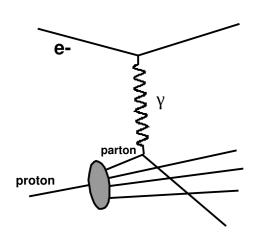
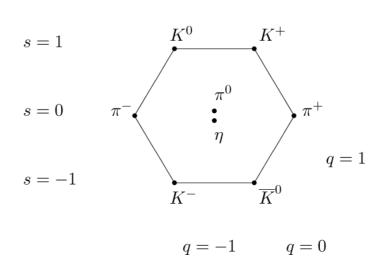
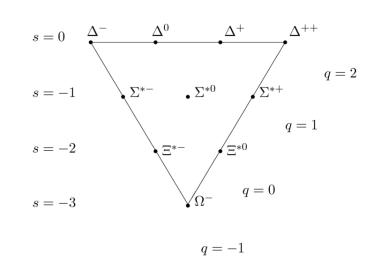


Quark, partoni, risonanze barioniche...

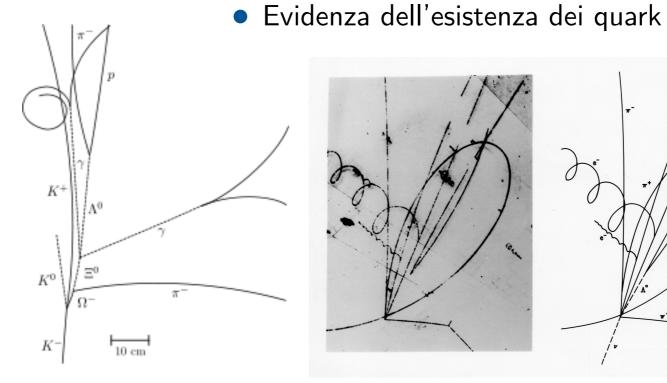


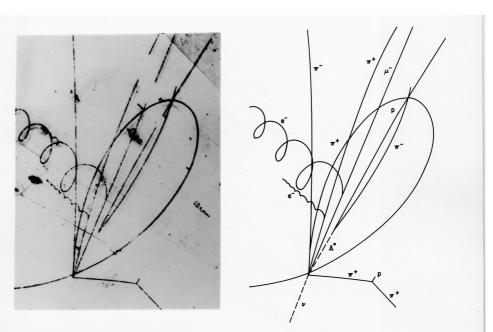




 Deep Inelastic Scattering \rightarrow modello a partoni

Modello a quark





Il Modello Standard (MS)

L'attuale nostra conoscenza dei costituenti elementari della materia e delle loro interazioni fondamentali va sotto il nome di **MODELLO STANDARD**

1960 S. L. Glashow

[1964 P. Higgs, R. Brout, F. Englert]

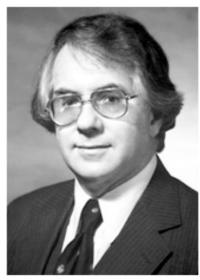
1967 S. Weinberg

1968 A. Salam

1970 S. L. Glashow, J. Iliopoluos, L. Maiani

1979 Premio Nobel a S. L. Glashow, A. Salam e S. Weinberg: incorporano il meccanismo di Higgs nella teoria esistente e creano il MS

1999 Premio Nobel a G. 't Hooft e M. J. G. Veltman: dimostrano che la teoria è consistente e predittiva



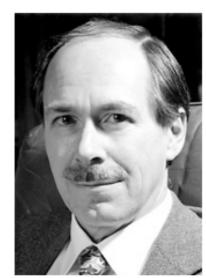
Sheldon Lee Glashow



Abdus Salam



Steven Weinberg



Gerardus 't Hooft



Martinus J.G. Veltman

Predizioni ex-ante del Modello Standard

1974: scoperta del quark c a SLAC e a BNL (la rivoluzione di novembre)

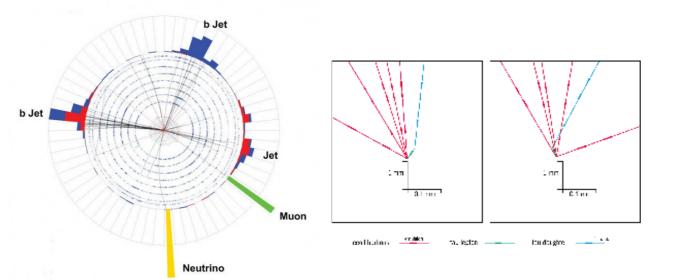
1975: scoperta del tau a SLAC-LBL - Premio Nobel nel 1995

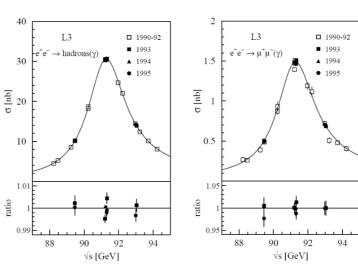
1977: scoperta del quark b a Fermilab - Premio Nobel nel 2008

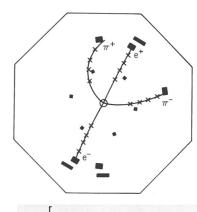
1983: scoperta di W^{\pm} e Z^0 a UA1/UA2 al CERN - Premio Nobel nel 1984

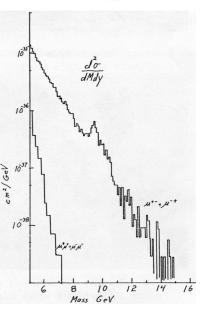
1995: scoperta del quark top a Fermilab

2000: scoperta del tau neutrino a DONUT - Fermilab









2012:scoperta del bosone di Higgs al CERN - Premio Nobel nel 2013

Il MS: Lo Schema della Natura

FERMIONS matter constituents spin = 1/2, 3/2, 5/2,							
Leptons spin =1/2			Quarks spin =1/2				
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge		
V_L lightest neutrino*e electron	(0-2)×10 ⁻⁹ 0.000511	0 -1	u _{up}	0.002 0.005	2/3 -1/3		
$ u_{\!_{\mathbf{M}}}$ middle neutrino* μ muon	(0.009-2)×10 ⁻⁹ 0.106	0 –1	C charm S strange	1.3 0.1	2/3 -1/3		
$ u_{ m H} $ heaviest neutrino* $ u_{ m tau}$	(0.05-2)×10 ⁻⁹	0 –1	t top b bottom	173 4.2	2/3 –1/3		

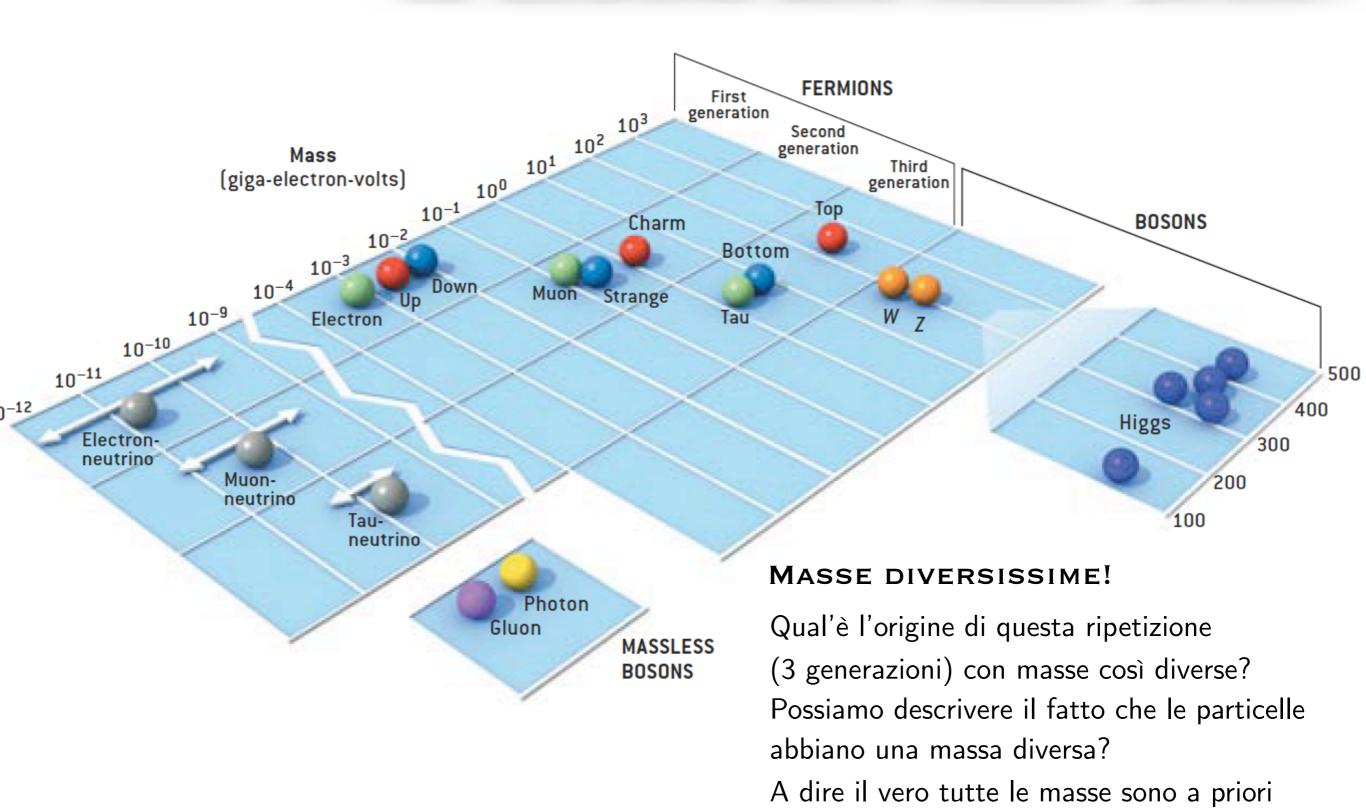
	ВО	SONS				
Unified Ele	Unified Electroweak spin = 1					
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge				
γ photon	0	0				
w-	80.39	-1				
W ⁺ W bosons	80.39	+1				
Z boson	91.188	0				

orce carriers spin = 0, 1, 2,					
Strong (color) spin = 1					
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge			
g gluon	0	0			
Higgs Boson spin = 0					
Name	Mass GeV/c ²	Electric charge			

Properties of the Interactions The strengths of the interactions (forces) are shown relative to the strength of the electromagnetic force for two u quarks separated by the specified distances								
Property	Gravitational Interaction			Strong Interaction				
Acts on:	Mass – Energy	Flavor	Electric Charge	Color Charge				
Particles experiencing:	All	Quarks, Leptons	Electrically Charged	Quarks, Gluons				
Particles mediating:	Graviton (not yet observed)	W+ W- Z ⁰	γ	Gluons				
Strength at \$\int 10^{-18} m\$	10 ⁻⁴¹	0.8	1	25				
3×10 ⁻¹⁷ m	10 ⁻⁴¹	10-4	1	60				

La Gerarchia delle Masse: perché?

NULLE....



La Simmetria nel MS: SU_C(3)xSU_L(2)xU_Y(1)

L'esistenza di una **SIMMETRIA**, di una trasformazione sotto la quale un sistema rimane invariante, è molto importante in fisica \rightarrow la presenza di una trasformazione di simmetria nasconde sempre una quantità che si conserva (*teorema di Nöther*)

Nel MS anche l'esistenza di forze viene ricondotta ad una invarianza sotto trasformazioni di simmetria (dette trasformazioni di gauge locali)



IMPONGO UNA INVARIANZA PER SIMMETRIA LOCALE ⇒ COMPARE LA FORZA

La simmetria è cruciale anche relativamente alle masse alle particelle nel MS \rightarrow le particelle elementari godono di una simmetria particolare (detta simmetria di gauge), fondamentale per la stabilità del MS, per la quale ognuna di essa è **PRIVA DI MASSA**

L'ACQUISIZIONE DELLA MASSA DEVE AVVENIRE TRAMITE L'INTERAZIONE CON UN CAMPO ESTERNO, AD ESEMPIO, IL CAMPO DI HIGGS

Il Meccanismo di Higgs



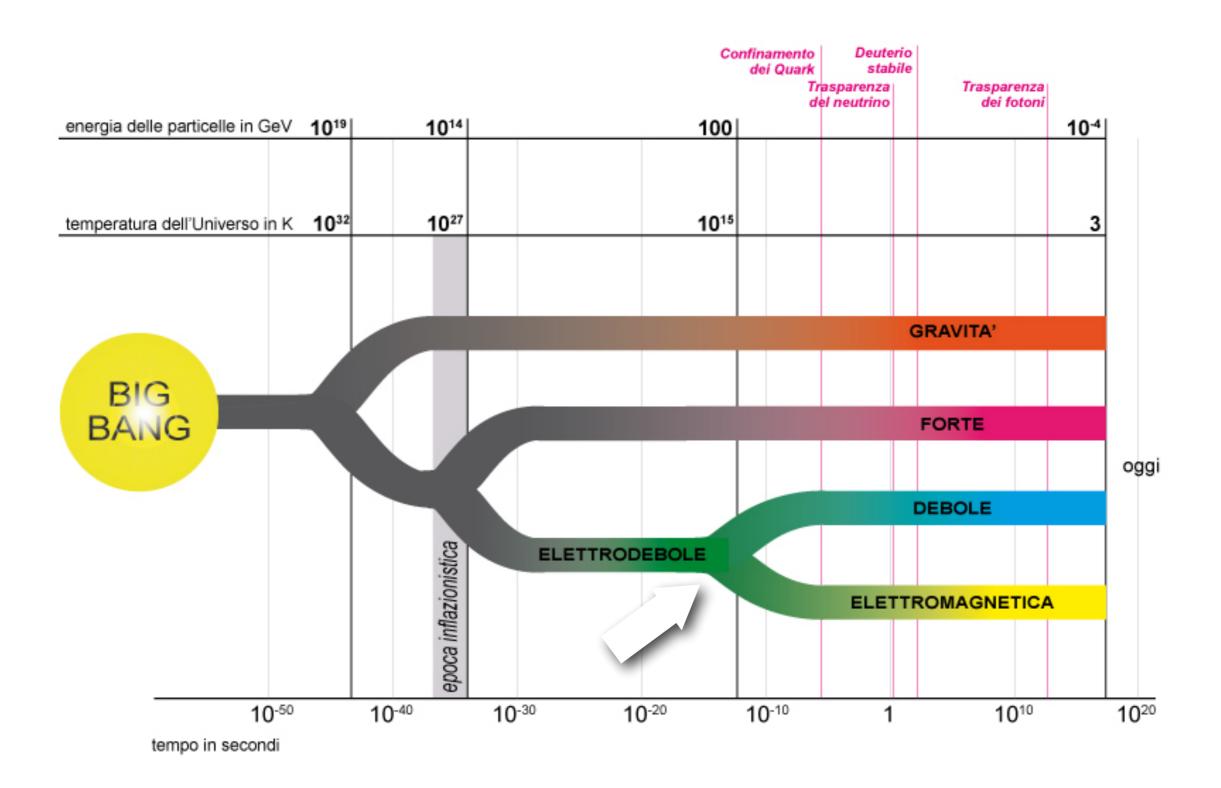
Il campo di Higgs permea tutto lo spazio e interagisce con le particelle fornendo loro una massa proporzionale alla forza dell'interazione

PARTICELL

(MECCANISMO DI HIGGS)

Questa interazione avviene a partire da una data energia (istante nella storia dell'Universo) rompendo la simmetria elettrodebole, senza toccare la simmetria di gauge (Rottura Spontanea di Simmetria, SSB)

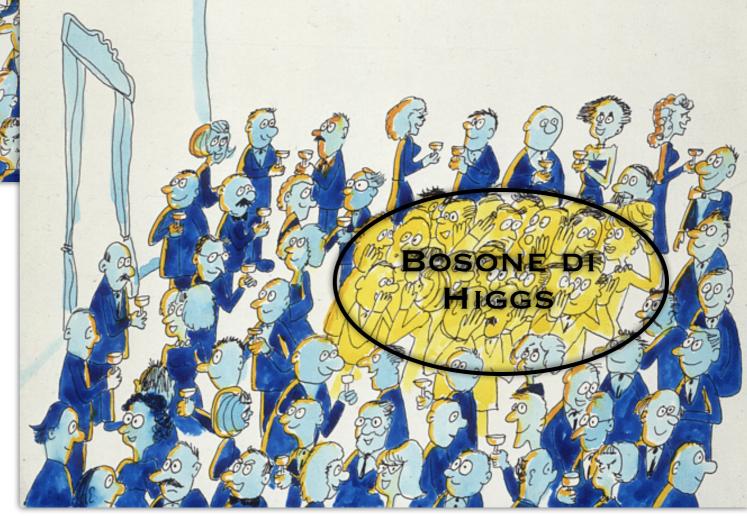
Rottura Spontanea di Simmetria



Il bosone di Higgs

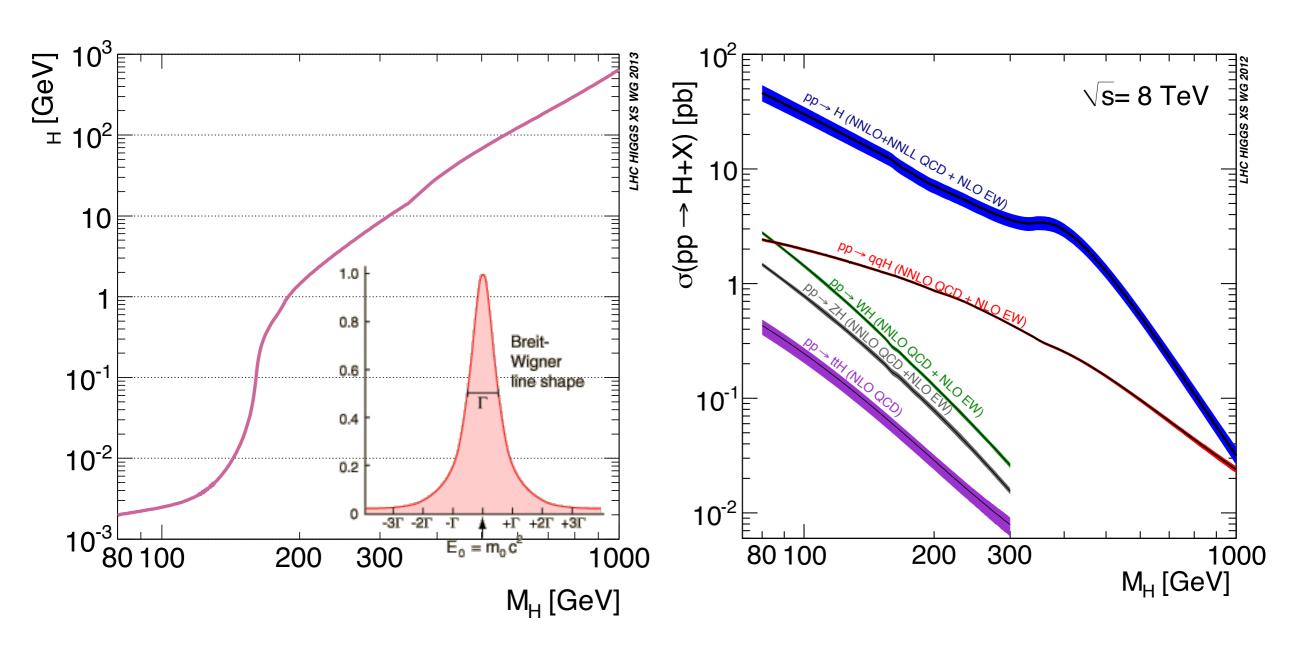
Se il meccanismo di Higgs è effettivamente il modo in cui le particelle elementari prendono massa, deve esistere una particella con spin 0 neutra \rightarrow il **BOSONE DI HIGGS**, una sorta di *onda* del campo di Higgs

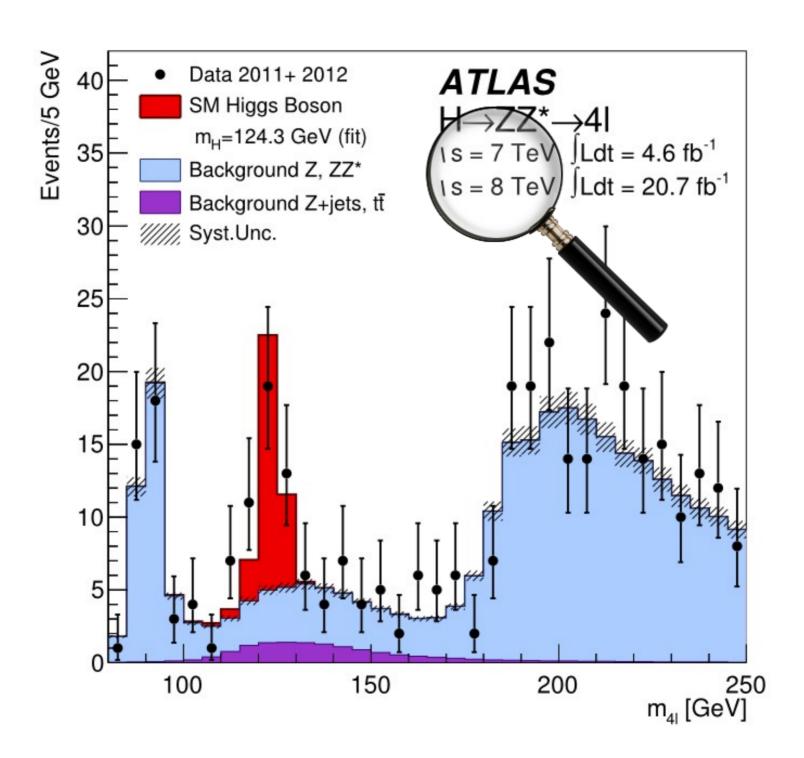
- 1. LA TEORIA NON FORNISCE UNA PREVISIONE SULLA MASSA DEL BOSONE DI HIGGS
- 2. IL BOSONE DI HIGGS NON È UNA
 PARTICELLA STABILE, VIVE SOLO
 10⁻²⁵S POI DECADE IN
 PARTICELLE PIÙ LEGGERE



Il bosone di Higgs

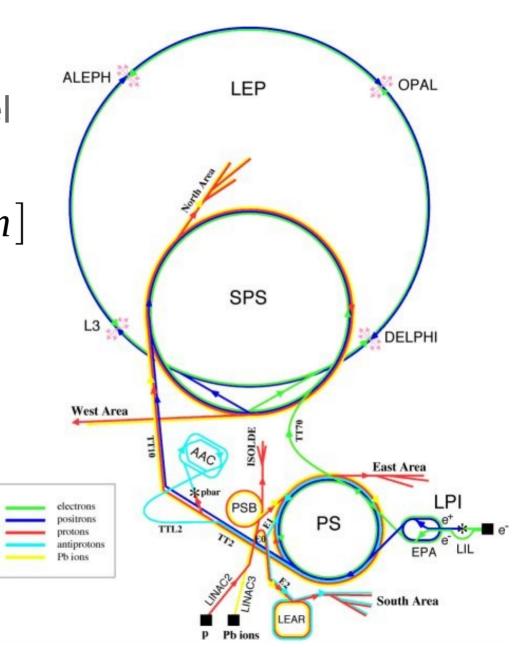
- La massa del bosone di Higgs non era predetta dal Modello Standard
- Indicazioni sul fatto che dovesse essere leggero da constraint teorici, da TeVatron, etc.

