

Esperimenti al collisionatore
adronico LHC:
oltre il bosone di Higgs alla
ricerca di nuova fisica
con ATLAS e CMS

Lorenzo Bianchini, Paolo Francavilla
INFN Sezione di Pisa

Pisa, 8 novembre 2017

Un secolo di ricerca

Negli ultimi cento anni, **esperimento** e **teoria** sono progrediti di pari passo verso una comprensione profonda delle **interazioni fondamentali**

Un secolo di ricerca

Negli ultimi cento anni, **esperimento** e **teoria** sono progrediti di pari passo verso una comprensione profonda delle **interazioni fondamentali**



Materia

e (1887),

μ (1937),

ν_e (1956),

c (1974),

...,

ν_τ (2000)

Un secolo di ricerca

Negli ultimi cento anni, **esperimento** e **teoria** sono progrediti di pari passo verso una comprensione profonda delle **interazioni fondamentali**



Materia

e (1887),
 μ (1937),
 ν_e (1956),
 c (1974),
...,
 ν_τ (2000)



Forze

γ (1905),
gluone (1978),
 W^\pm/Z^0 (1984),

Un secolo di ricerca

Negli ultimi cento anni, **esperimento** e **teoria** sono progrediti di pari passo verso una comprensione profonda delle **interazioni fondamentali**



Materia

e (1887),
 μ (1937),
 ν_e (1956),
 c (1974),

...

ν_τ (2000)



Mecc. Quant. (1901)

Relatività (1905)

Simmetrie ('60)



Forze

γ (1905),
gluone (1978)
 W^\pm/Z^0 (1984),

Un secolo di ricerca

Negli ultimi cento anni, **esperimento** e **teoria** sono progrediti di pari passo verso una comprensione profonda delle **interazioni fondamentali**

Un'unica teoria?



Materia

e (1887),
 μ (1937),
 ν_e (1956),
 c (1974),

...

ν_τ (2000)



Mecc. Quant. (1901)

Relatività (1905)

Simmetrie ('60)



Forze

γ (1905),
gluone (1978)
 W^\pm/Z^0 (1984),

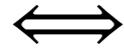
Una teoria unificata

A partire dagli anni '60, si formalizza un **modello** per unificare le tre forze, spiegando al contempo la loro **grande differenza**:

Una teoria unificata

A partire dagli anni '60, si formalizza un **modello** per unificare le tre forze, spiegando al contempo la loro **grande differenza**:

Interazioni deboli: a corto raggio!

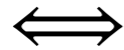


W^\pm e Z^0 hanno massa

Una teoria unificata

A partire dagli anni '60, si formalizza un **modello** per unificare le tre forze, spiegando al contempo la loro **grande differenza**:

Interazioni deboli: a corto raggio!



W^\pm e Z^0 hanno massa

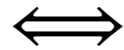


Possibile postulando
l'esistenza di una nuova
particella: il **bosone di Higgs**.

Una teoria unificata

A partire dagli anni '60, si formalizza un **modello** per unificare le tre forze, spiegando al contempo la loro **grande differenza**:

