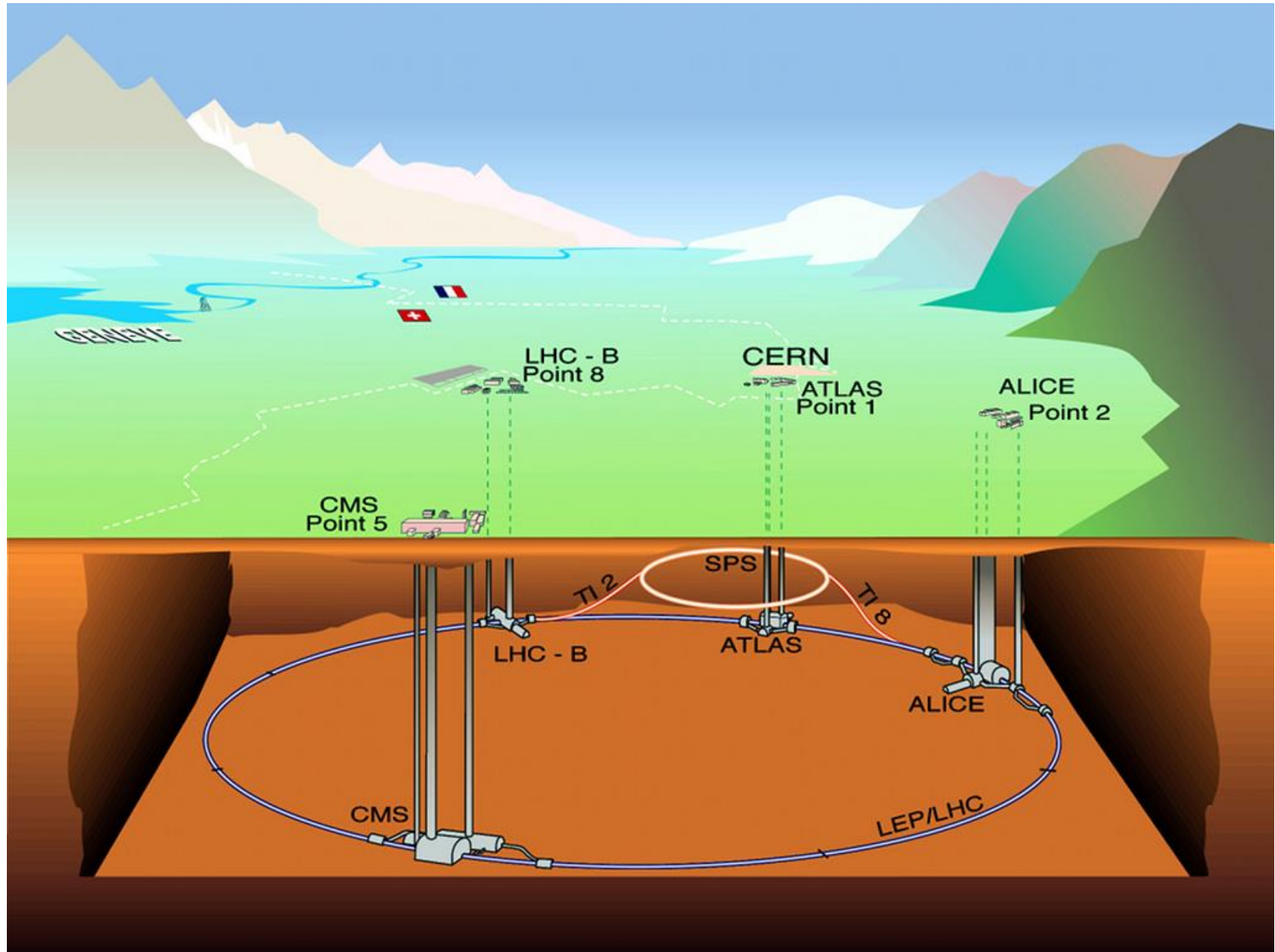
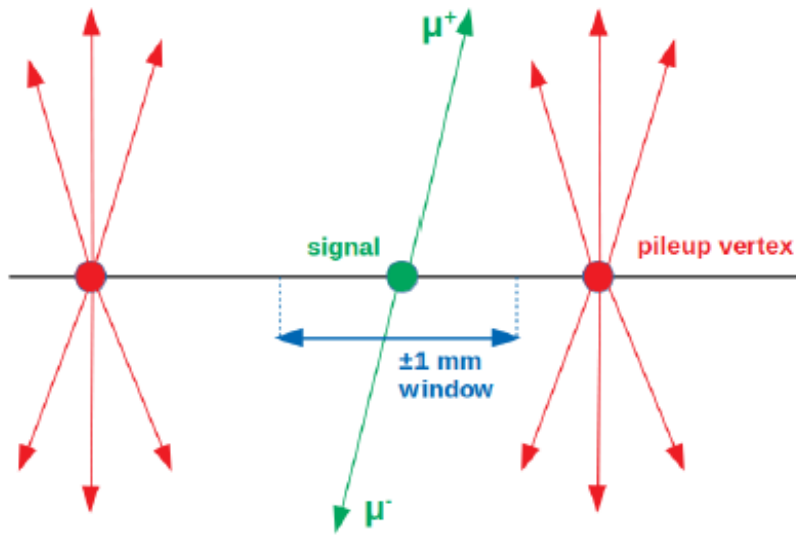