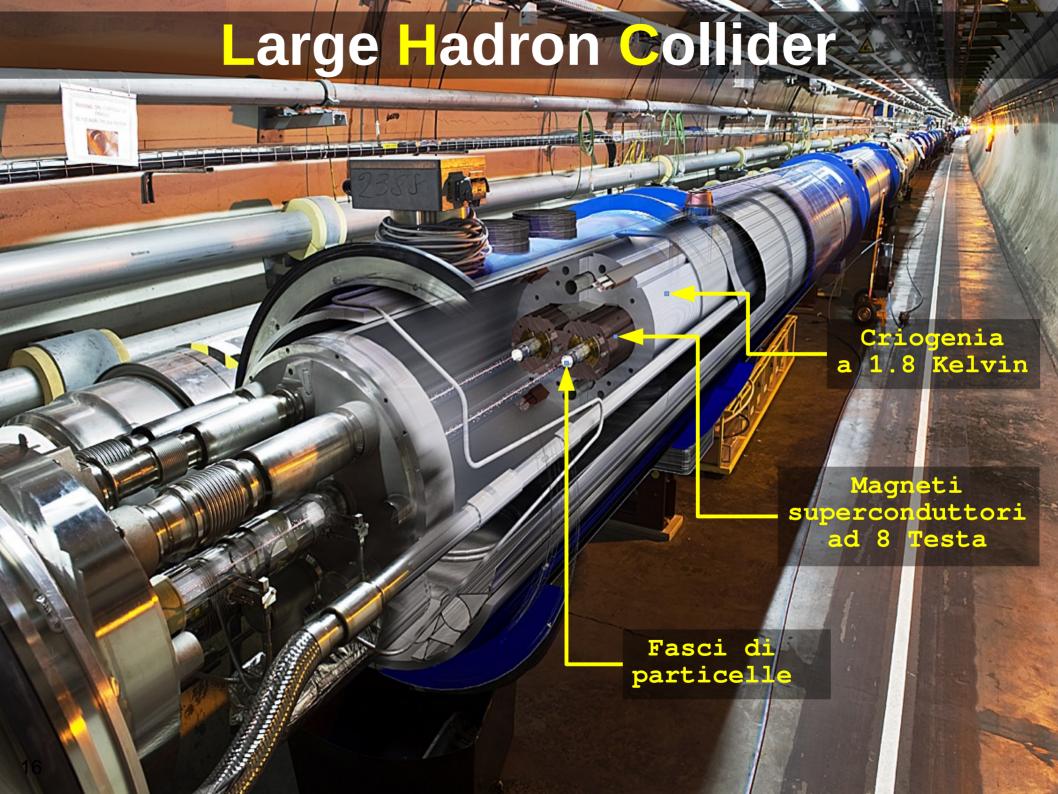




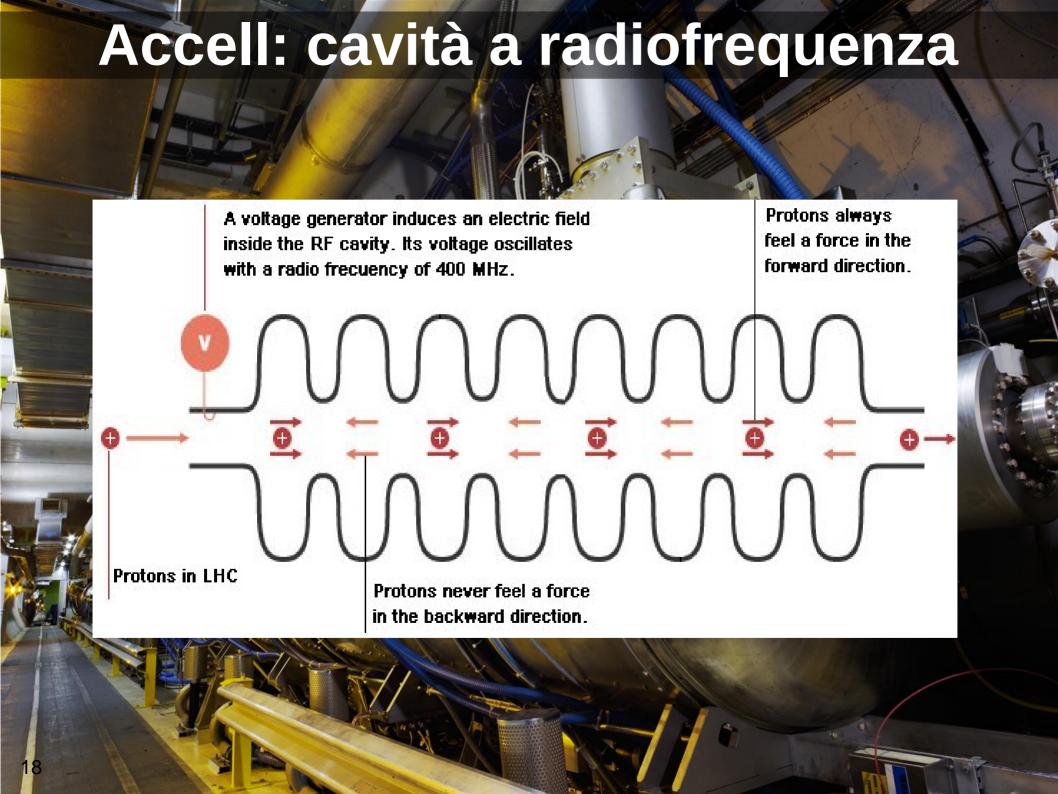
O(10 TeV)

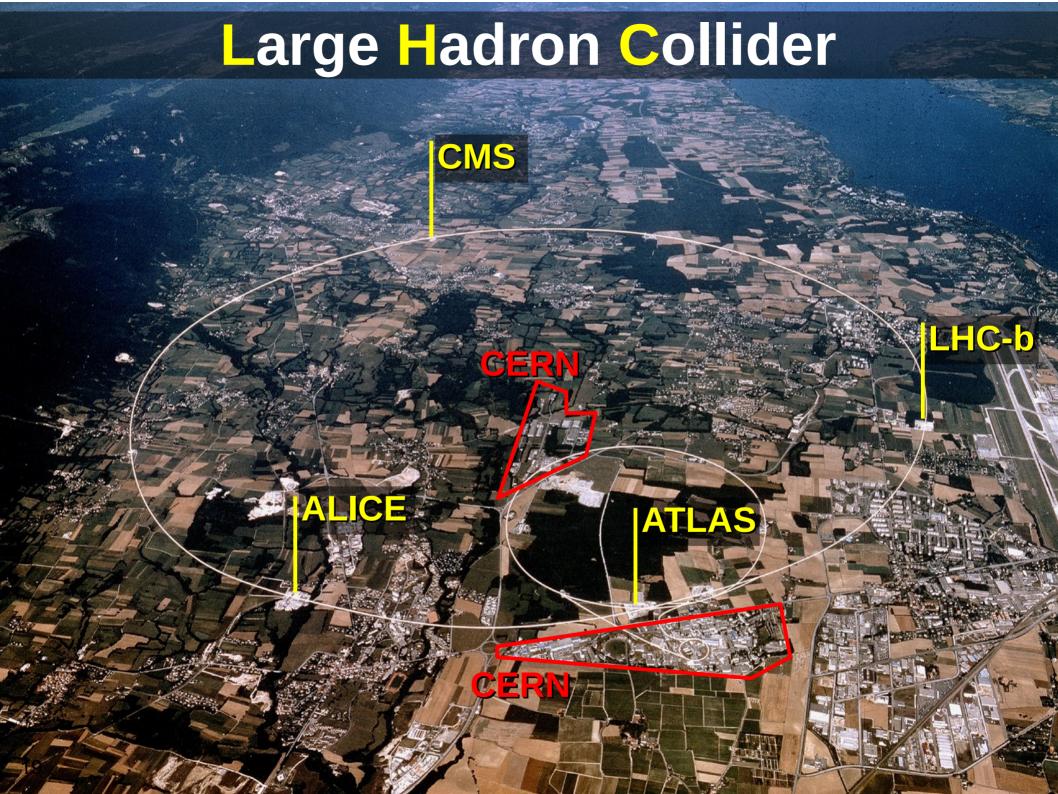
- Obiettivo: O(10) TeV
 - O(1 TeV) @ parton level
- $p[GeV/c]=0.3 \cdot B[T]\rho[m]$
 - LEP: 26.6 km $\rho = 4.24$ km
 - Magneti: max B ~ 8 T
- Quindi
 - p ~ 7 TeV

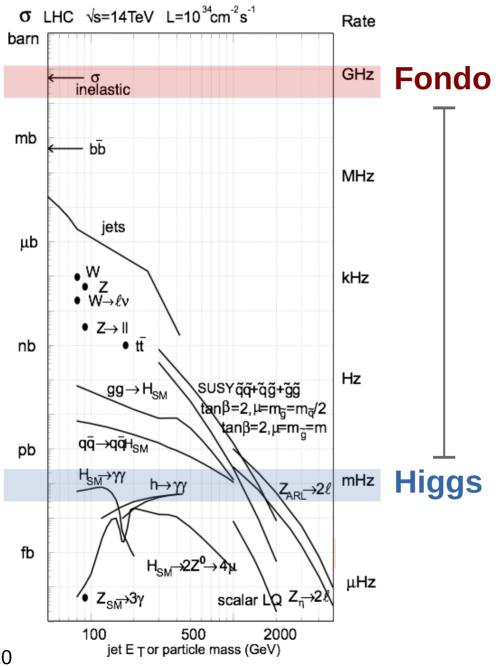








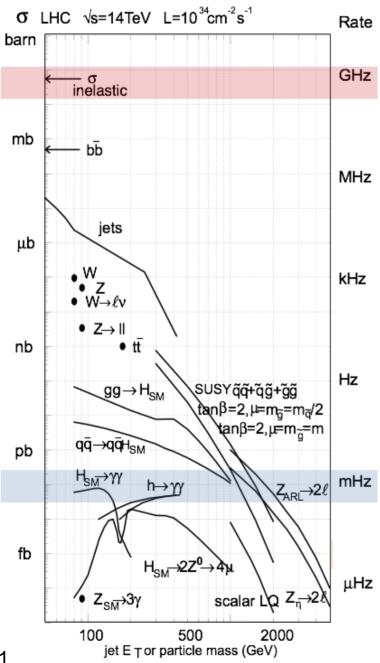




Eventi rari

- $-1/10^{10}$
- Un granello si sabbia ogni 400 secchielli



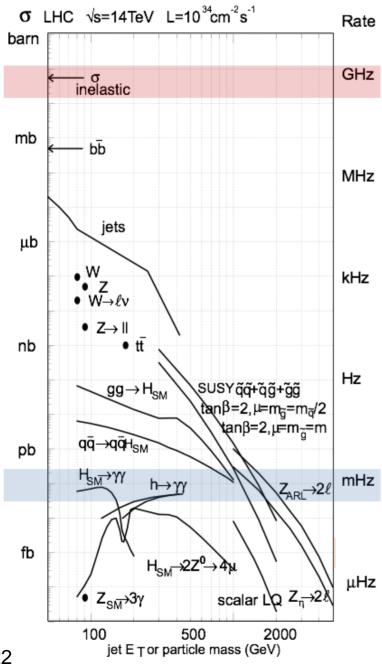


$$- \mathbf{R}[Hz] = \mathbf{L}[cm^{-2}s^{-1}] \cdot \mathbf{\sigma}[cm^{2}]$$

- Goal minimo
 - O(100) eventi/anno nei canali Higgs più rari

$$\Rightarrow$$
 L $\sim 10^{34}$ cm⁻²s⁻¹

- $\sigma_{pp} \sim 100 \text{ mbarn}$
 - \Rightarrow Rate = 1 GHz
- Ma pacchetti @25ns
 - ⇒ Rate = 40 MHz
 - ⇒ 25 collisioni pp per ogni bunch crossing

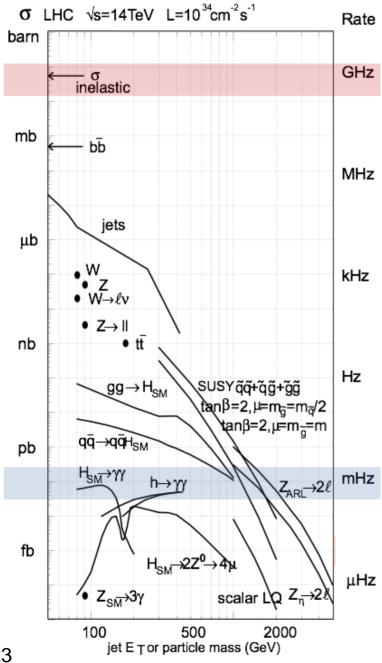


$$- \mathbf{R}[Hz] = \mathbf{L}[cm^{-2}s^{-1}] \cdot \mathbf{\sigma}[cm^{2}]$$

- Goal minimo
 - O(100) eventi/anno nei canali Higgs più rari

$$\Rightarrow$$
 L ~ 10^{34} cm⁻²s⁻¹

- $\sigma_{pp} \sim 100 \text{ mbarn}$
 - \Rightarrow Rate = 1 GHz
- Ma pacchetti @25ns
 - \Rightarrow Rate = 40 MHz
 - ⇒ 25 collisioni pp per ogni bunch crossing

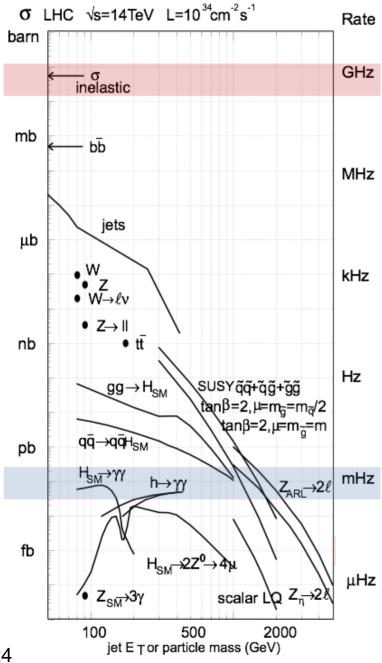


$$- \mathbf{R}[Hz] = \mathbf{L}[cm^{-2}s^{-1}] \cdot \mathbf{\sigma}[cm^{2}]$$

- Goal minimo
 - O(100) eventi/anno nei canali Higgs più rari

$$\Rightarrow$$
 L ~ 10^{34} cm⁻²s⁻¹

- σ_{pp} ~ 100 mbarn
 - \Rightarrow Rate = 1 GHz
- Ma pacchetti @25ns
 - \Rightarrow Rate = 40 MHz
 - ⇒ 25 collisioni pp per ogni bunch crossing



$$- \mathbf{R}[Hz] = \mathbf{L}[cm^{-2}s^{-1}] \cdot \mathbf{\sigma}[cm^{2}]$$

- Goal minimo
 - O(100) eventi/anno nei canali Higgs più rari

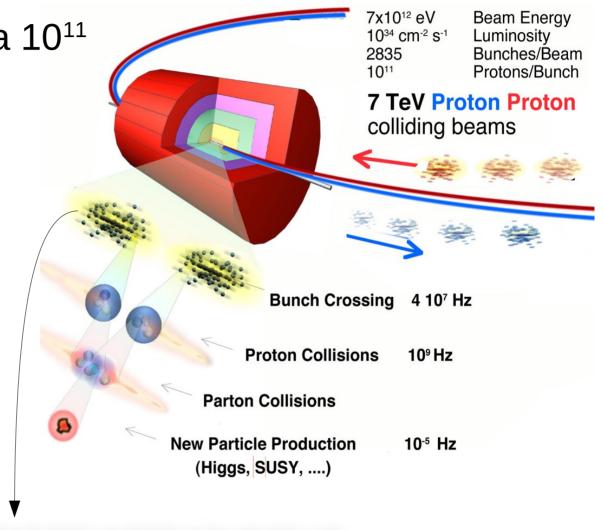
$$\Rightarrow$$
 L ~ 10^{34} cm⁻²s⁻¹

- σ_{pp} ~ 100 mbarn
 - \Rightarrow Rate = 1 GHz
- Ma pacchetti @25ns
 - \Rightarrow Rate = 40 MHz
 - ⇒ 25 collisioni pp per ogni bunch crossing

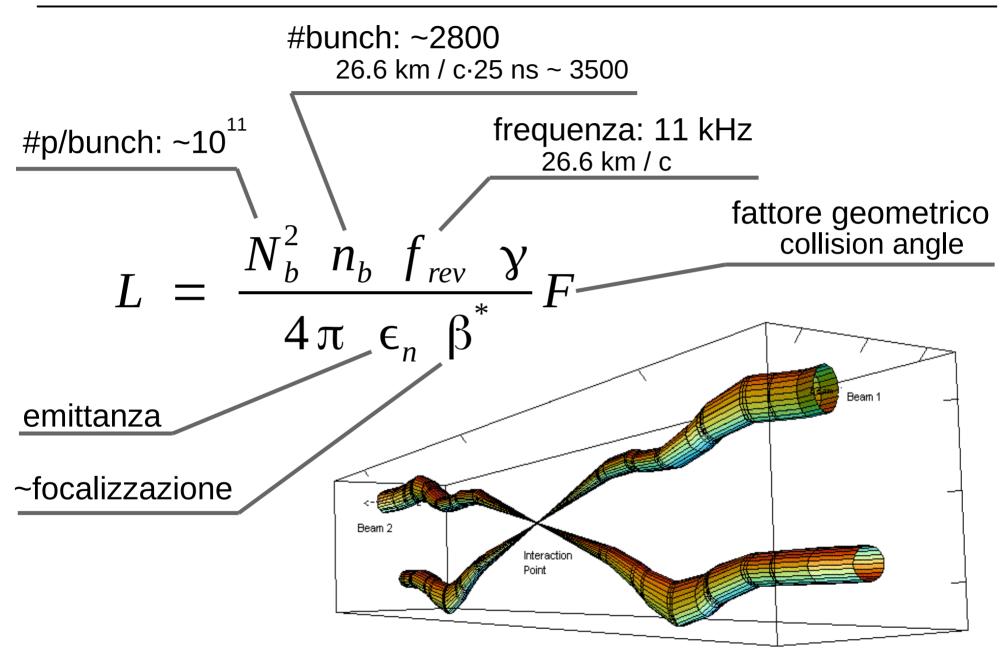
• Protoni in pacchetti da 10¹¹

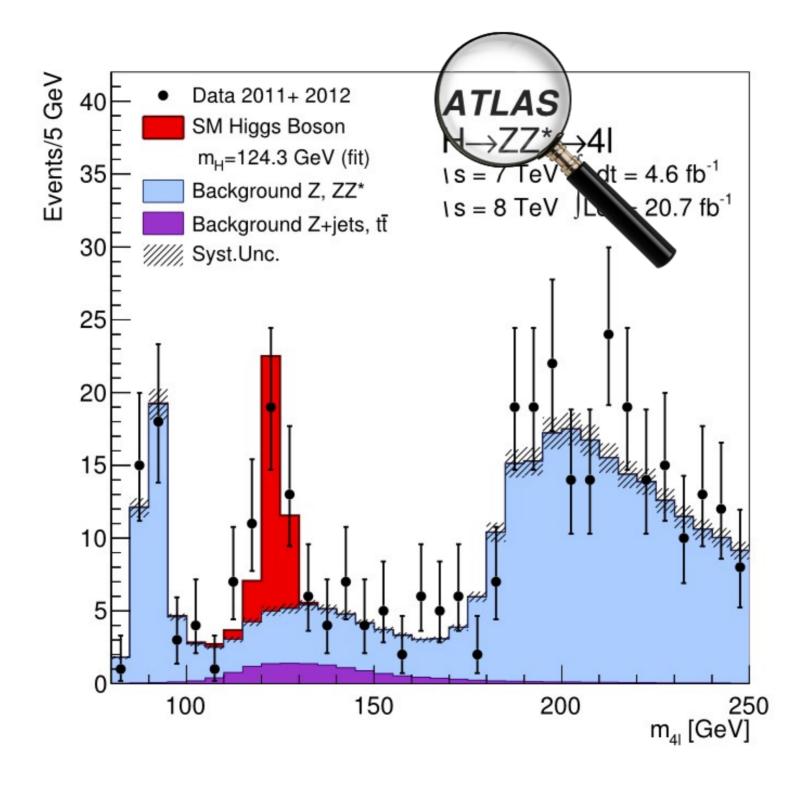
 ~3000 pacchetti per ogni fascio
 => 40 milioni di collisioni/s (40 MHz)