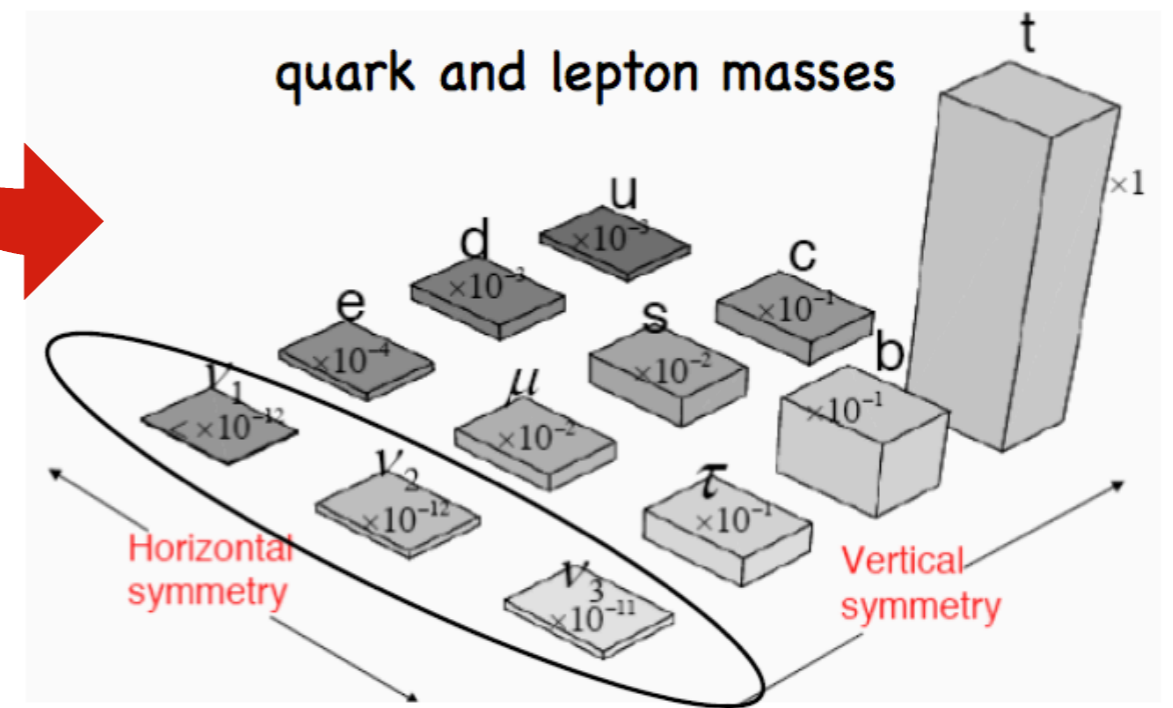
Interazioni deboli: a corto raggio!



W^\pm e Z^0 hanno massa

Possibile postulando l'esistenza di una nuova particella: il **bosone di Higgs**.

Si riesce a spiegare anche la **massa** delle particelle di **materia**!