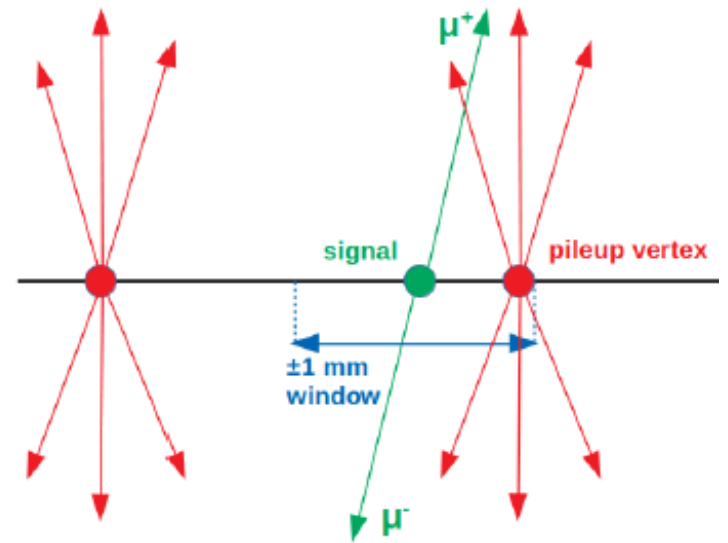
Схема ЦЕРНа и его экспериментов



Exclusivity signal selection $pp \rightarrow p^*(\gamma\gamma \rightarrow WW)p^*$

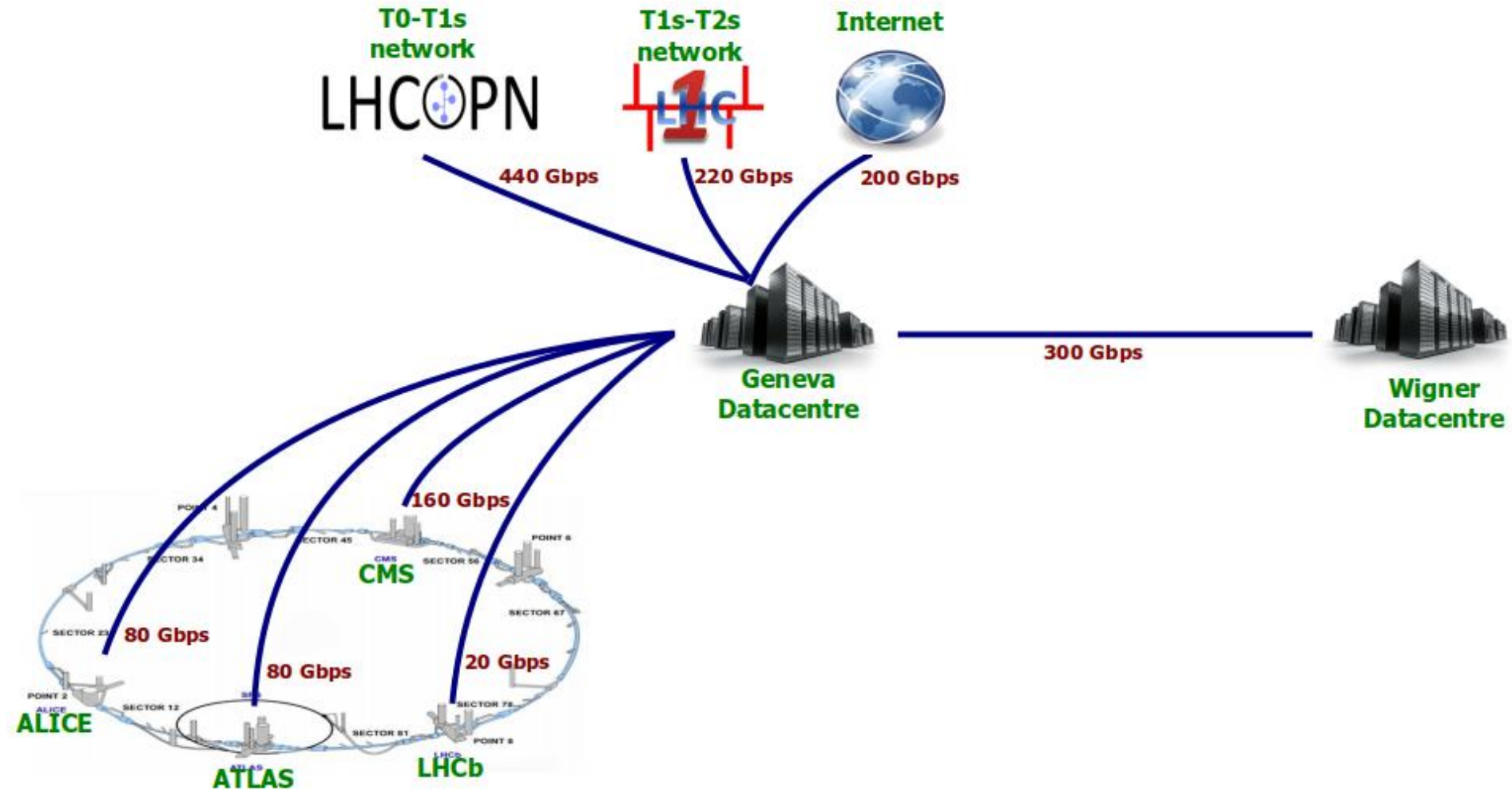


event kept



event rejected

Компьютерные системы: CERN Network



Over 50,000 km of optical fibre providing network connectivity throughout the CERN sites.

Компьютерные системы: CERN Network