 Occorre far collidere, ogni 25 ns, le punte di 2 spilli che viaggiano a v~c









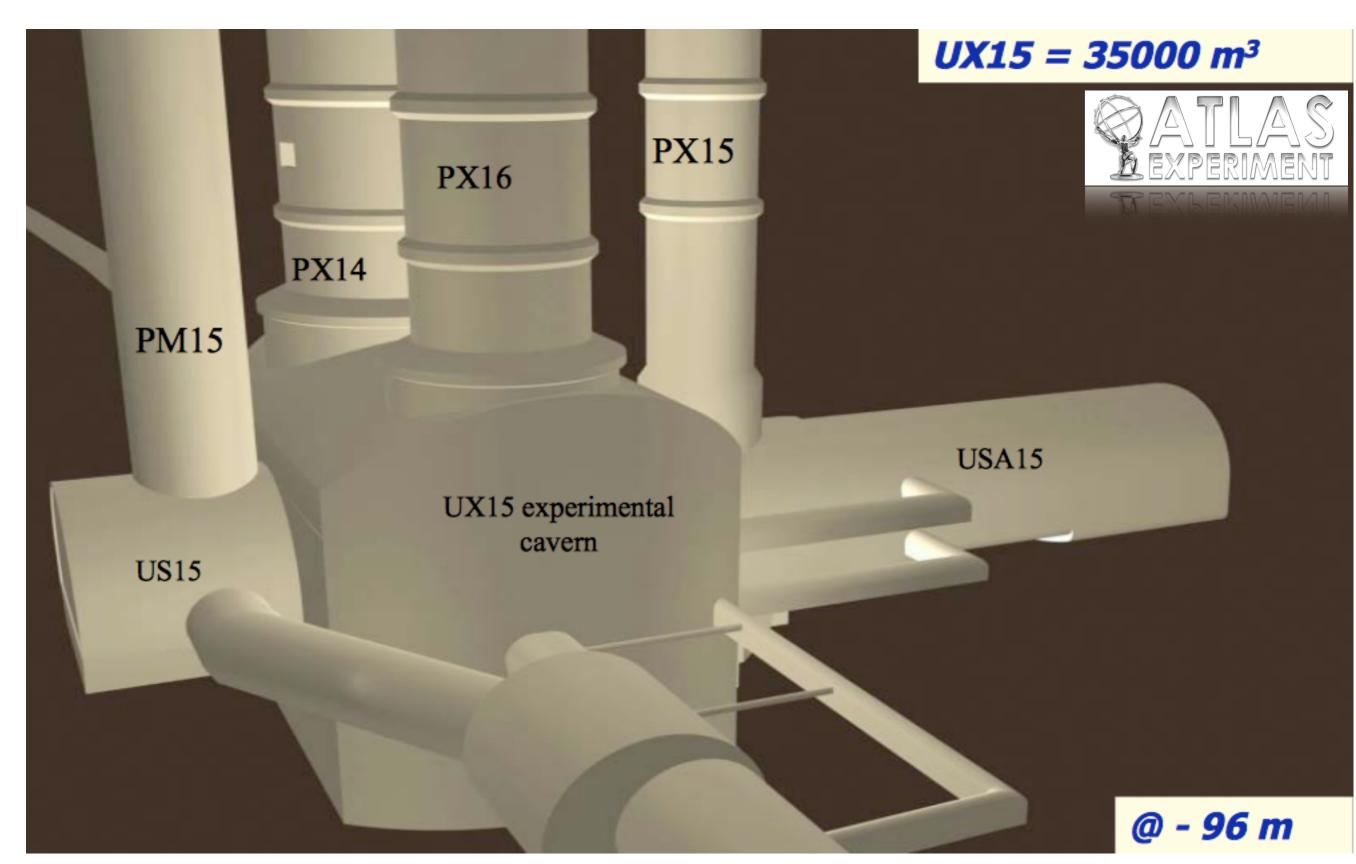
Esperimento ATLAS a LHC



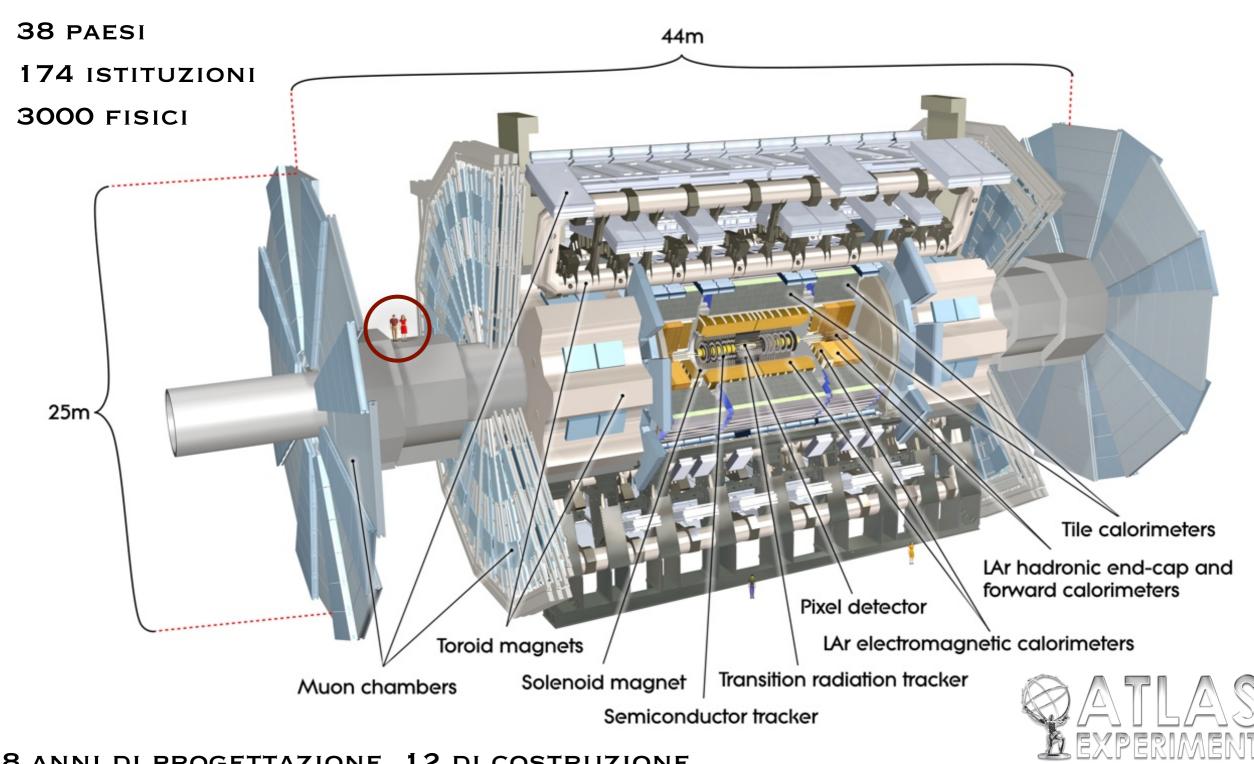
Area Sperimentale ATLAS



Area Sperimentale Sotterranea ATLAS



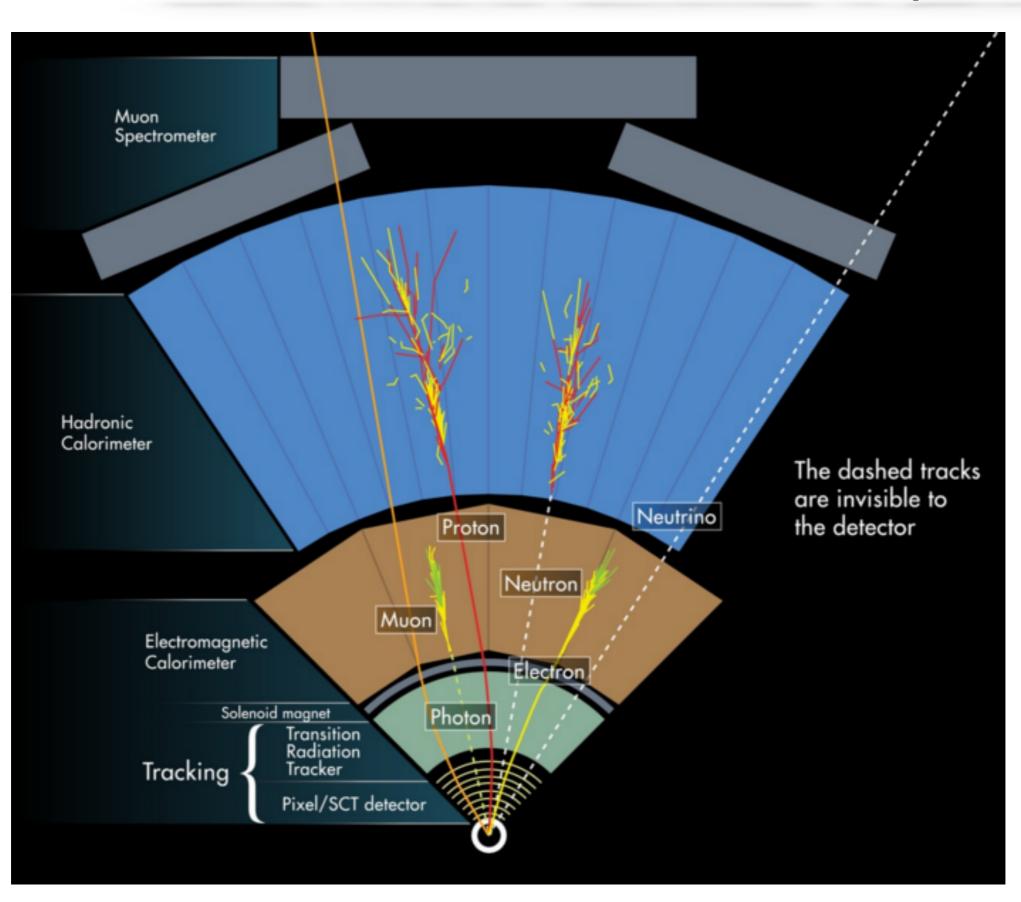
L'esperimento ATLAS



8 ANNI DI PROGETTAZIONE, 12 DI COSTRUZIONE PESO: 7000 TONNELLATE (BOEING 747)

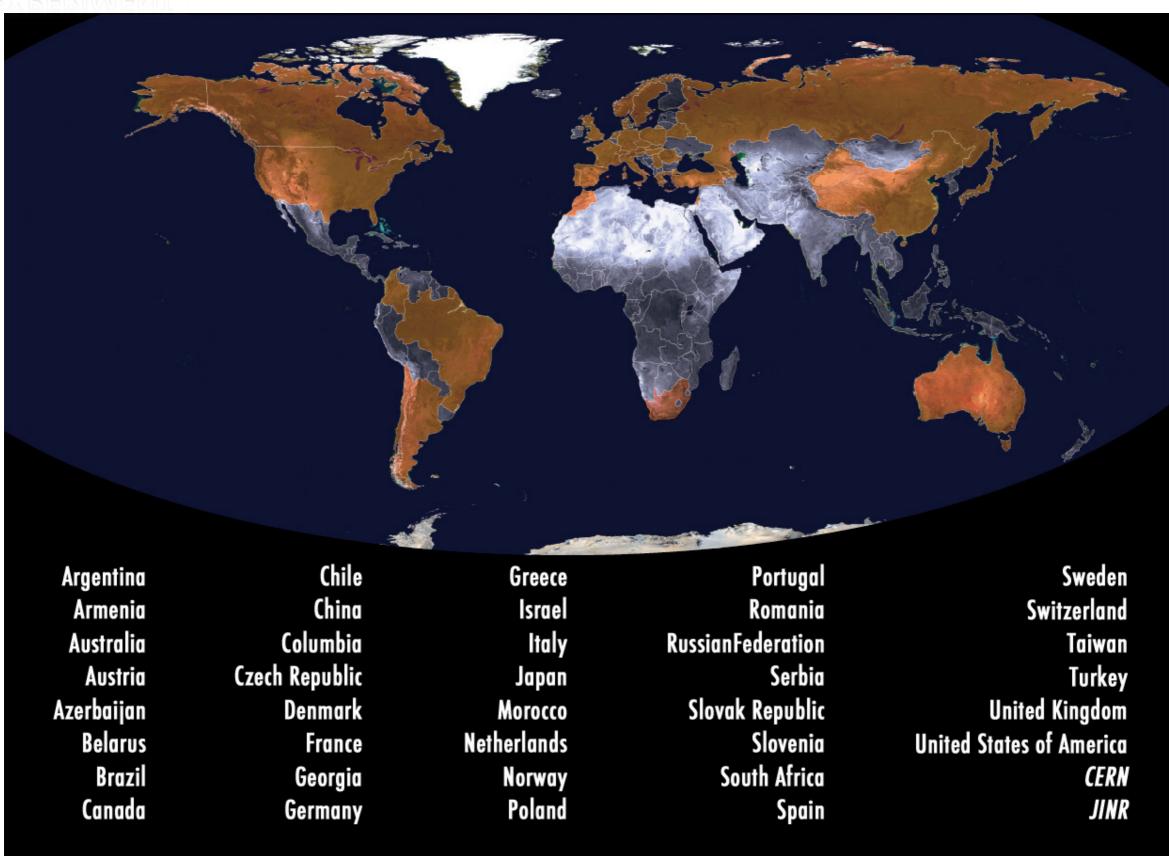
grosso come metà **N**otre-Dame ma misura posizioni con la precisione di 10 μ m

Come ATLAS identifica le particelle



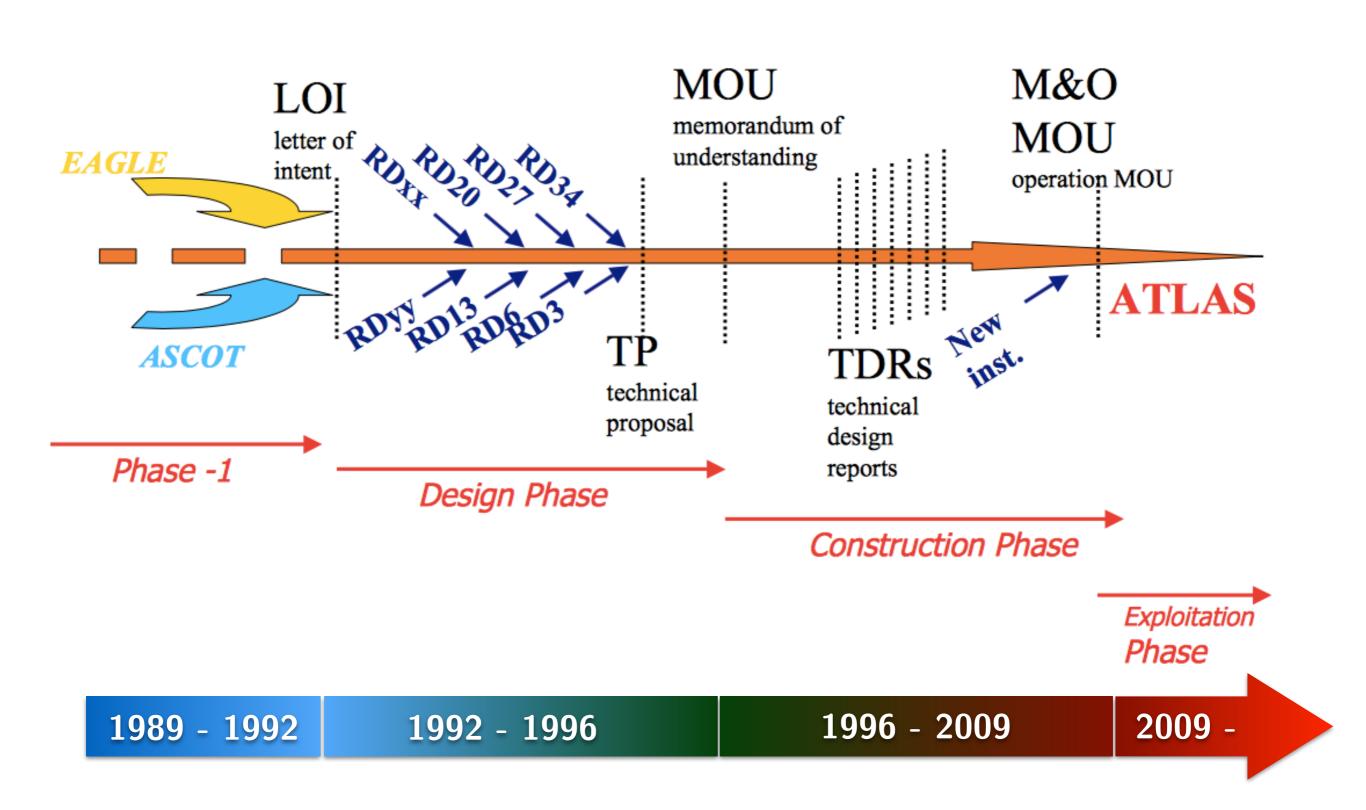


La collaborazione ATLAS





Storia di un esperimento





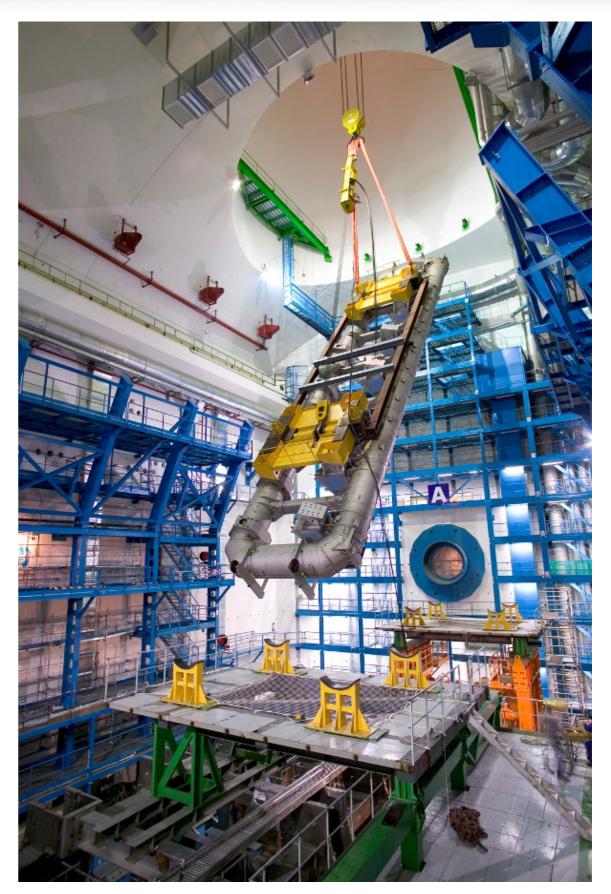
La costruzione del detector: 2002





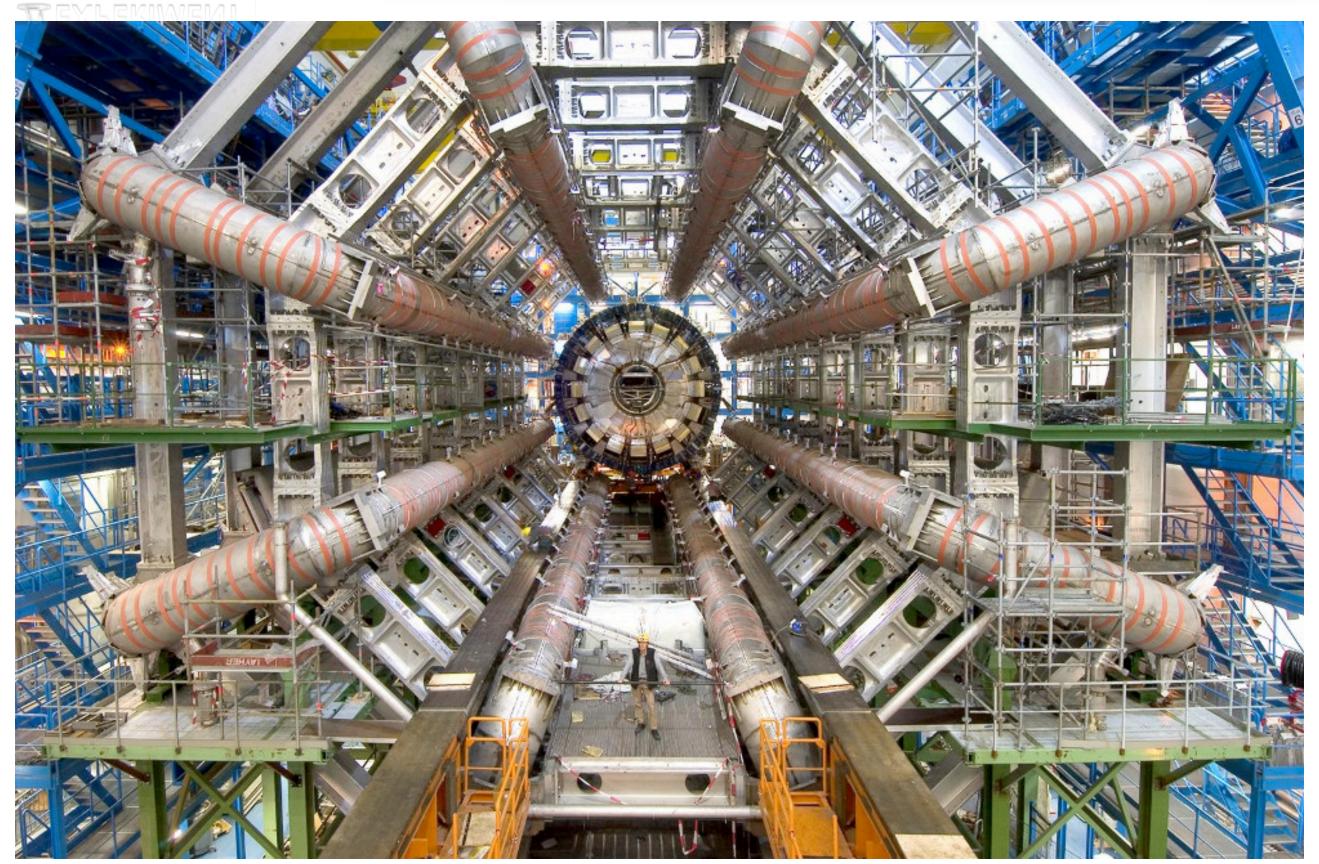
La costruzione del detector: 2002





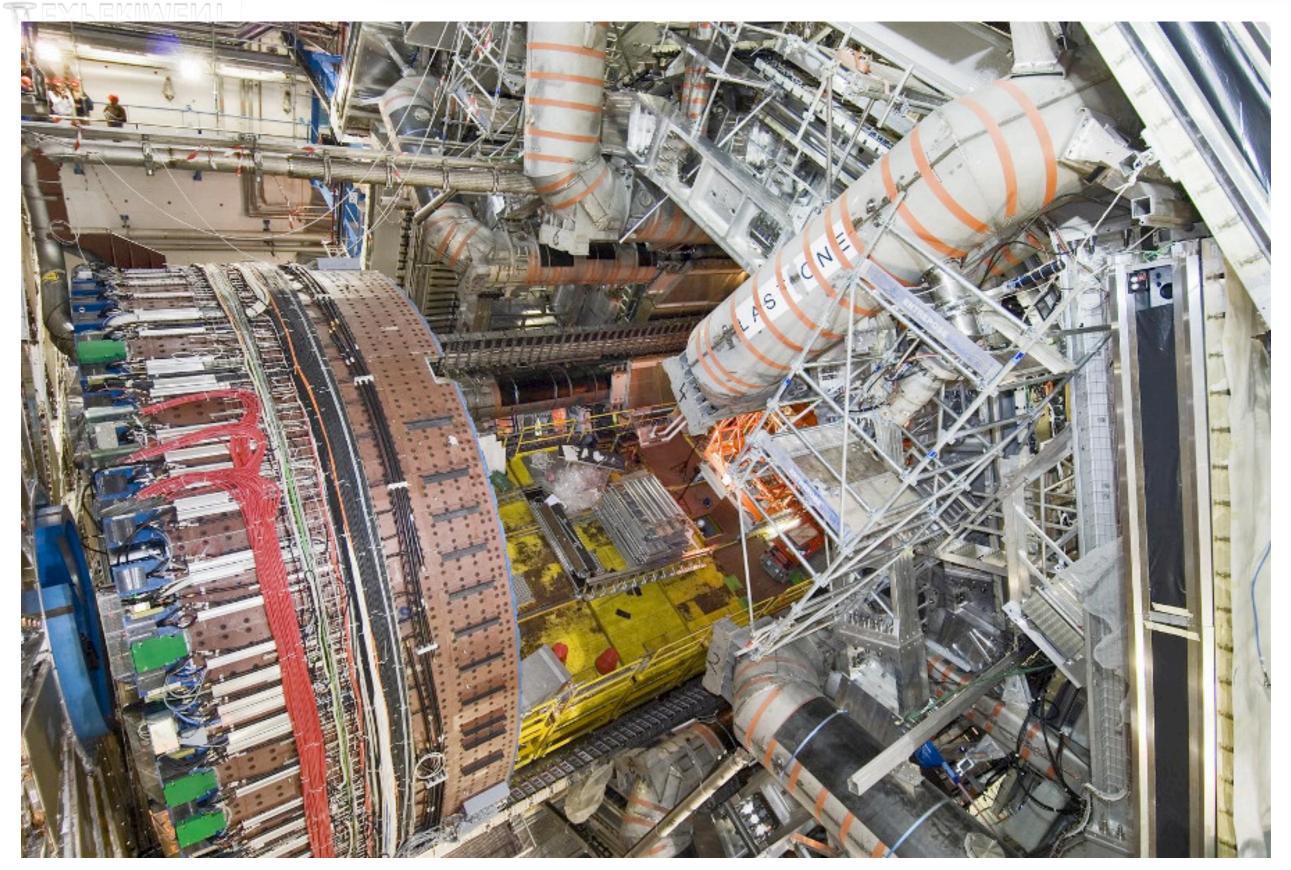


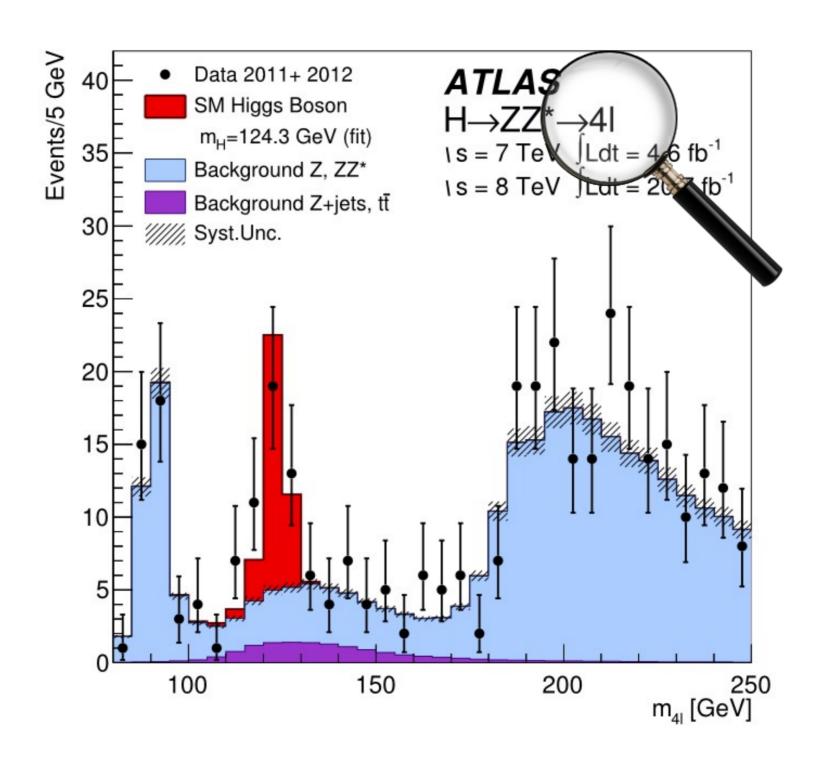
La costruzione del detector: 2002





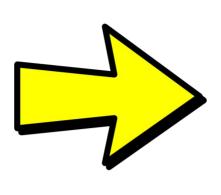
La costruzione del detector: 2006





Fisica → **rivelatore**







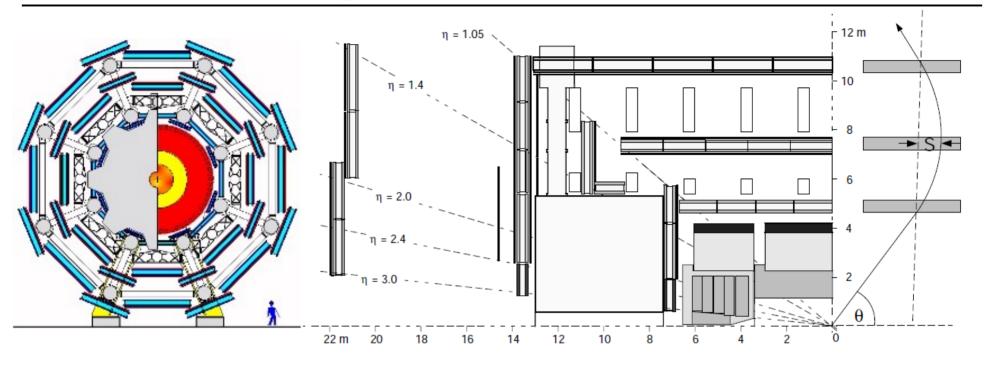
- $H \rightarrow ZZ^{(\star)} \rightarrow 4\mu$
 - Analisi basata su tagli massa invariante coppie μμ
 - Δ m($\mu\mu$) ≤ Γ_7 (~2.5 GeV) \rightarrow Δ m/m ~ 1%

$$- m^{2} = (E_{1} + E_{2})^{2} + (\vec{p}_{1} + \vec{p}_{2})^{2} \approx 2 p_{1} p_{2} (1 - \cos \theta_{12})$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta \theta_{12}}{2 \tan (\theta_{12}/2)}$$