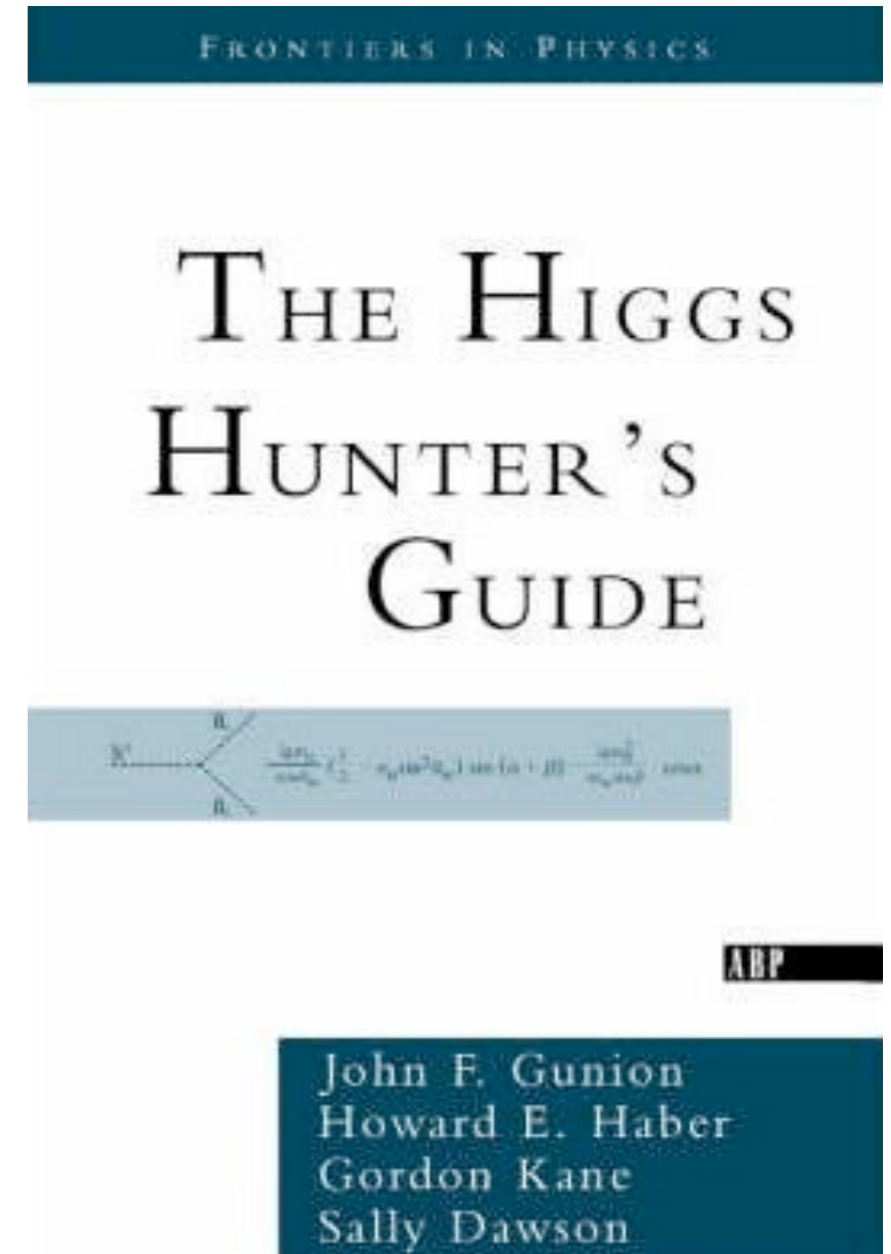


Higgs Hunting

Ma... il modello non può predire la **massa** del bosone di Higgs, che resta da determinare sperimentalmente!

Per **trent'anni**, generazioni di esperimenti hanno ricercato questa **ipotetica** particella.

Nel 1994 il CERN approva la costruzione di un nuovo acceleratore (**LHC**) che avrebbe dovuto mettere fine alla questione sull'esistenza del bosone...



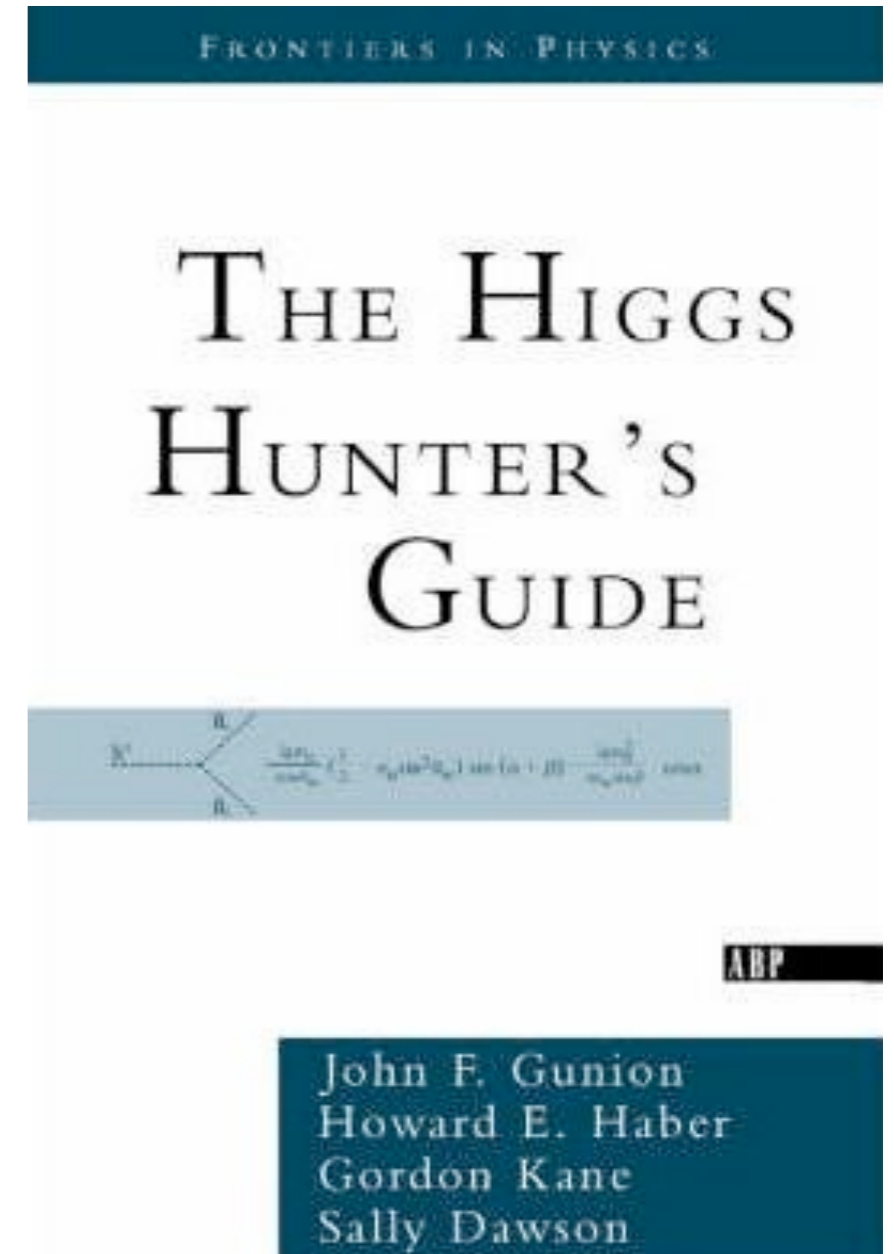
Higgs Hunting

Ma... il modello non può predire la **massa** del bosone di Higgs, che resta da determinare sperimentalmente!

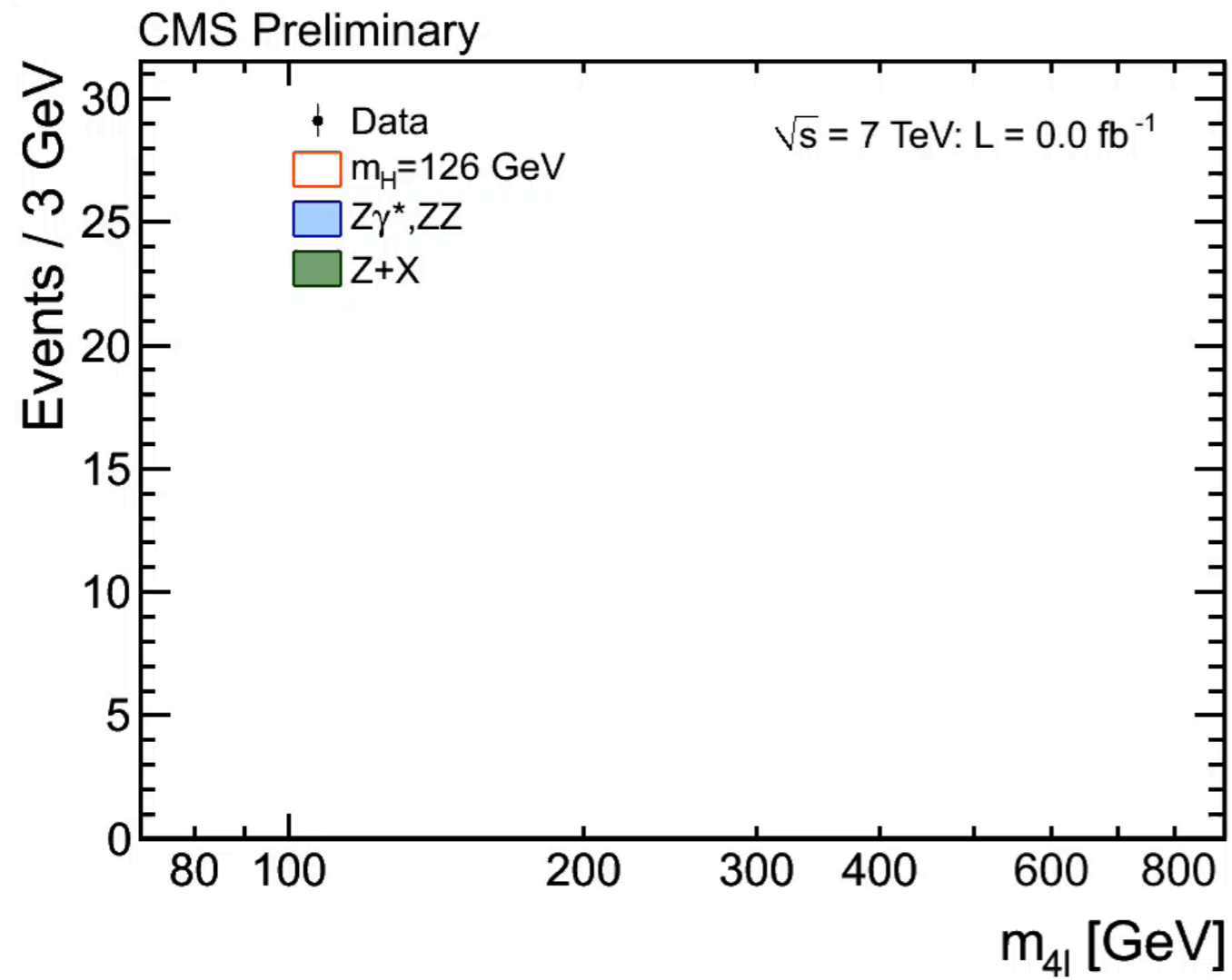
Per **trent'anni**, generazioni di esperimenti hanno ricercato questa **ipotetica** particella.