Siccome scattering trascurabile: △p/p ~ 1 %

Spettrometro

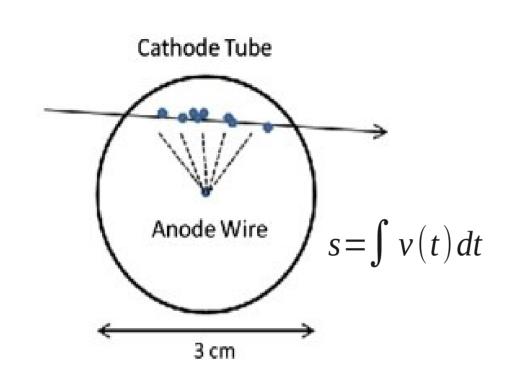


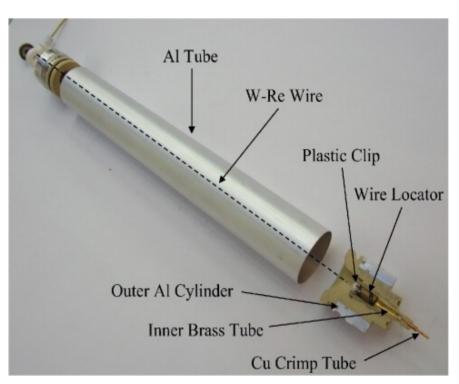
- Sagitta minima: $\sim 600 \mu m$
 - Anche per Z' → μμ
- Risoluzione

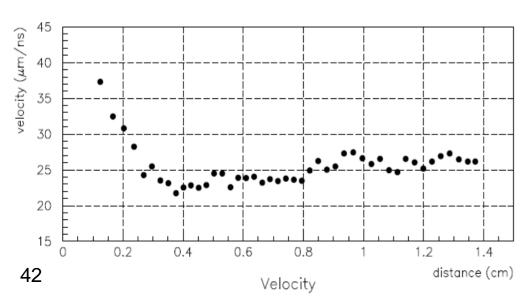
$$-\sigma_{staz} \sim 50 \mu m$$

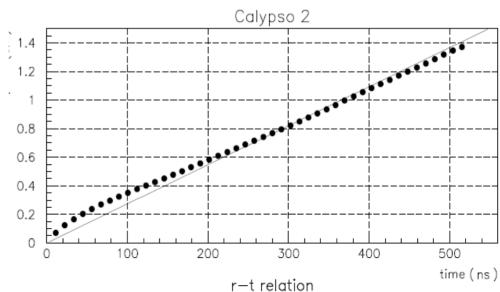
$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta s}{s} \simeq \frac{8p}{kBL^2} \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \sigma$$

Monitored Drift Tubes

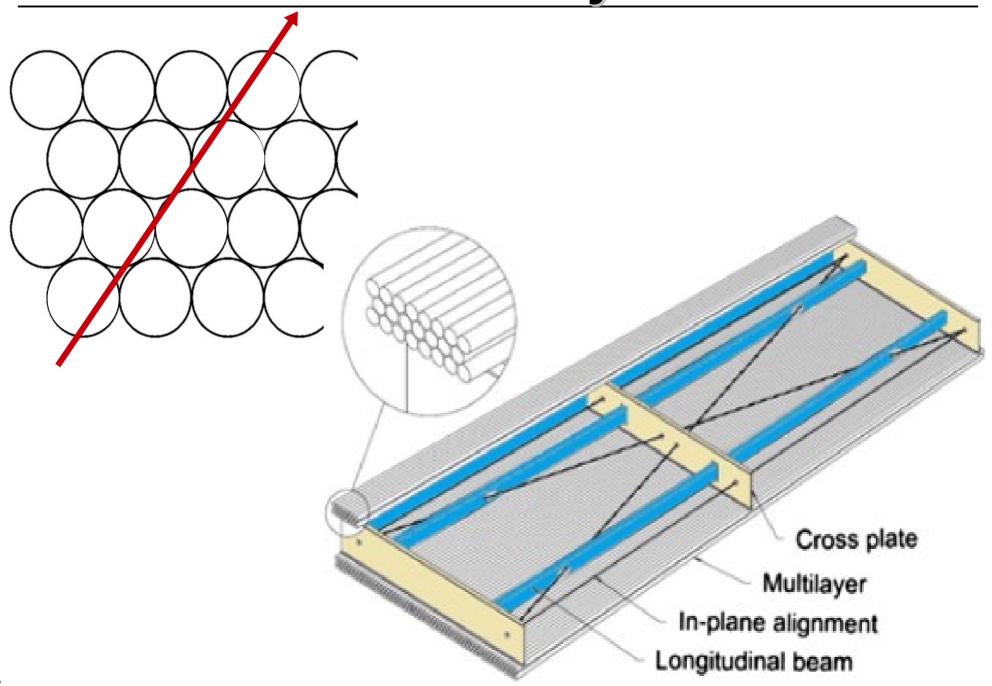




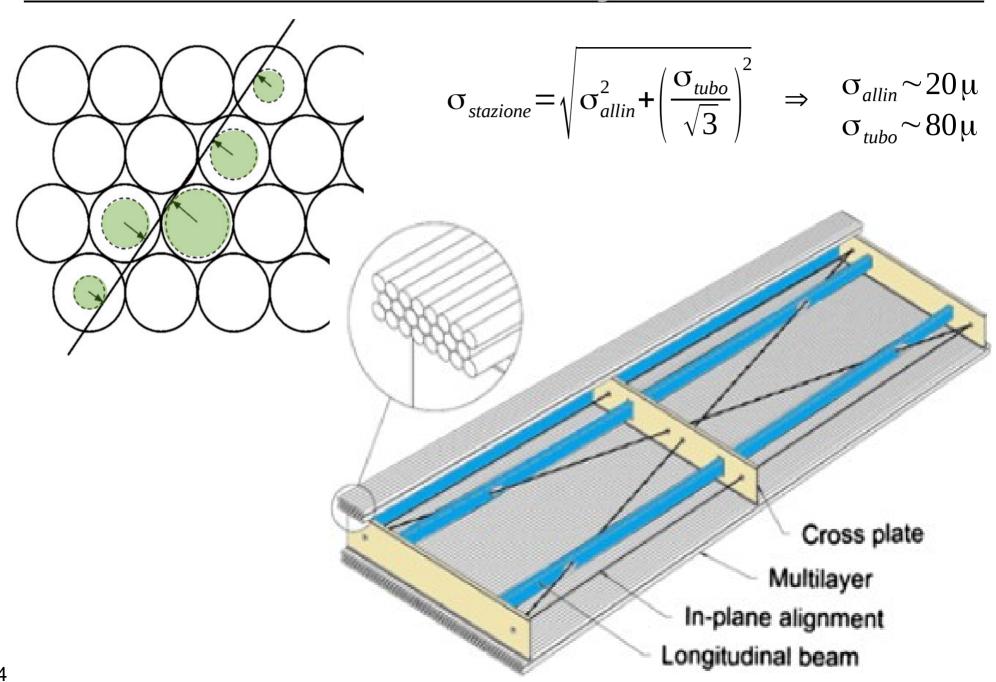




MDT: multilayers



MDT: multilayers



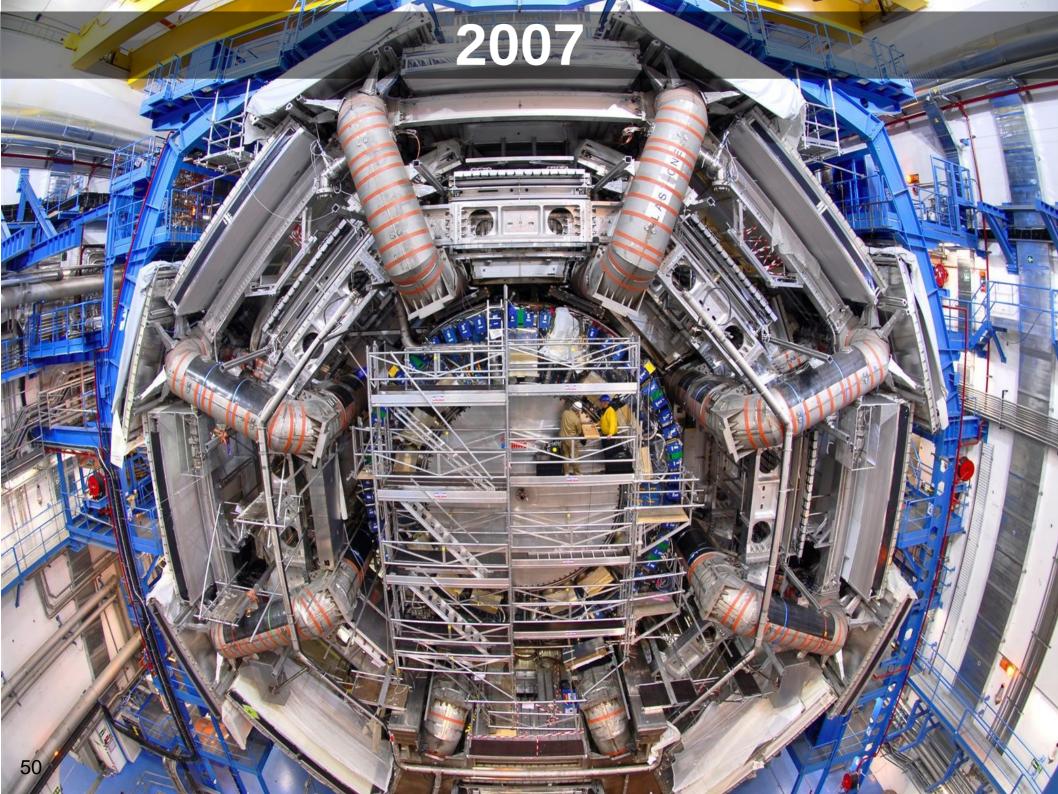




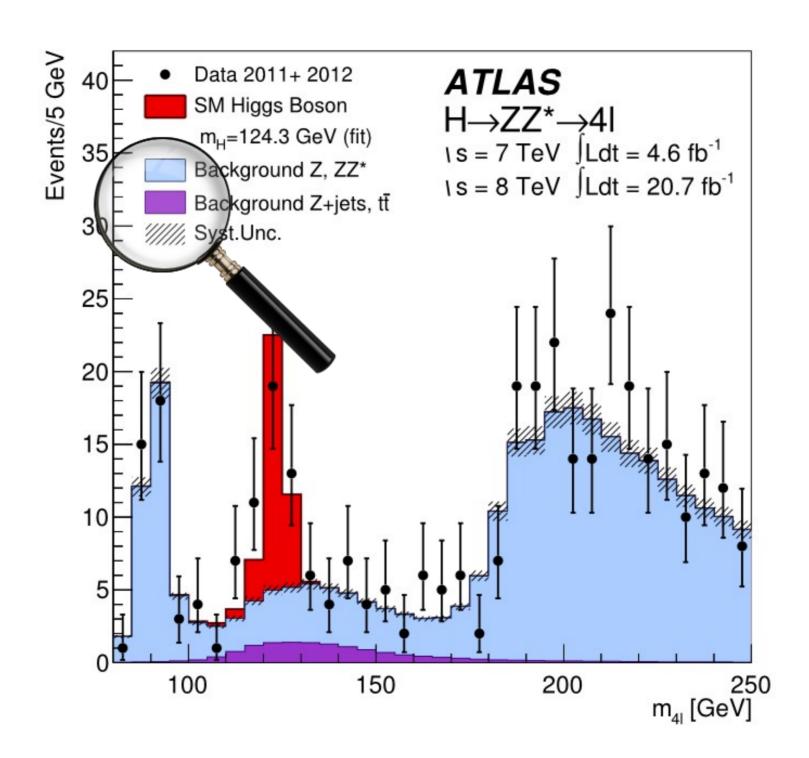




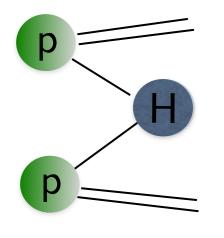




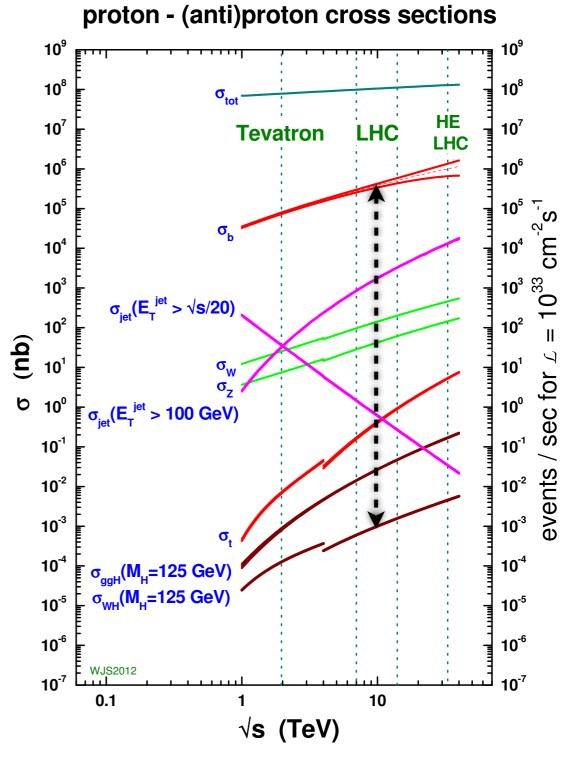




Il bosone di Higgs: la sfida-I



LA PRODUZIONE DI UN BOSONE DI HIGGS È UN EVENTO MOLTO RARO



UN BOSONE DI HIGGS PRODOTTO OGNI 10 MILIARDI DI EVENTI!

Il bosone di Higgs: la sfida-II

Il bosone di Higgs, come tutte le particelle instabili, viene ricostruito partendo dai prodotti del suo decadimento

Partiamo da bosone di Higgs fermo



Supponiamo che decada in due particelle, A e B (che posso essere anch'esse instabili)



Le particelle A e B **NON SONO** frammenti del bosone di Higgs La somma masse particelle A e B è inferiore alla massa della particella di Higgs La differenza di massa si trasforma in energia \rightarrow E = [Massa(H) – Massa(A+B)] \times c²

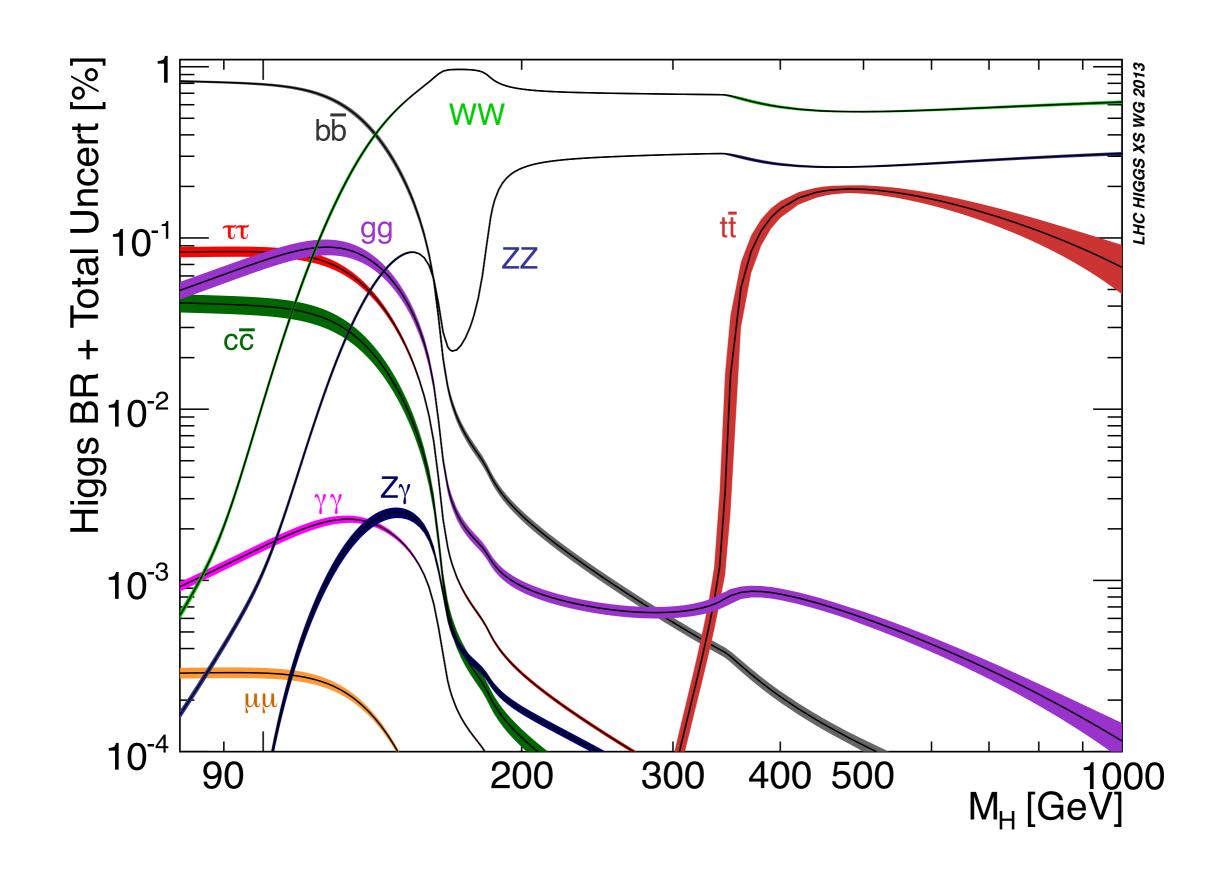
À E B, GRAZIE ALLA LORO ENERGIA, ATTRAVERSANO IL RIVELATORE LASCIANDO TRACCE

LA SOMMA DELLE LORO MASSE E DELLE LORO ENERGIE EQUIVALE ALLA MASSA DEL BOSONE DI HIGGS

GLI STATI FINALI PER IL BOSONE DI HIGGS SONO MOLTI - I più importanti:

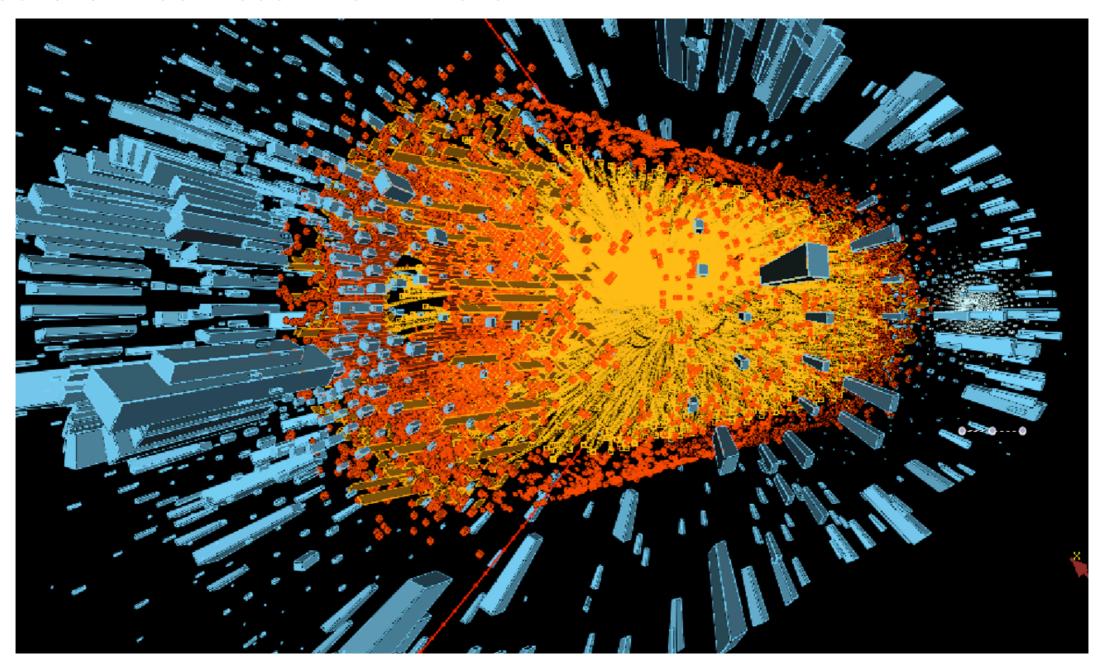
- H \rightarrow due raggi gamma (H $\rightarrow \gamma \gamma$)
- $H \rightarrow QUATTRO LEPTONI$, per esempio quattro elettroni $(H \rightarrow 4I)$

I decadimenti del bosone di Higgs



Il bosone di Higgs: la sfida-III

1600 PARTICELLE CARICHE PRODOTTE PER EVENTO E UN EVENTO OGNI ~10⁻⁷ s 30 EVENTI OGNI SCONTRO DI PROTONI

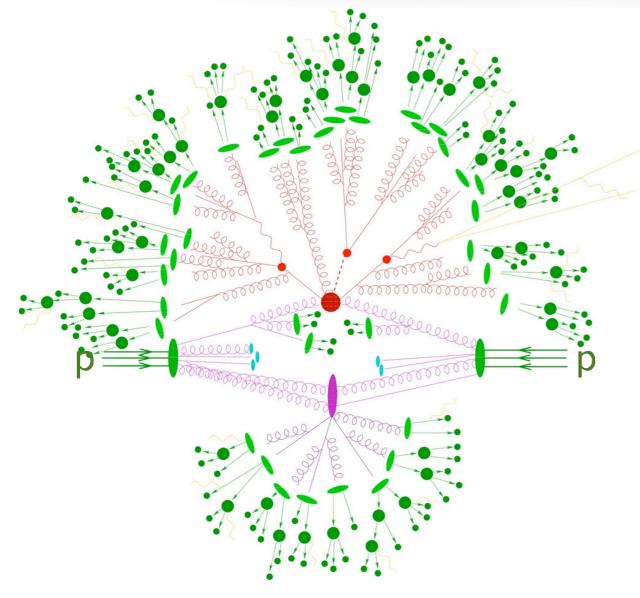


SELEZIONE - QUALI E QUANTI EVENTI SALVARE (1 SU 106)

RICOSTRUZIONE - DALLA RISPOSTA DEI RIVELATORI ALLE PARTICELLE

ANALISI - DAGLI OGGETTI FISICI ALL'EVENTO

Simulazione degli Eventi e del Detector

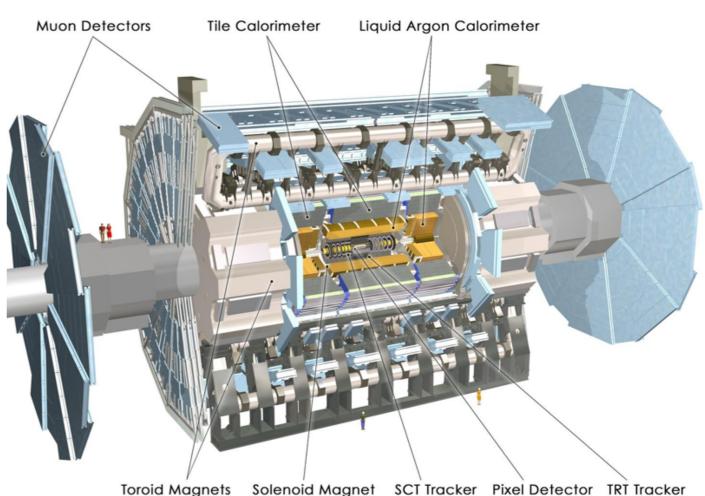


Simulazione di un evento p-p:

generatori MonteCarlo per ogni processo

Simulazione di ATLAS:

complessa come il vero rivelatore

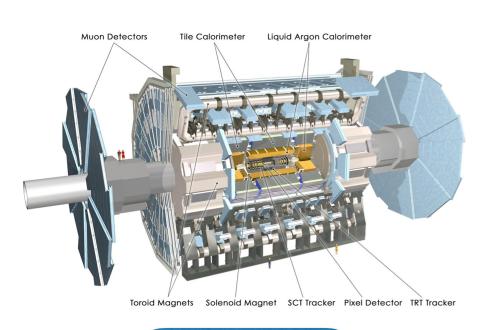


SIMULAZIONE - GLI EVENTI, COME PREVISTI DAL MODELLO TEORICO

RICOSTRUZIONE - DALLA RISPOSTA DEI RIVELATORI ALLE PARTICELLE

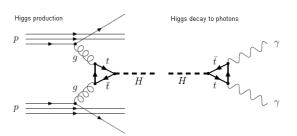
ANALISI - DAGLI OGGETTI FISICI ALL'EVENTO

ATLAS Data Flow



ATLAS

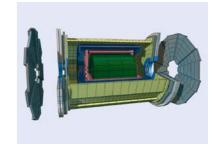
Generation



hard collision, parton density functions, Parton Shower, underlying event, etc

Simulation

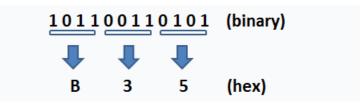
particle transportation and interactions, detector geometry, etc. \rightarrow GEANT4



Digitization

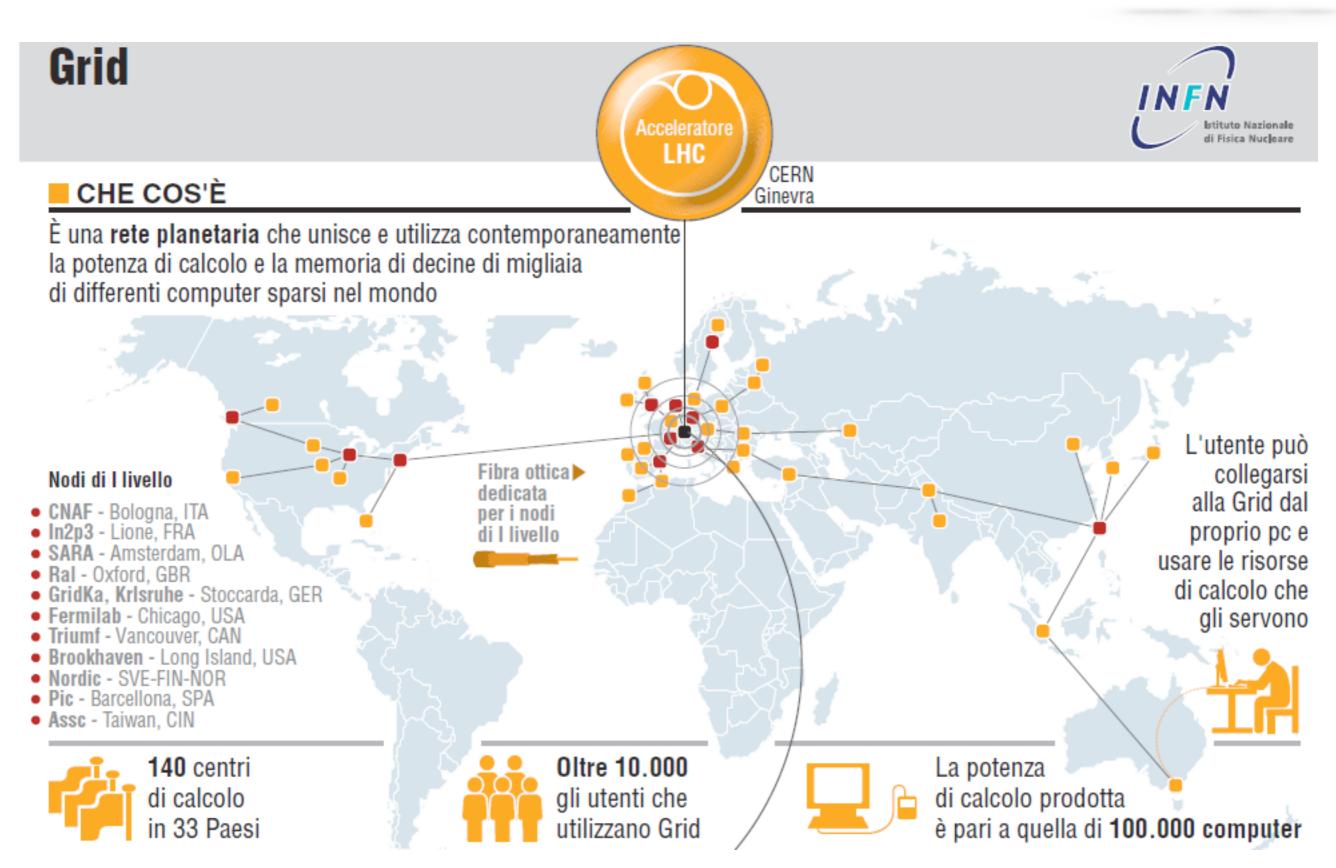
Reconstruction

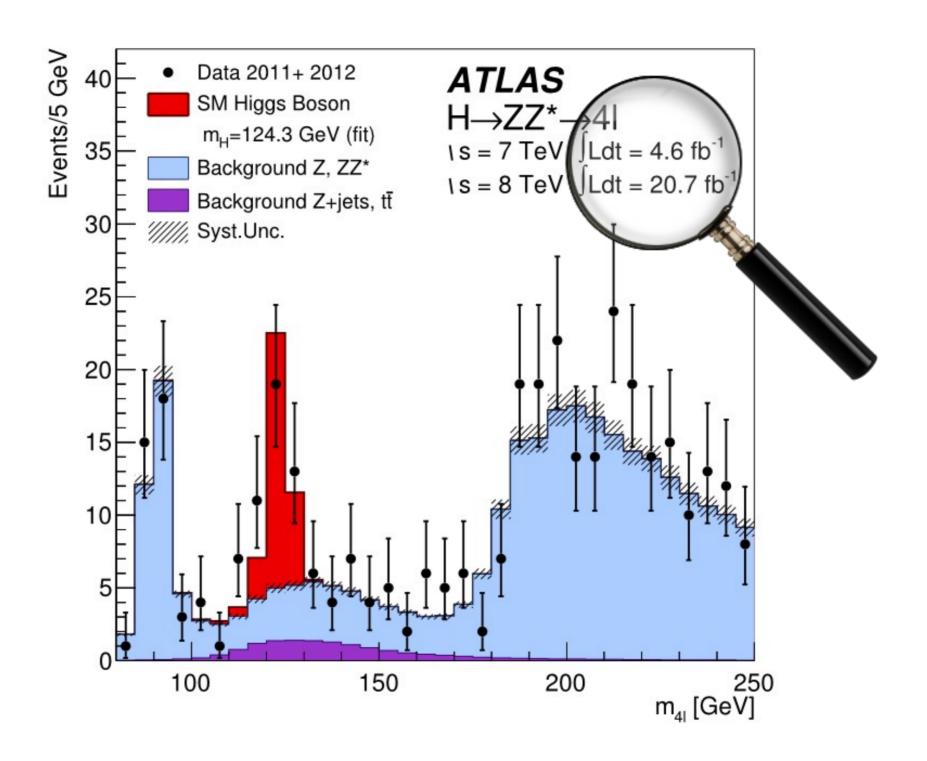
simulation of the detector response: hits \rightarrow digits = raw data similar to real detector