Nel 1994 il CERN approva la costruzione di un nuovo acceleratore (**LHC**) che avrebbe dovuto mettere fine alla questione sull'esistenza del bosone...

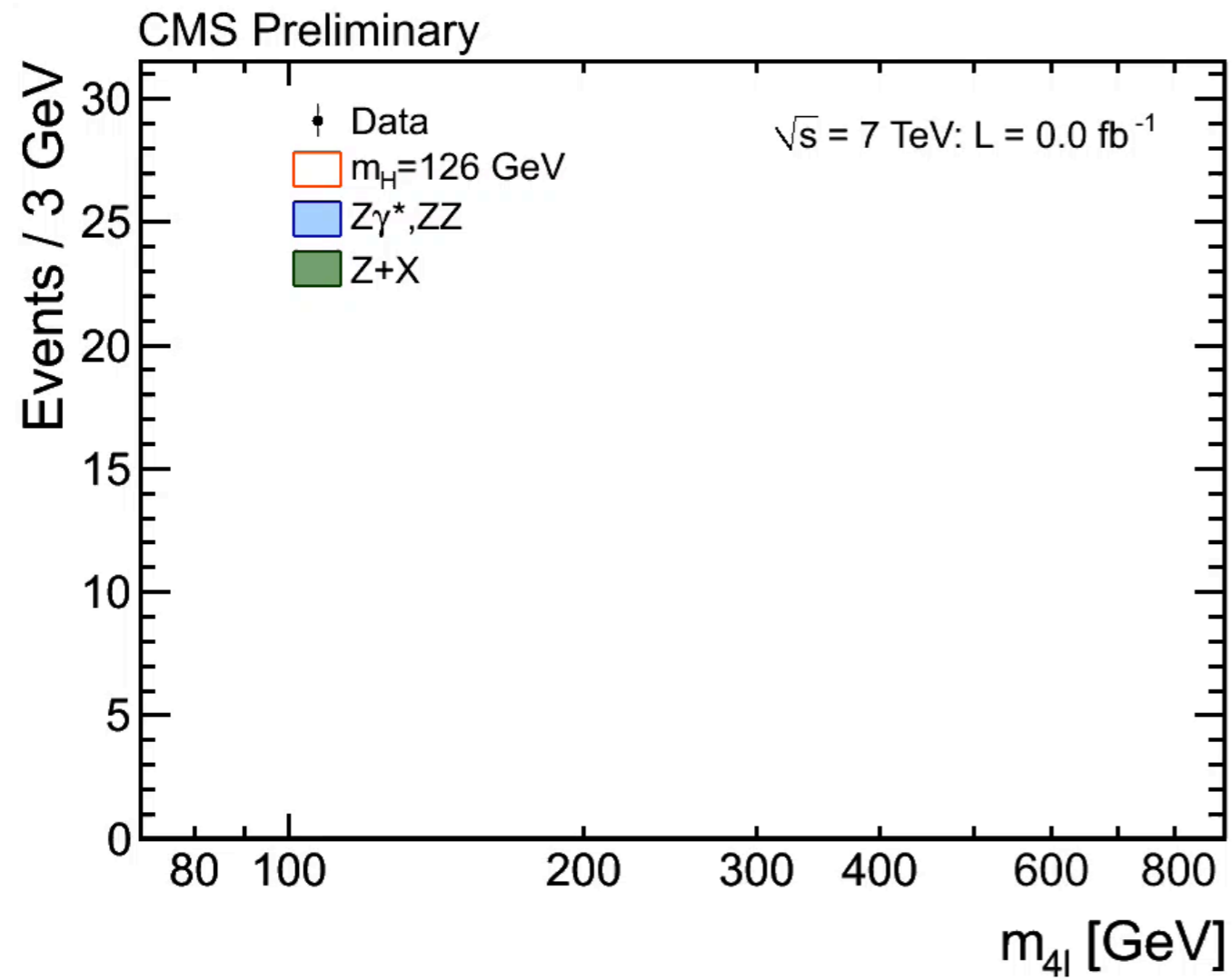
Dopo quasi vent'anni da allora...