Analysis

La Grid



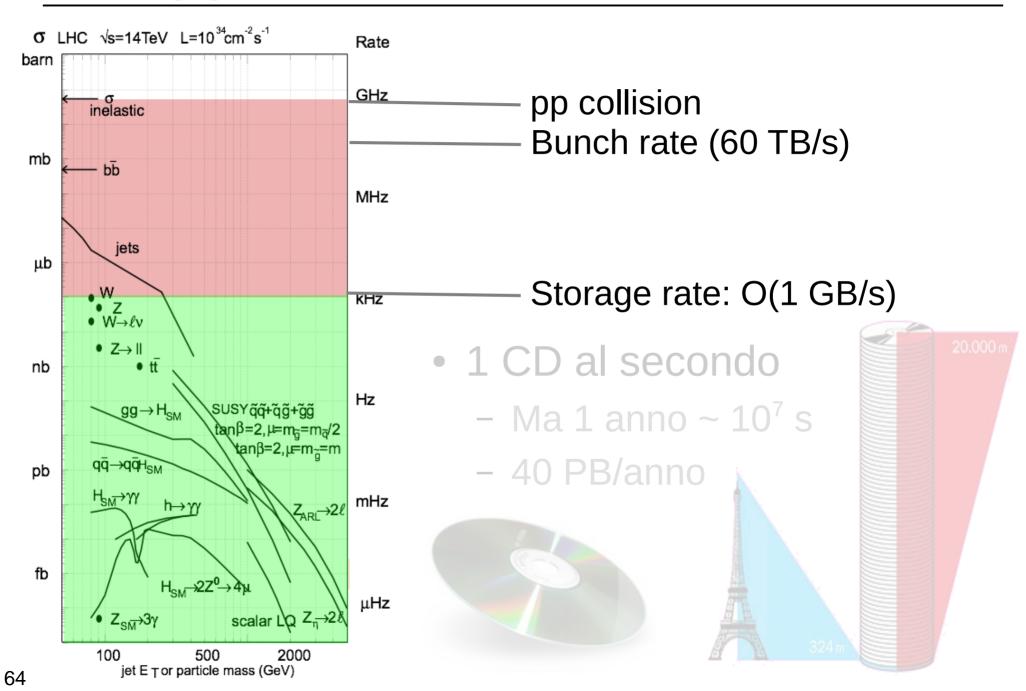


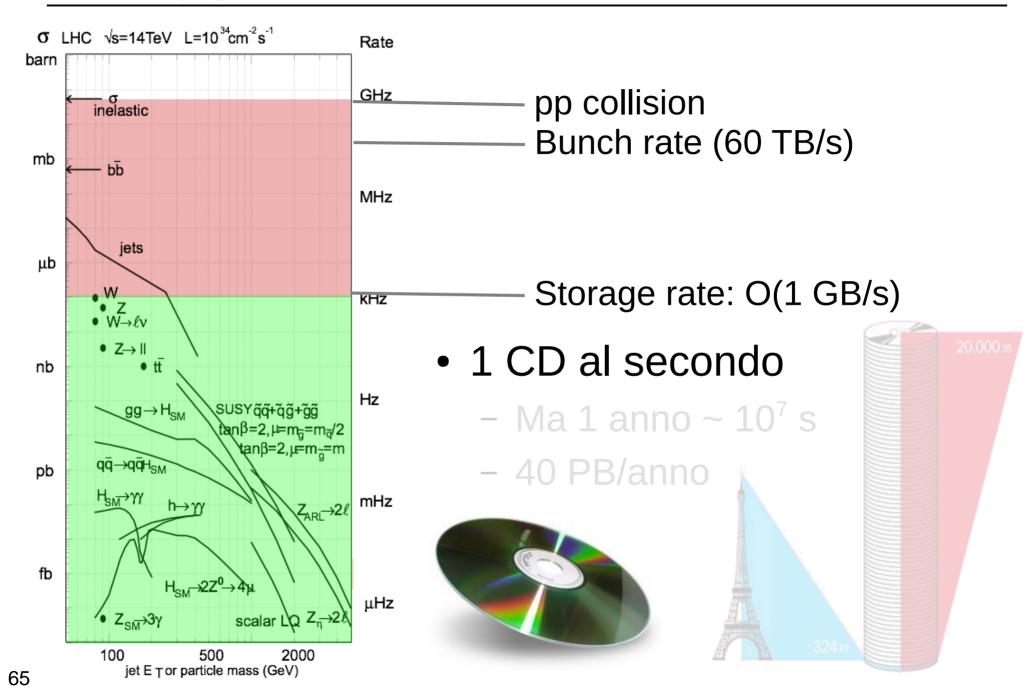
Presa dati: 2010-12, 2015-18

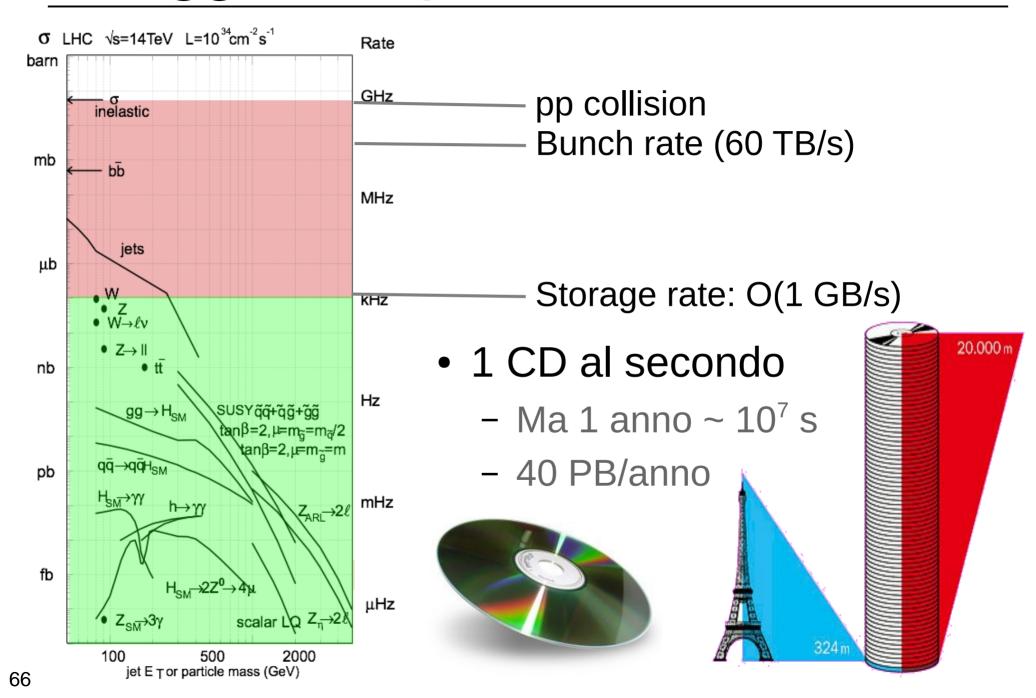


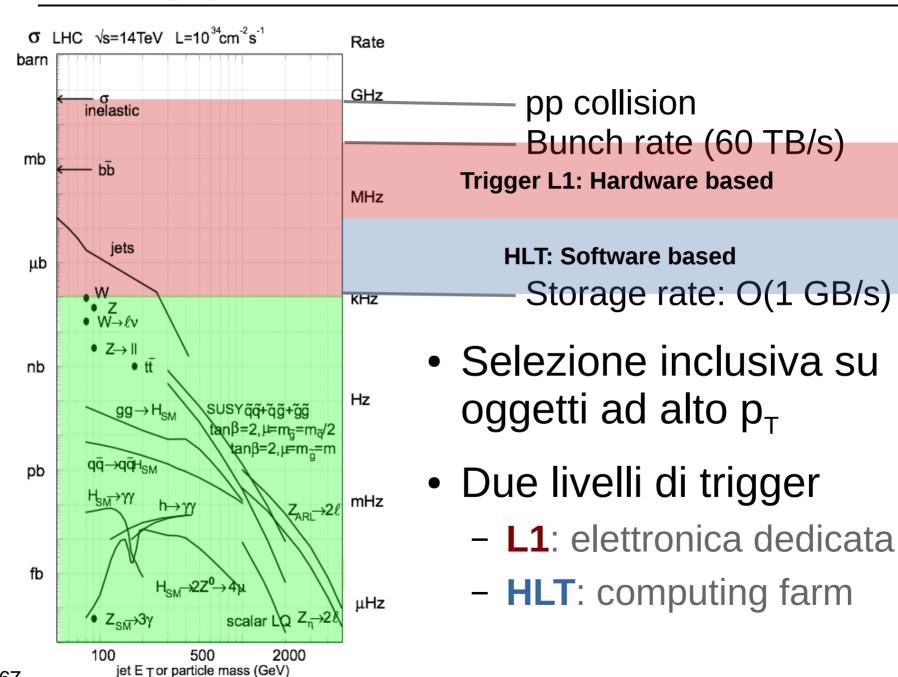




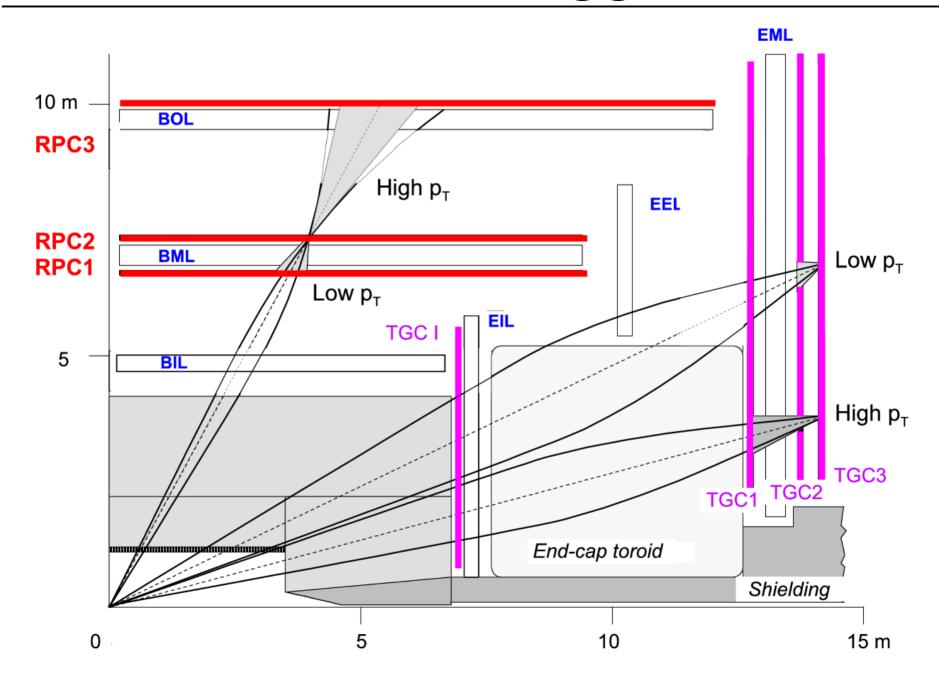






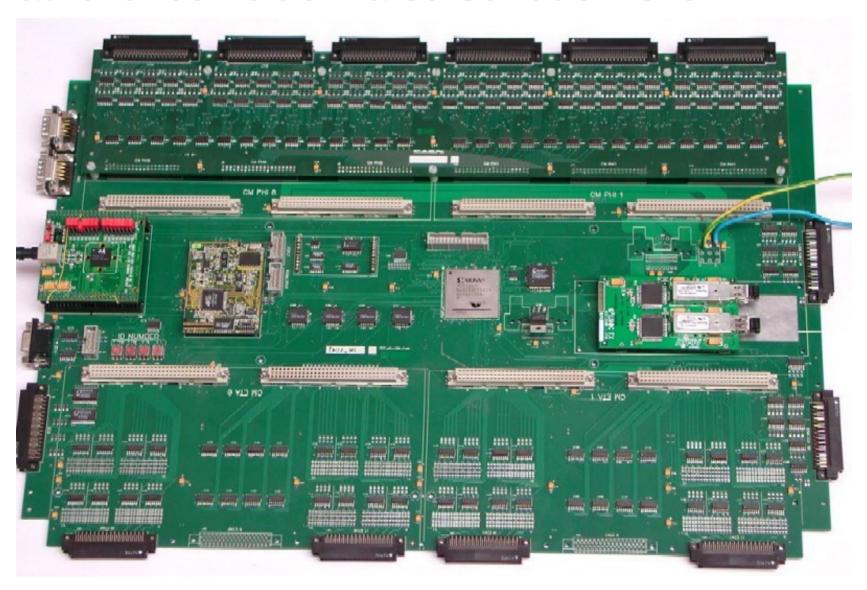


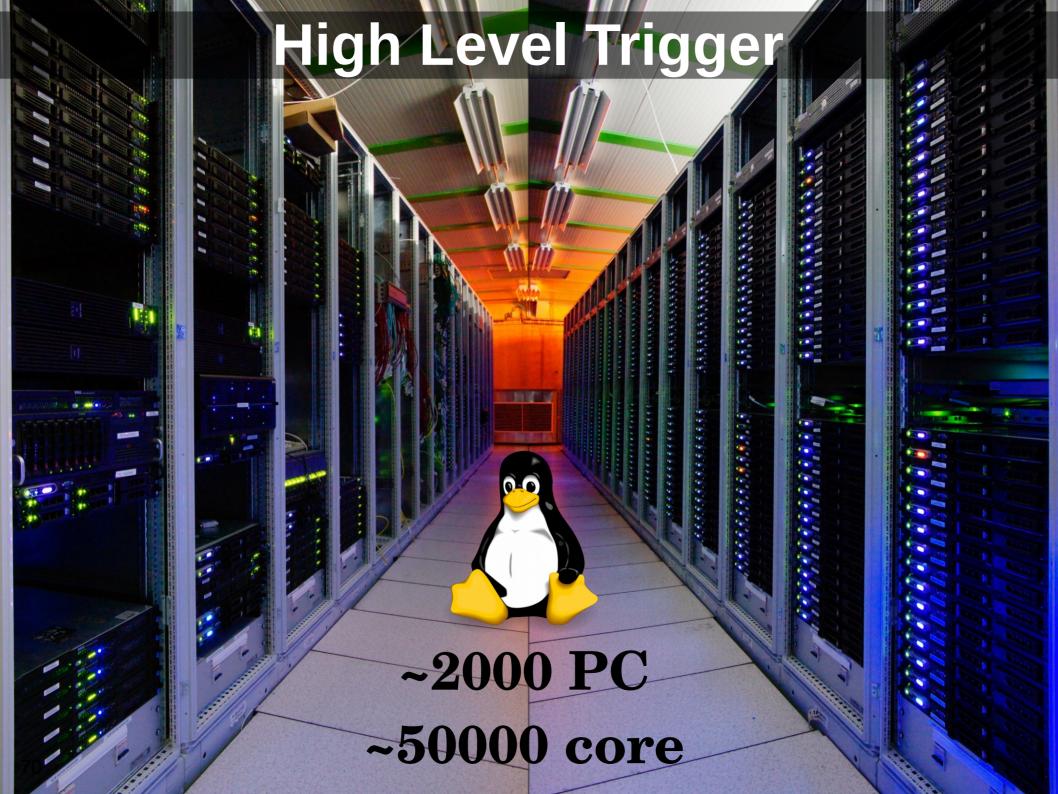
Muon L1 Trigger



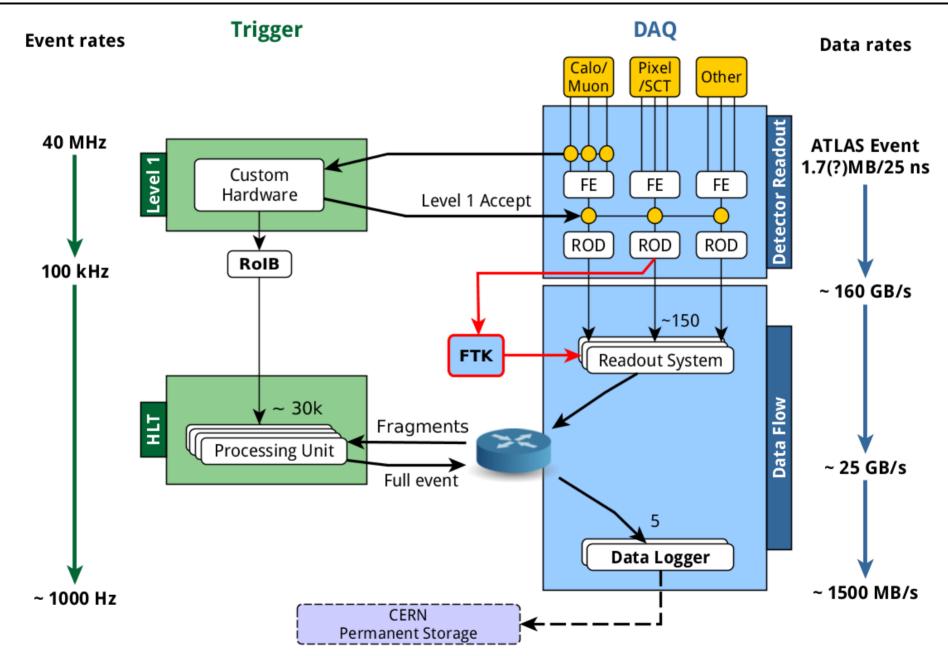
Muon L1 Trigger

• Matrici di coincidenza su schede ASIC

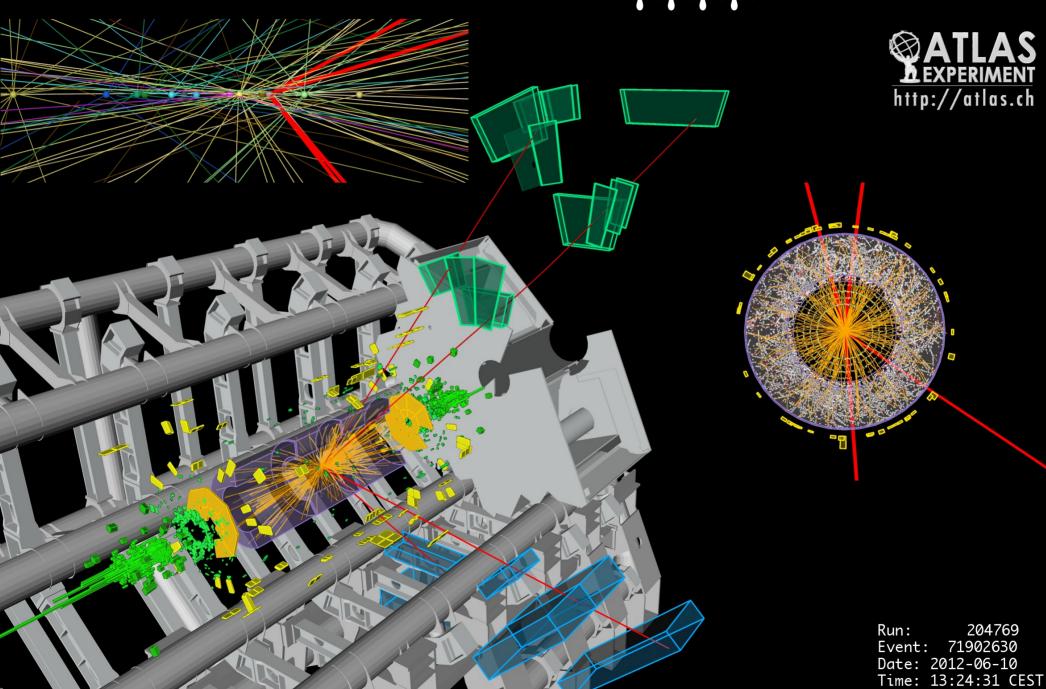


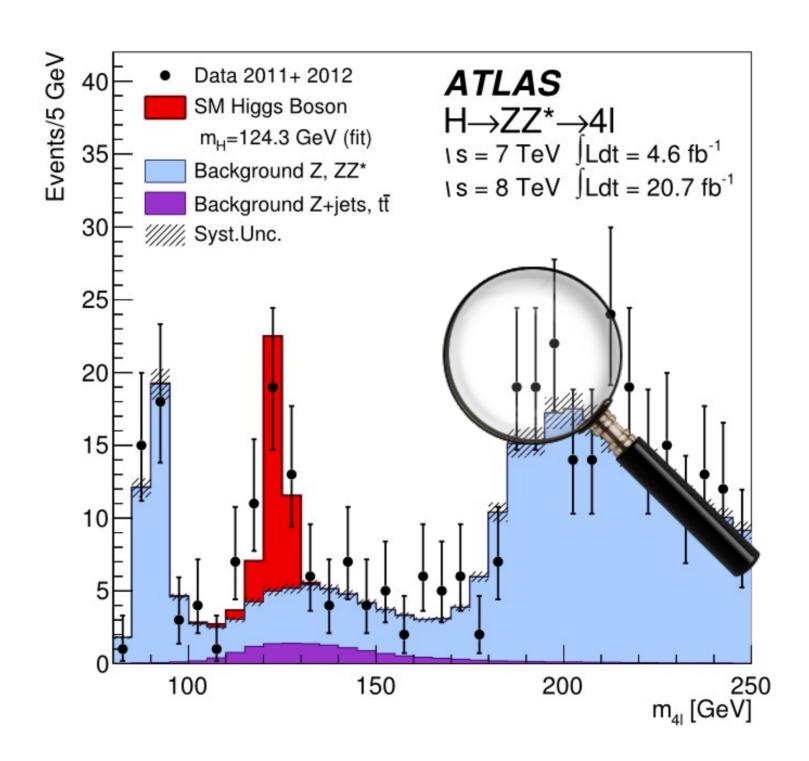


Es: ATLAS Trigger/DAQ

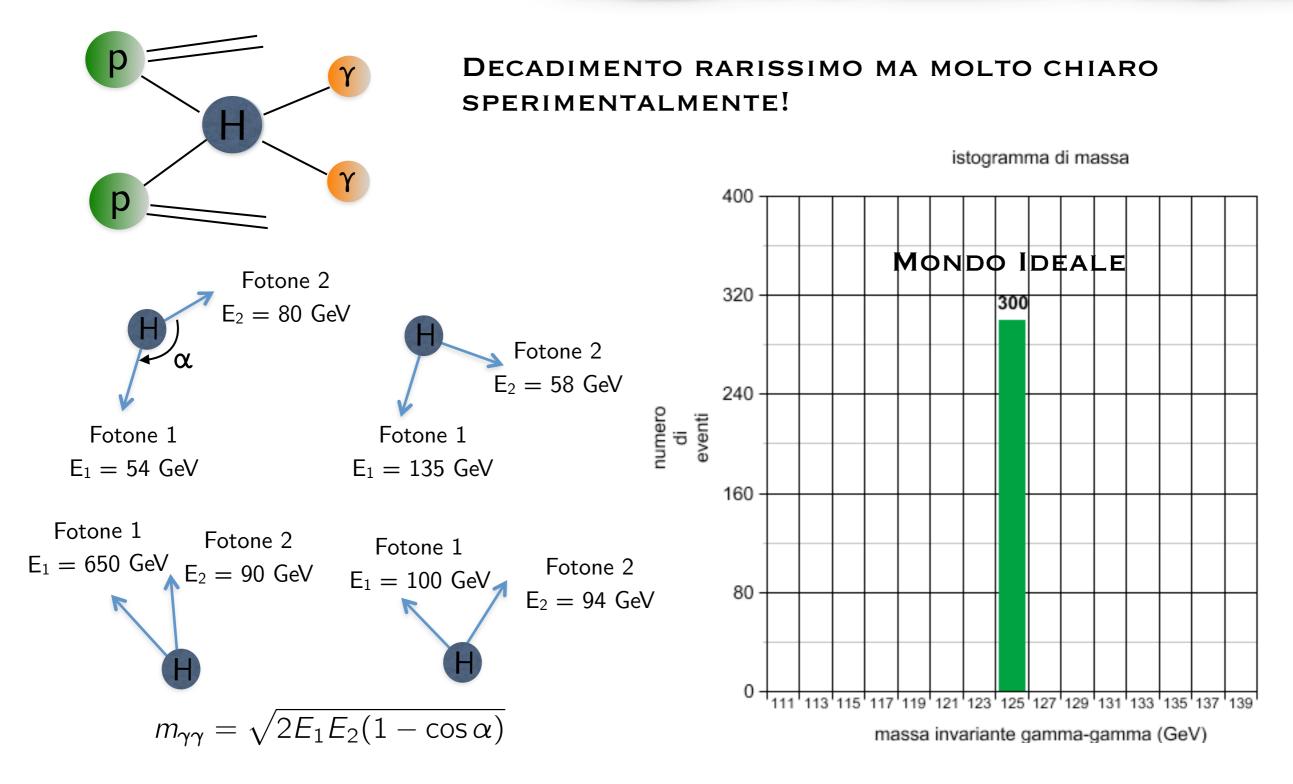


Candidato H → μμμμ



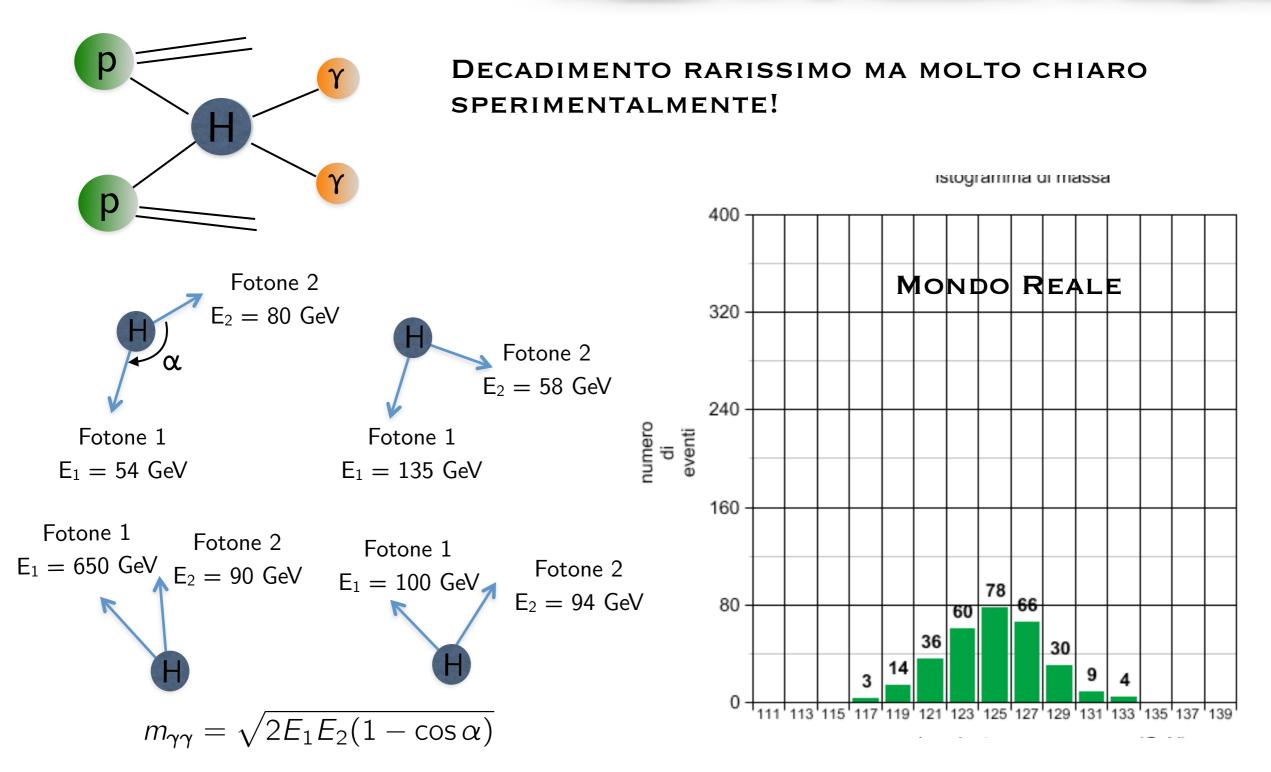


Higgs in 2 fotoni: il Segnale



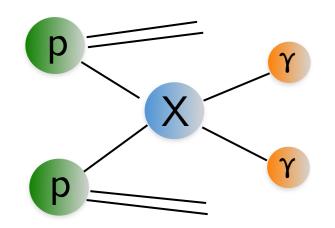
RISULTATO: MASSA = 125 GEV

Higgs in 2 fotoni: il Segnale



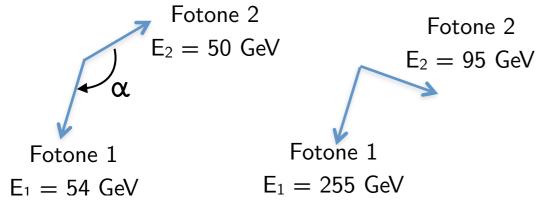
RISULTATO: MASSA = 125 GEV

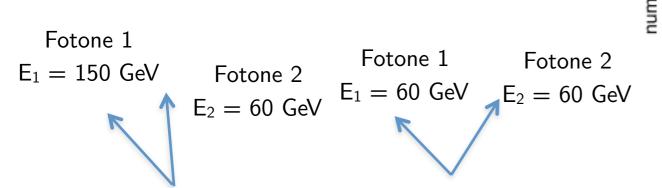
Higgs in 2 fotoni: il Fondo



QUALSIASI PROCESSO CHE NON COINVOLGA IL BOSONE DI HIGGS E CHE PRODUCA DUE FOTONI NELLO STATO FINALE

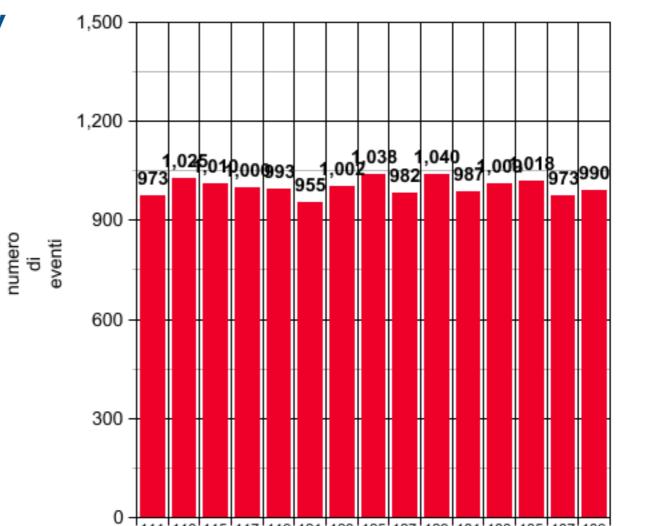
MASSA = 99 GEV MASSA = 220 GEV





MASSA = 49 GEV MASSA = 77 GEV

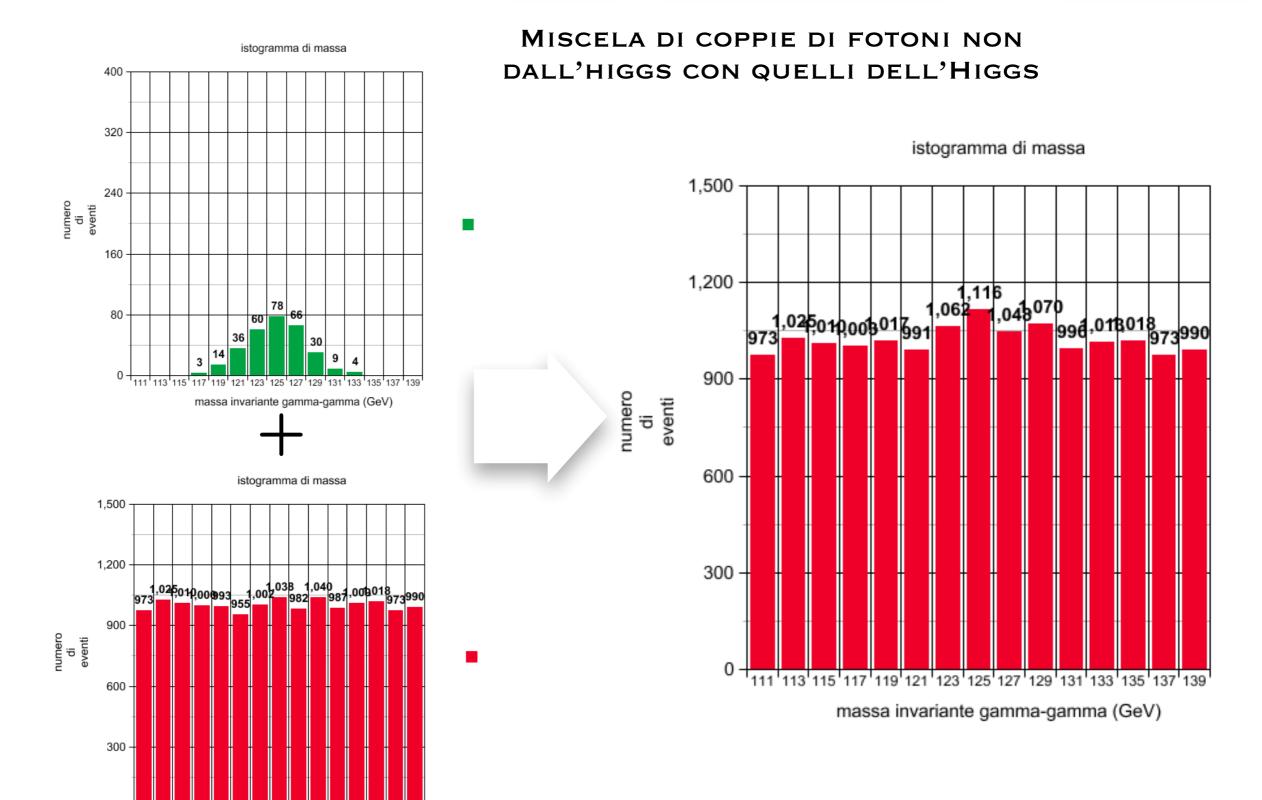
$$m_{\gamma\gamma} = \sqrt{2E_1E_2(1-\cos\alpha)}$$



massa invariante gamma-gamma (GeV)

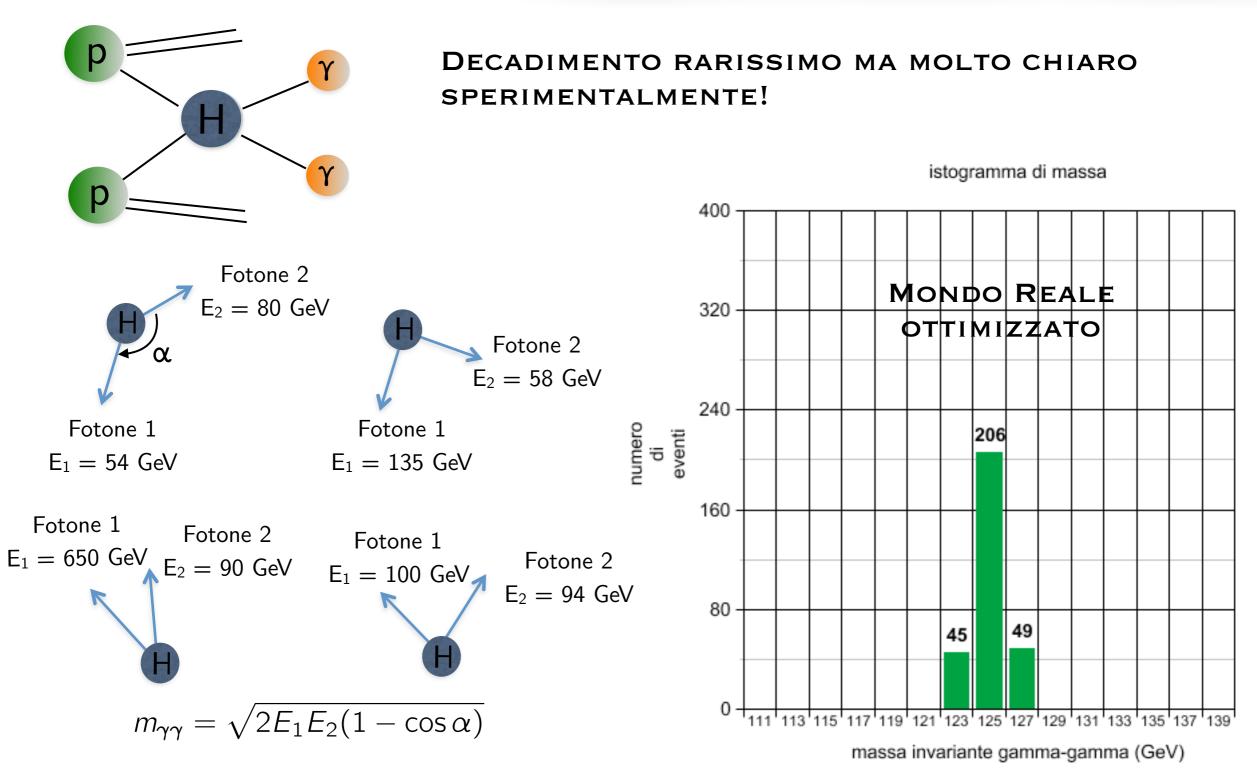
istogramma di massa

Perché ottimizzare le Selezioni



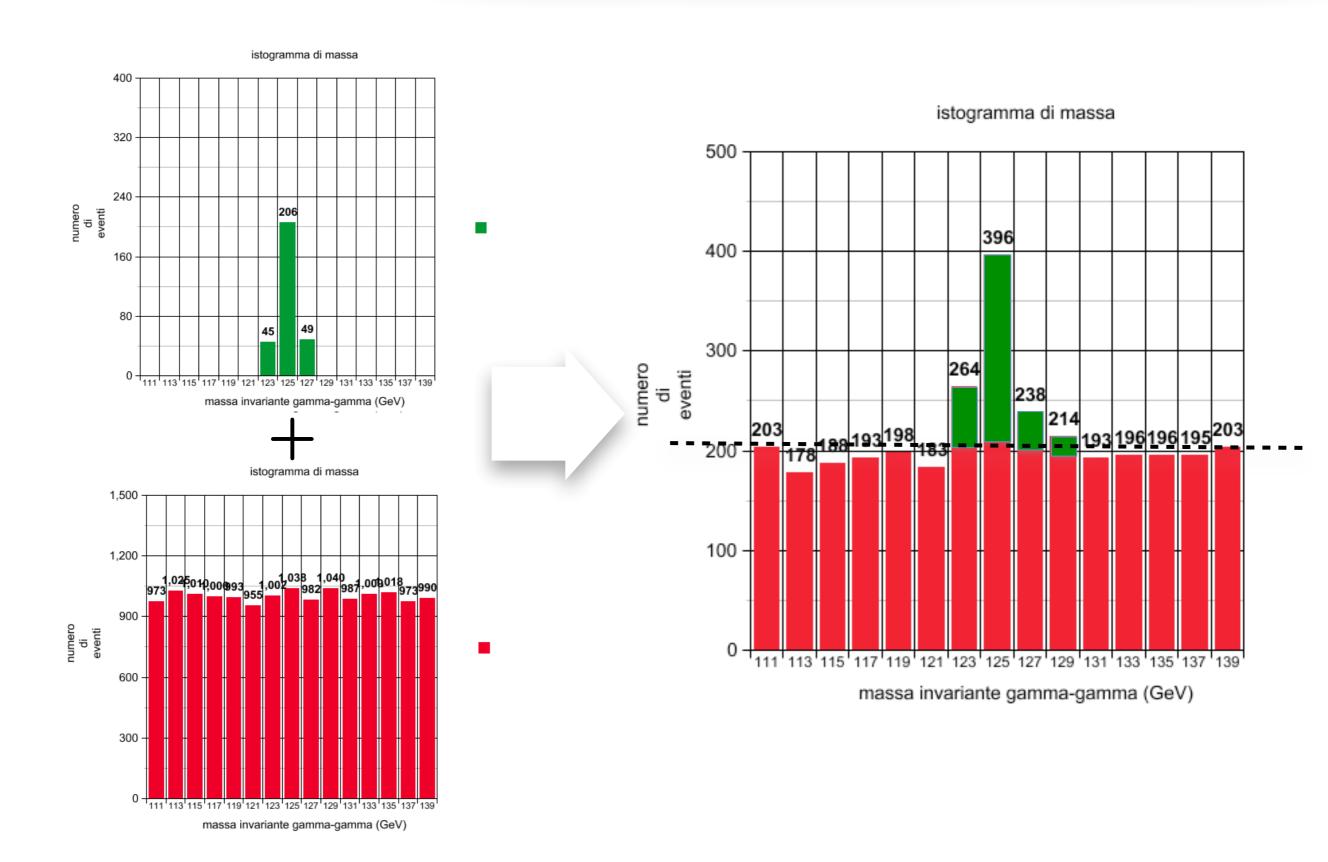
massa invariante gamma-gamma (GeV)

Higgs in 2 fotoni: il Segnale

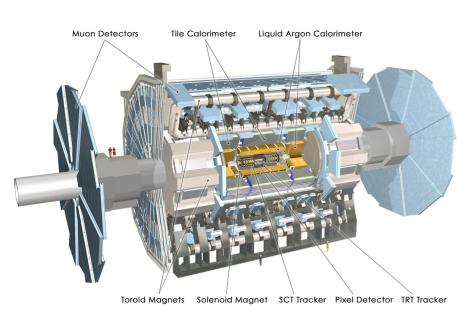


RISULTATO: MASSA = 125 GEV

Perché ottimizzare le Selezioni

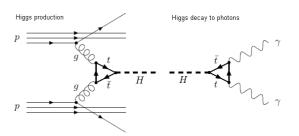


ATLAS Data Flow





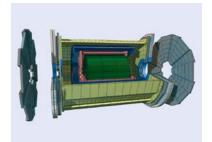
Generation



hard collision, parton density functions, Parton Shower, underlying event, etc

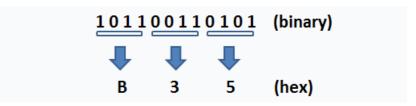
Simulation

particle transportation and interactions, detector geometry, etc. \rightarrow GEANT4



Digitization

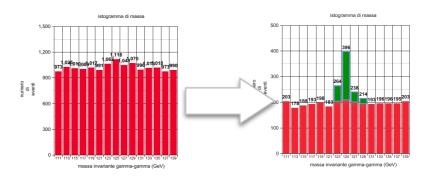
simulation of the detector response: hits \rightarrow digits = raw data similar to real detector

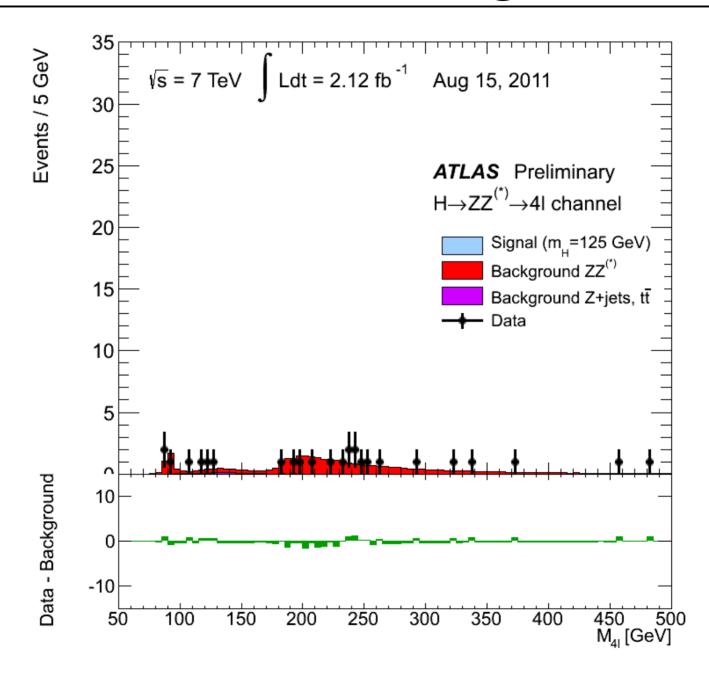


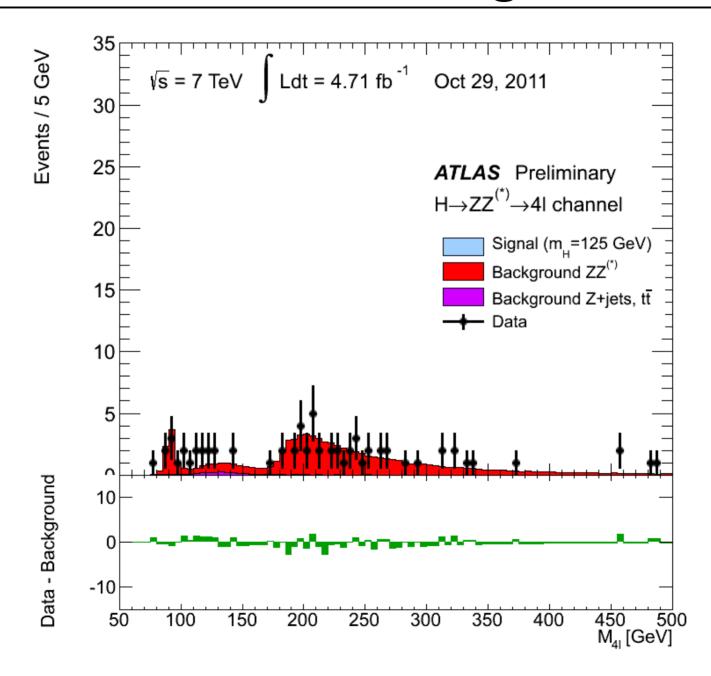
Analysis

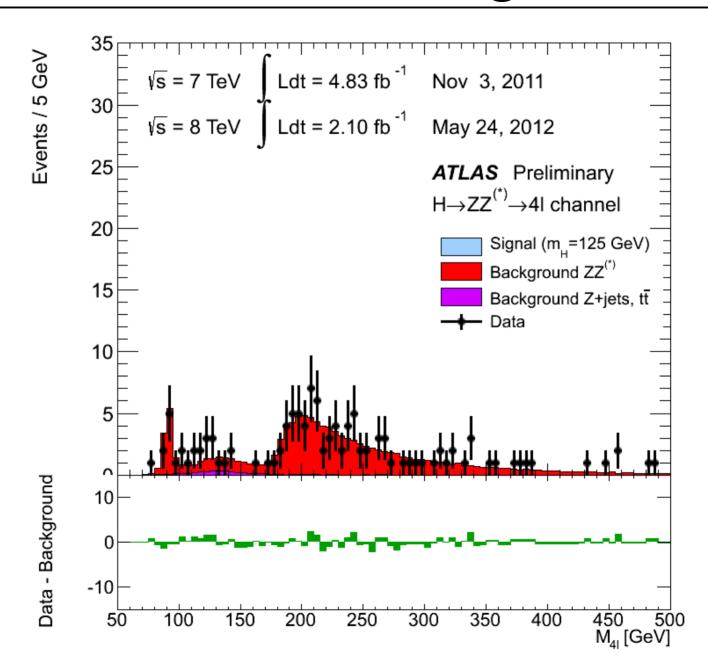
Reconstruction

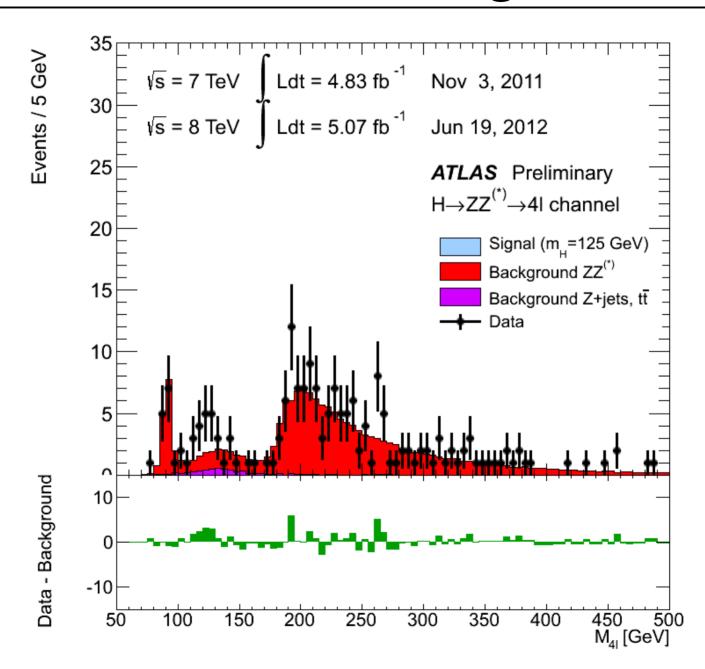
processo offline di ottimizzazione delle selezioni

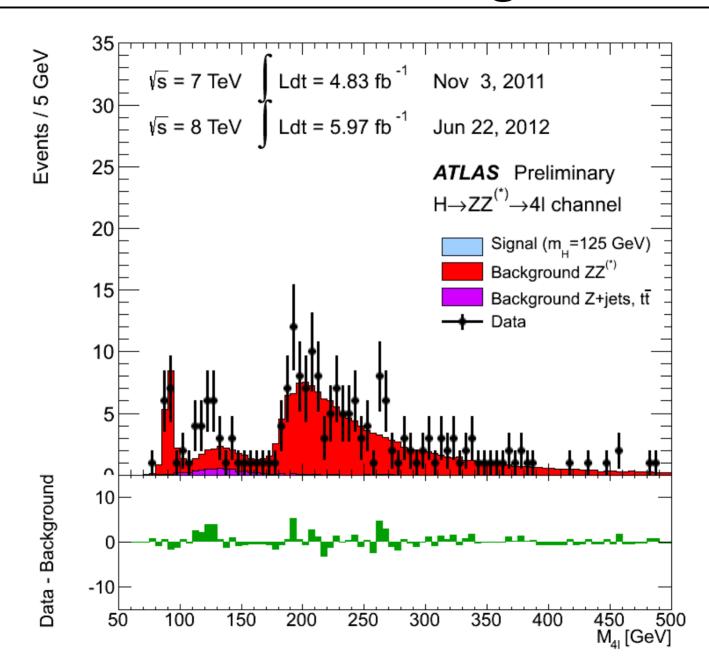


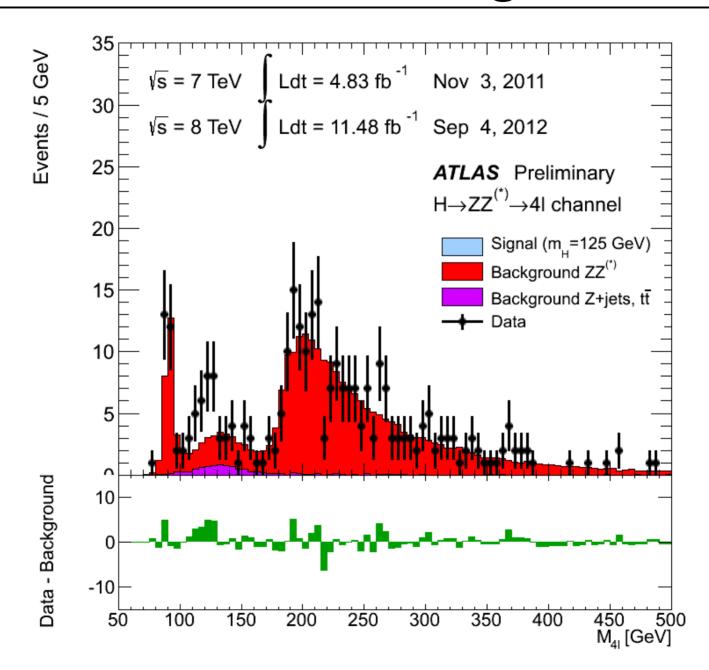


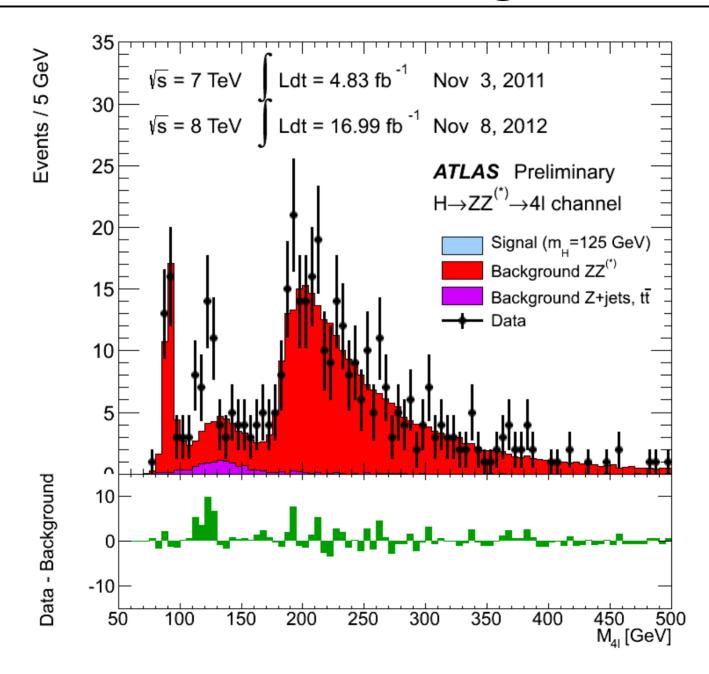


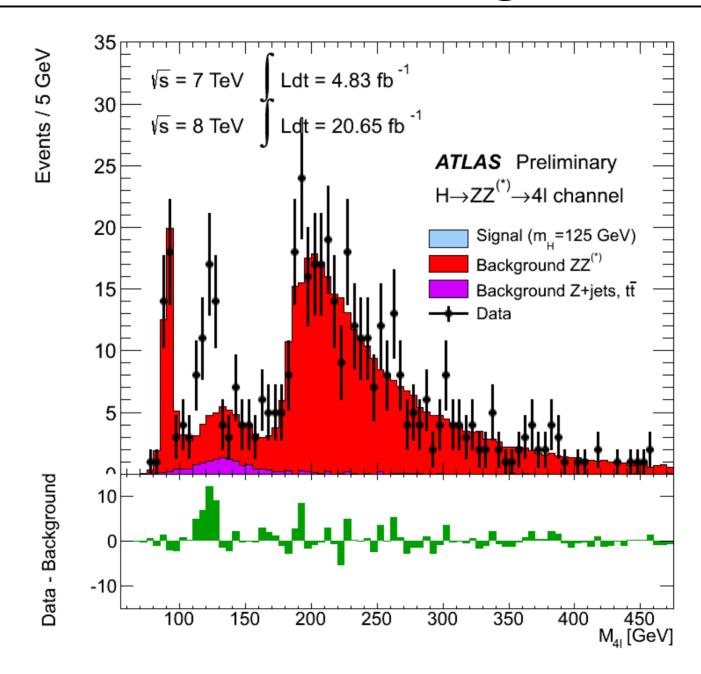


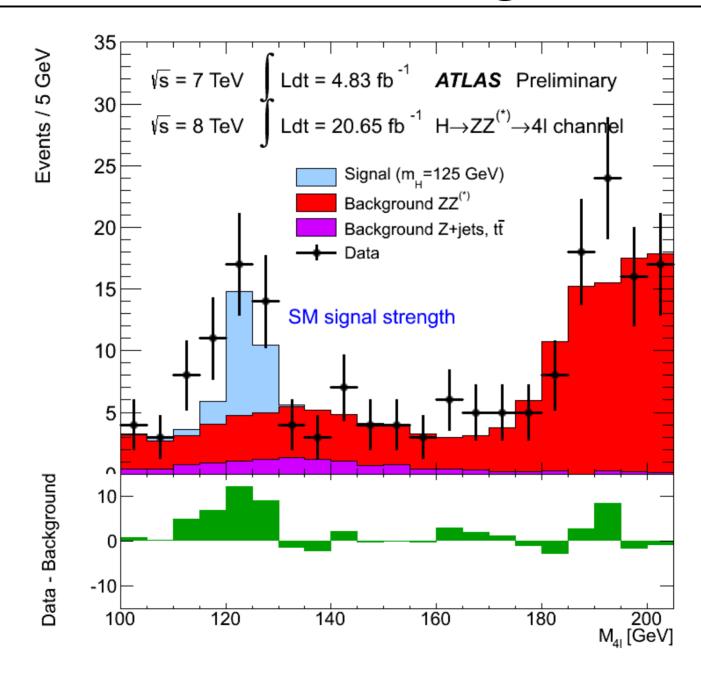






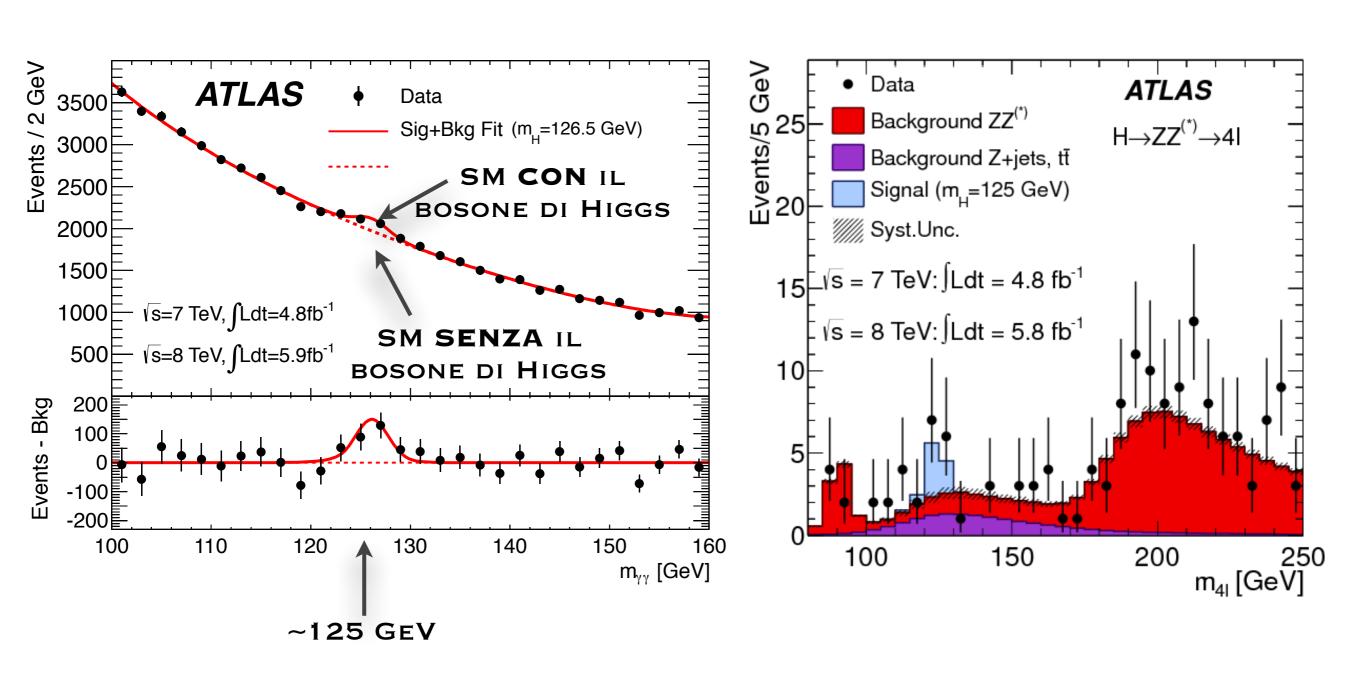






La scoperta del bosone di Higgs

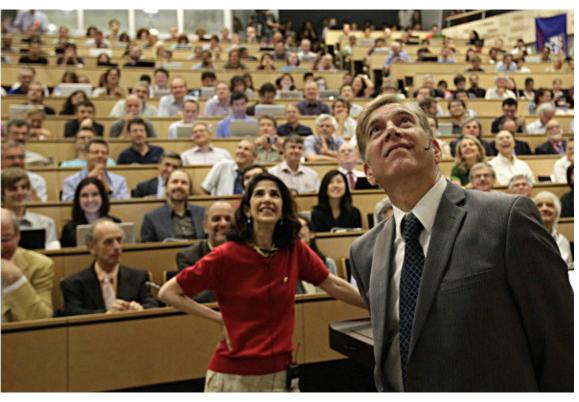
CERN - 4 luglio 2012



La scoperta del bosone di Higgs

CERN - 4 luglio 2012







Ottobre 2013

PRESSMEDDELANDE Press release

8 October 2013

The Nobel Prize in Physics 2013

The Royal Swedish Academy of Sciences has decided to award the Nobel Prize in Physics for 2013 to

François Englert

Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium

Peter W. Higgs

University of Edinburgh, UK

"for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the <u>ATLAS and CMS experiments</u> at CERN's Large Hadron Collider"



Collaborazione



Collaborazione

- Collaboration board
 - Un rappresentante per istituto
 - Elegge spokesperson, run coordinator, physics coord, ...
- Un institute board per ogni sottodetector



- Elegge project leader e altre cariche organigramma
- Ma ... non esiste gerarchia
 - Quello "sopra" di me non è mio datore di lavoro
 - "Autorità" basata solo su reputazione e competenza



Case study

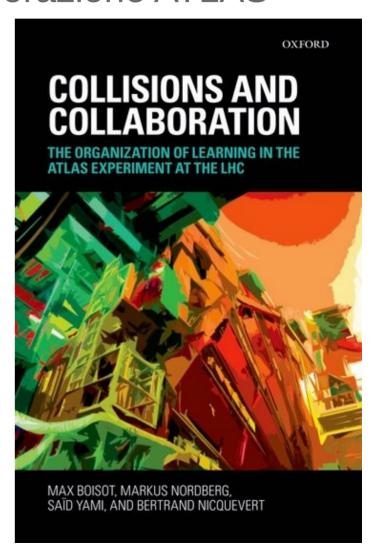
Com'è possibile che funzioni senza gerarchia?

- Meccanismi sociali della collaborazione ATLAS

studiati sotto vari aspetti

Concetti chiave

- Somiglianza con open source
- Auto-organizzazione
- Obiettivo comune
- Autorità guadagnata tramite rispetto tra pari
- Leadership: capacità di trovare compromessi e mantenere i colleghi motivati



Finanziamenti

- Ente finanziatore Italia: INFN
 - Commissione scientifica per distribuzione fondi alte energie
 - Valutazione tra pari
 - ATLAS/CMS: Organigramma nazionale (elettivo)
- ATLAS/CMS ~ 250 MCHF
 - INFN: ATLAS 9%, CMS 12%
- Mantenimento ordinario
 - 10 k€/anno per ogni firmatario
- Upgrade
 - Prop. al passato





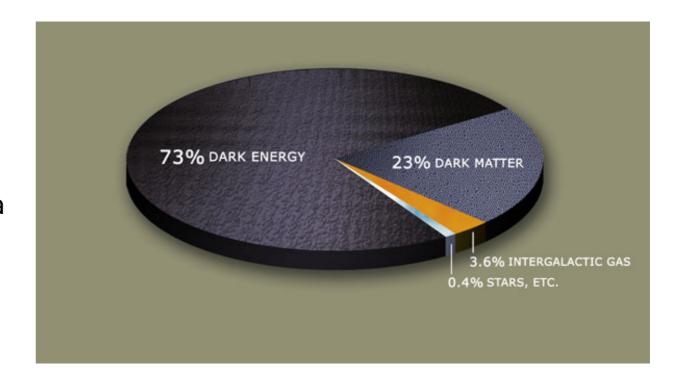
INFN

What's next?

Con la scoperta del bosone di Higgs, il MS è completo, ma non spiega molti evidenze sperimentali, tante domande rimangono senza risposta.....

II MS:

- non incorpora la gravitazione, come descritta dalla Teoria della Relatività
- -non spiega la massa dei neutrini
- -non spiega la materia oscura e l'energia mancante (in realtà non abbiamo una spiegazione per il 96% della massa/ energia dell'Universo!)



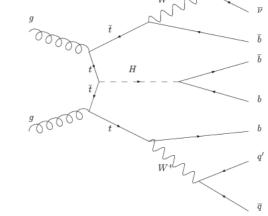


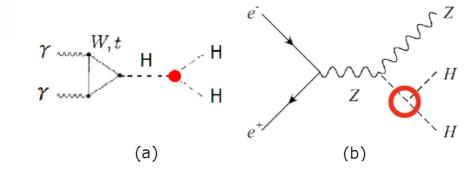
Anche se il MS è una buona teoria alle nostre scale di energia, potrebbe necessitare di una ESTENSIONE a scale di energia superiori ma per il momento non abbiamo alcuna indicazione sulla direzione in cui andare oltre..

What's next? HL-LHC = 3000 fb⁻¹ in 10 anni

Due possibilità dopo LHC (300fb⁻¹):

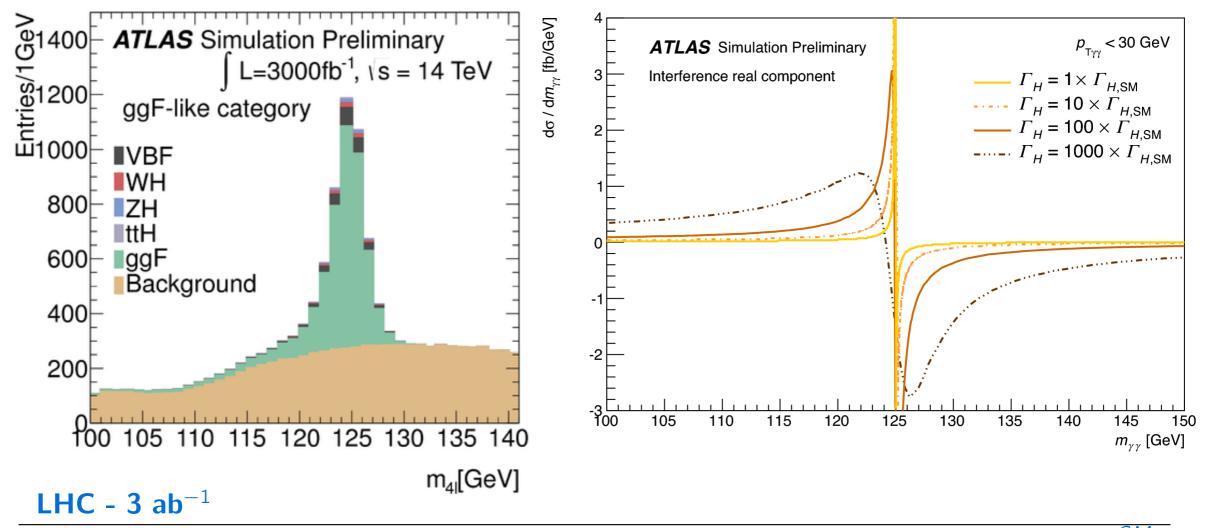
- 1. LHC porterà alla scoperta di nuova fisica oltre il MS ad una scala O(1 TeV)
- 2. La nuova fisica non è (ancora) accessibile
- In entrambi i casi, investigare con precision studies il settore di Higgs può essere decisivo per evidenziare o mettere limiti all'esistenza di nuovi processi → molti aspetti devono/possono essere studiati in dettaglio:
 - → Rate di produzione/decadimento e modi rari, in particolare:
 - coupling di Yukawa ttH
 - H $ightarrow \mu^+ \mu^{\scriptscriptstyle -}$ e altri decadimenti rari
 - coupling del bosone di Higgs
 - larghezza naturale del bosone di Higgs (SM: 4.2 MeV)
 - → Distribuzioni differenziali
 - → Vector Boson Scattering
 - → Spin/CP
 - → Autoaccoppiamenti del bosone di Higgs
 - → Ricerca di partner(s) del bosone di Higgs





$H \rightarrow ZZ^{(*)} \rightarrow 4I e H \rightarrow \gamma \gamma$

 Large statistics and high purity samples for precision property and differential distribution measurements



Method	Measured quantity	Γ_H [MeV]	Γ_H/Γ_H^{SM}
Snowmass estimate 3 ab^{-1}	Width × resolution	< 200	< 50
1305.3854 (Dixon-Li) 3 ab^{-1}	Mass shift in $\gamma\gamma$, $\Delta m_H\sim 100$ MeV	< 60	< 15
$1307.4935 (CM) 3 ab^{-1}$	Ratio ZZ , $m_{4l} > 130$, 300 GeV	< 40, 20	< 10, 5

Decadimenti rari

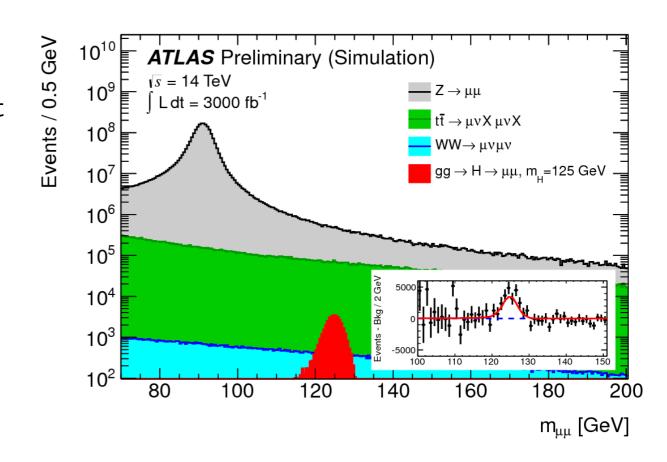
$ext{H} ightarrow \mu^+ \mu^-$

- Direct study of couplings to two different leptons
- Signal significance $> 7\sigma$

ATLAS Simulation Preliminary

 $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}: \int Ldt = 300 \text{ fb}^{-1}; \int Ldt = 3000 \text{ fb}^{-1}$ Η—μμ (comb.) $H \rightarrow \tau \tau$ (VBF-like) $H \rightarrow ZZ$ (comb.) $H \rightarrow WW \text{ (comb.)}$ $H \rightarrow Z\gamma$ (incl.) Η--γγ (comb.) 0.2 0.4 0

 $\Delta \mu / \mu$



$H\to Z\gamma$

- In the SM, this decay proceeds entirely via loops predominantly involving heavy charged particles \rightarrow sensitive to possible new physics
- Signal significance $> 4\sigma$ at HL-LHC

Higgs boson couplings

• The total cross section times branching ratio for an initial state *i* and a final state *f* is given by

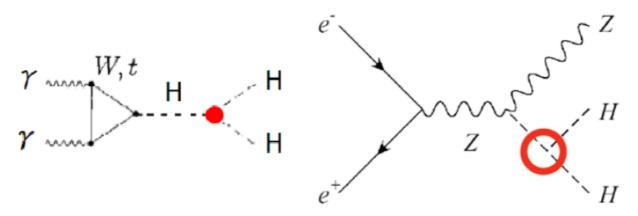
$$\sigma \cdot BR(i \to H \to f) = \frac{\sigma_i \Gamma_f}{\Gamma_H}$$

- The total width Γ_H is too narrow to be measured at LHC \to assume that only visible partial widths contribute to it then cross sections and branching ratios scale with κ^2
- Measurement accuracy per experiment (model dependent):

Coupling modifier	300 fb ⁻¹	3000 fb ⁻¹	
$k_{W,Z}, k_{\gamma}$	6%	3%	
\mathbf{k}_{b}	12%	5%	down-quark type
\mathbf{k}_{t}	15%	7%	Top Yukawa coup.
$\mathbf{k}_{ au}$	10%	5%	lepton coupling
\mathbf{k}_{μ}	22%	7%	2 nd generation

Model independent scenario based on coupling ratio measurements

Higgs self-couplings



- Never seen self-interacting fundamental particles!
- Is the Higgs potential so simps as the one described by the Standard Model?

$$V(\phi) = \mu^2(\phi^{\dagger}\phi) + \lambda(\phi^{\dagger}\phi)^2$$

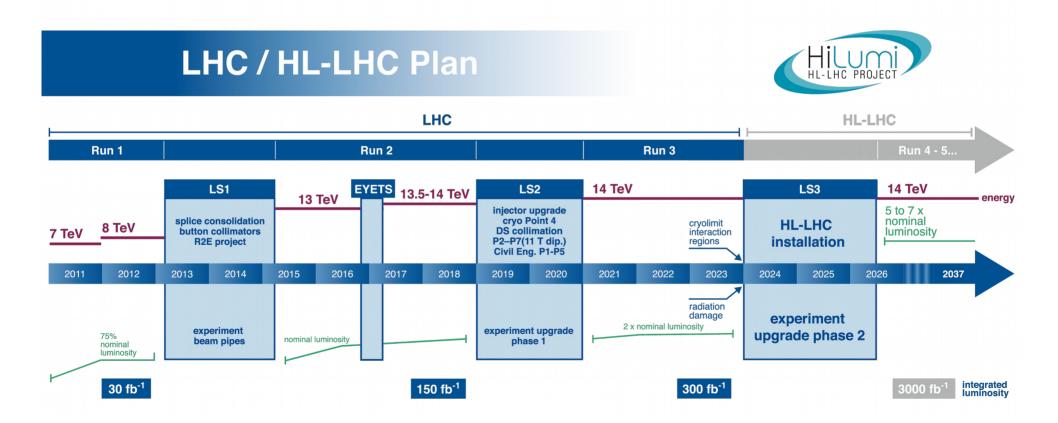
 This is not the case for many Beyond the SM implementations → experimental verification is essential (i.e. measurements of the HH production) - Any deviation will reveal new physics!

MEASUREMENT OF HH PRODUCTION
AT THE HL-LHC AT THE LEVEL OF
30% SHOULD BE POSSIBLE

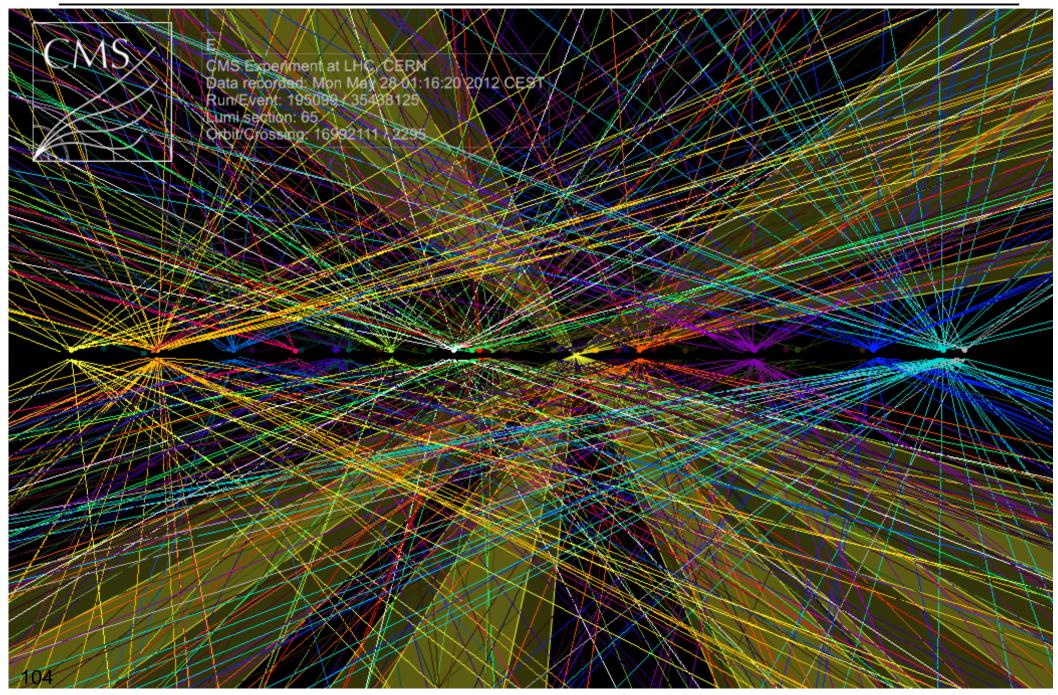
process ATLAS	Expected events in 3000 fb ⁻¹
SM HH→bbγγ	8.4± 0.1
bbγγ	9.7 ± 1.5
ccγγ, bbγj, bbjj, jjγγ	24.1 ± 2.2
top background	3.4 ± 2.2
ttH(γγ)	6.1 ± 0.5
Z(bb)H(γγ)	2.7 ± 0.1
bbH(γγ)	1.2 ± 0.1
Total background	47.1 ± 3.5
S/VB (barrel+endcap)	1.2

LHC upgrade(s)

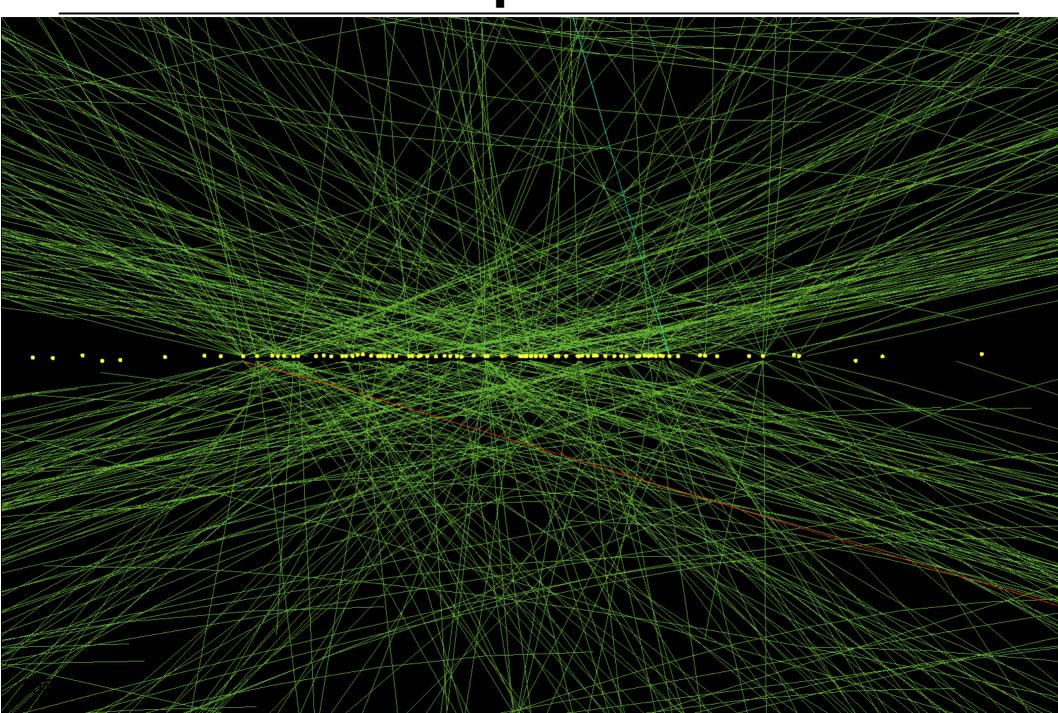
- 2011 → 2037
 - Energia fissa: 14 TeV
 - Aumento progressivo **luminosità**: design x 5



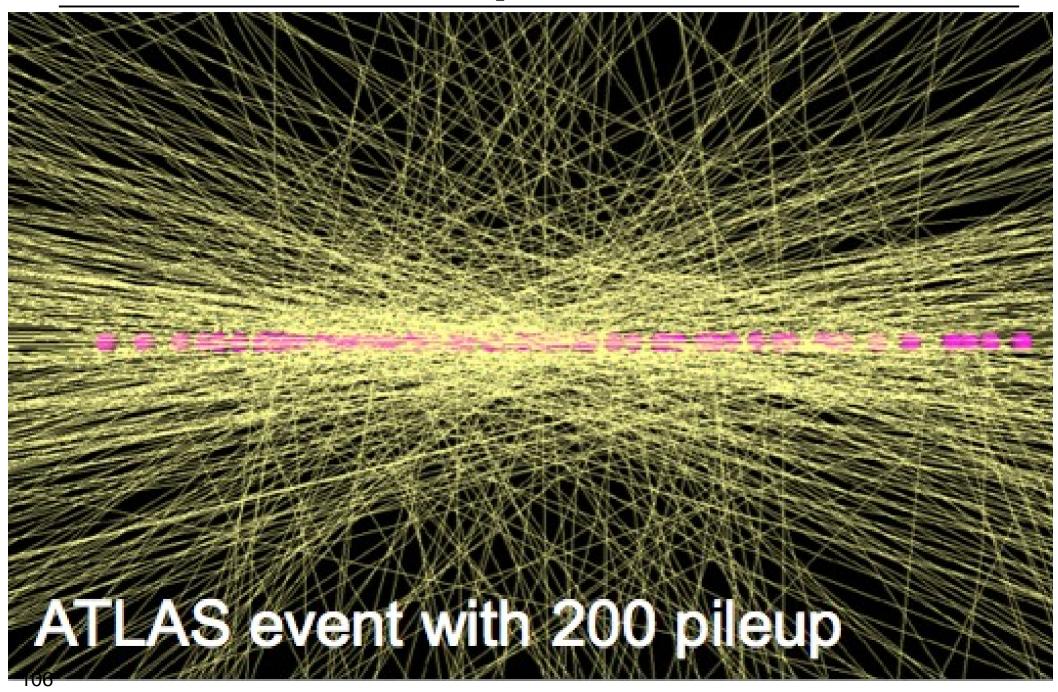
Pile up: run 1-2



Pile up: run 3

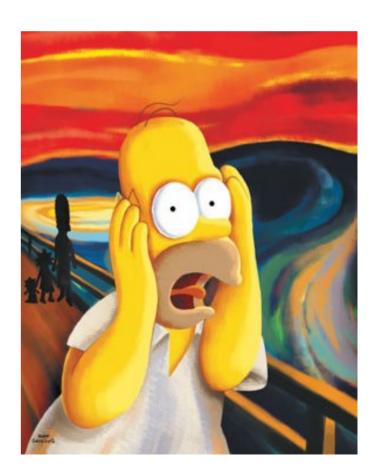


Pile up: run 4



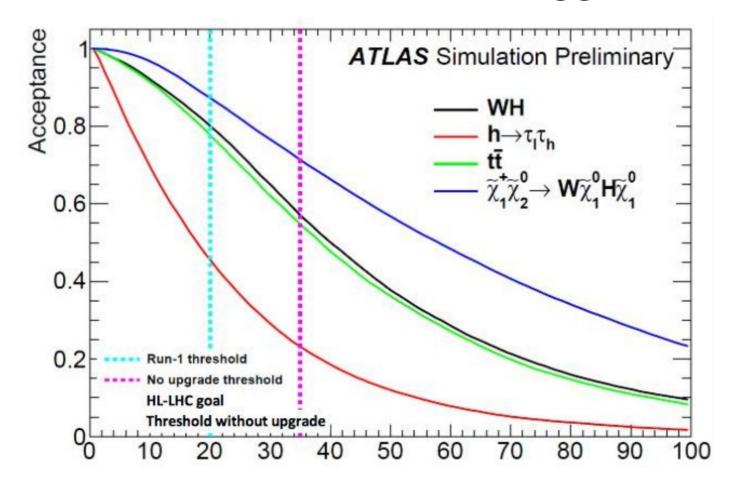
Effetti luminosità

- Dosi: 10x rispetto al design,
 - fino a 10^{16} n_{eq} /cm²
 - Invecchiamento rivelatori e elettronica
- Pile up fino a 200 (140 luminosity level)
 - Maggiore occupazione rivelatori
 - Minore efficienza di trigger
 - Minore selettività di trigger
 - Aumento dimensione eventi
 - Aumento flusso dei dati



Upgrade: la sfida del trigger

- Ma non è possibile alzare le soglie
 - Per non tagliare l'accettanza per la fisica
- Occorre modificare rivelatori e trigger



Tematiche upgrade

- Invecchiamento e resistenza alle radiazioni
 - Tecnologie disegnate a fine anni 90
 - Realizzazione tracciatori di nuova generazione
- Maggiore selettività trigger

- Rivelatori con maggiore granularità

- Tracciamento nel trigger di L1

- Algoritmi più selettivi e veloci

Componenti commerciali

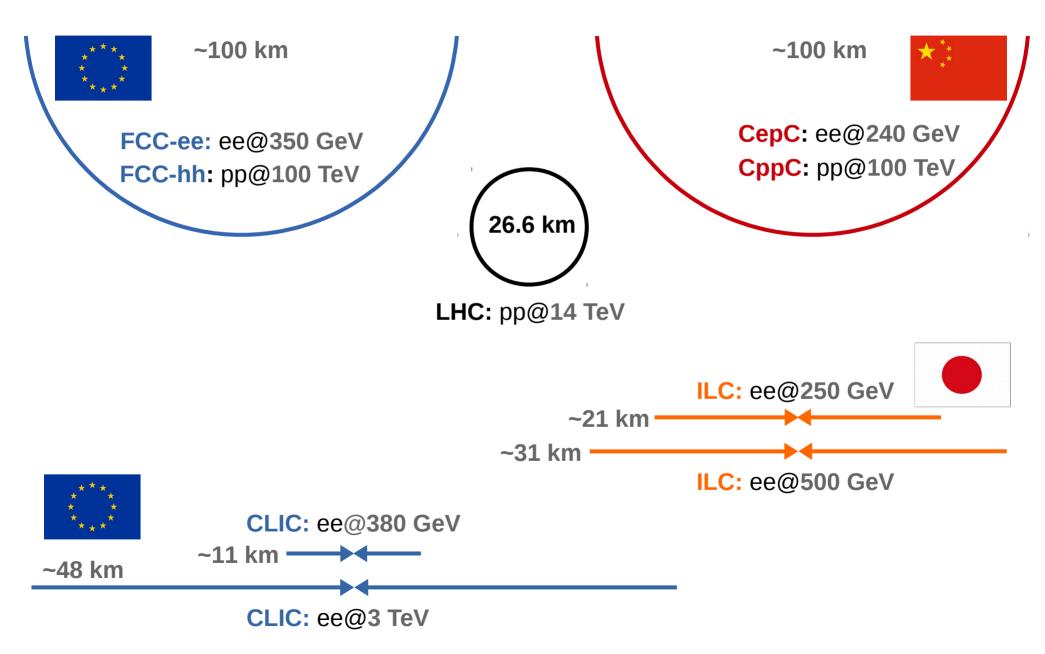
- Maggiore flessibilità
 - es: ASIC → FPGA
- Aumento banda
 - x10 @L1 e @HLT







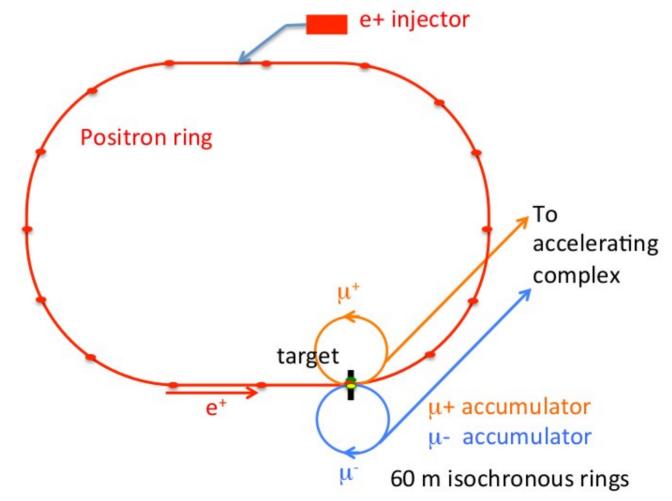
Future colliders



Muon collider

Tema caldo

- Soluzione base: stochastic cooling
- Nuova proposta (italica): low emittance muon acc.



Nuovi progetti di R&D

- Machine Detector Interface
- Pixel detectors
- RICH e TPC con MPGD
- Ultralight Drift Chamber
- Silicon Microstrip Tracking
- MPGD per Muon systems
- Dual Readout calorimetry
- Muon Collider R&D
- Fisica e simulazione



Higgs boson couplings at Future Collider

Uncertainties	HL-LHC	μ Collider	CLIC 350 ~.5 ab ⁻¹	ILC 250 ~1.1 ab ⁻¹	CEPC 240 ~2 ab ⁻¹	FCC-ee 10 ab ⁻¹ 240 2.6 ab ⁻¹ 350
m _H [MeV]	40?	0.06	40	30	5.5	8
$\Gamma_{\rm H}$ [%]	[indirect]	4.0	5.0	5.4	4.4	1.0
g _{HZZ} [%]	2	-	0.8	0.6	0.40	0.15
g _{HWW} [%]	2	2.2	1.8	2.3	1.9	0.2
g _{Hbb} [%]	4	2.3	2.0	2.5	2.1	0.4
g _{Ηττ} [%]	4	5	3.7	2.7	2.3	0.5
g _{Hcc} [%]	-	-	3.2	3.2	2.7	0.7
g _{Ηγγ} [%]	2	10	-	8.2	7.4	1.5
g _{Hgg} [%]	3	-	3.6	3	2.4	0.8
g _{Htt} [%]	5	-	-	-	-	-
g _{Ημμ} [%]	5	2.1	-	-	14	6.2
g _{ннн} [%]	30 →	-	-	-	-	-

What's very next?

Due possibilità dopo LHC (300fb⁻¹):

- 1. LHC porterà alla scoperta di nuova fisica oltre il MS ad una scala O(1 TeV)
- 2. La nuova fisica non è (ancora) accessibile
- Se trovassimo evidenze di nuova fisica ad LHC → completo redesign delle priorità in fisica delle alte energie
- Andrebbe capito che tipo di nuovo fenomeno abbiamo di fronte e, una più alta statistica da LHC/HL-LHC sarebbe importante per studiare le proprietà associate al fenomeno
- Tutto ciò che troviamo o non troviamo a LHC/HL-LHC costituirà un input essenziale per i futuri esperimenti a collider
 - ► APPUNTAMENTO ALLO
 EUROPEAN STRATEGY
 SYMPOSIUM DEL
 2018/2019