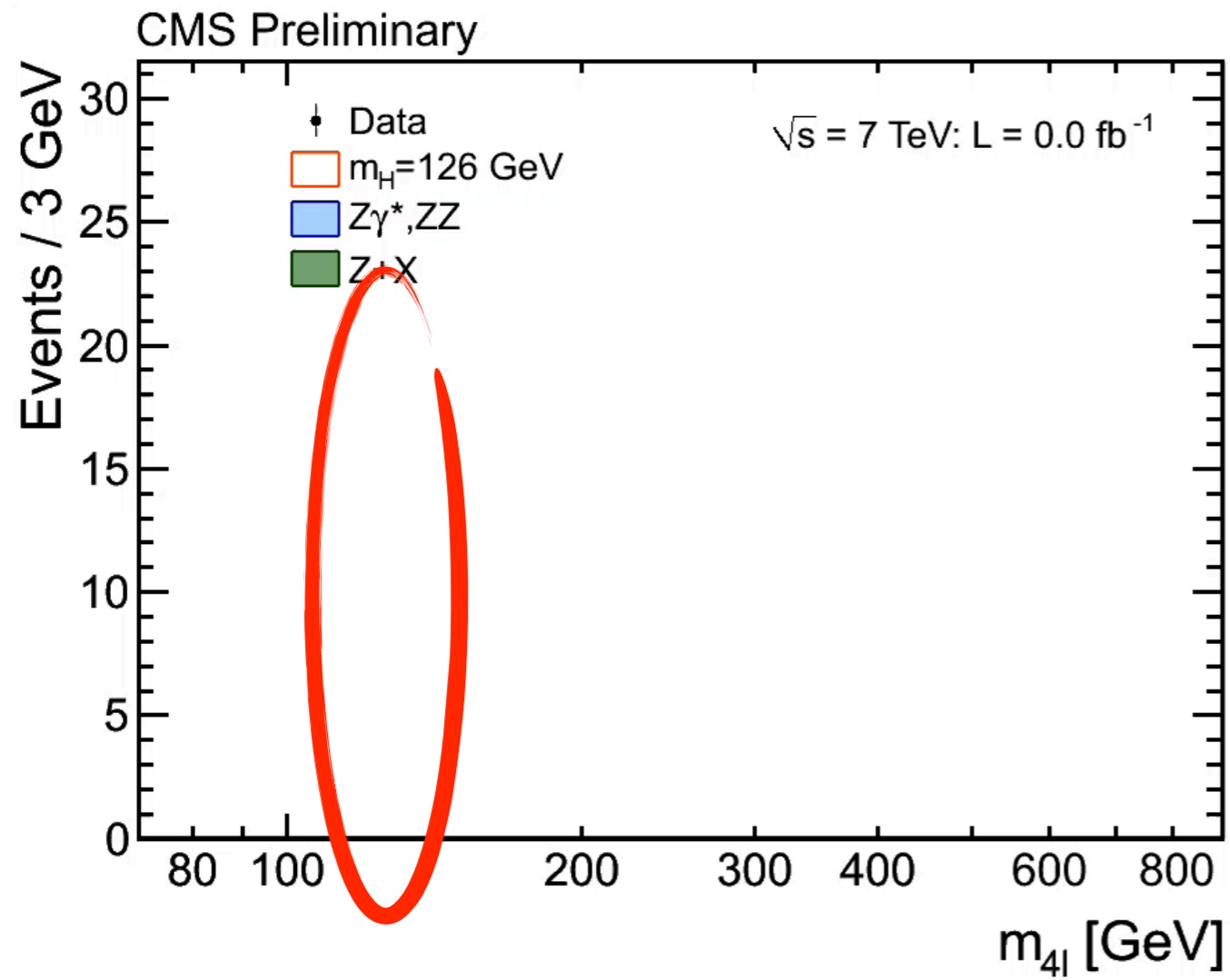
Una caccia durata 40 anni finisce



Una caccia durata 40 anni finisce



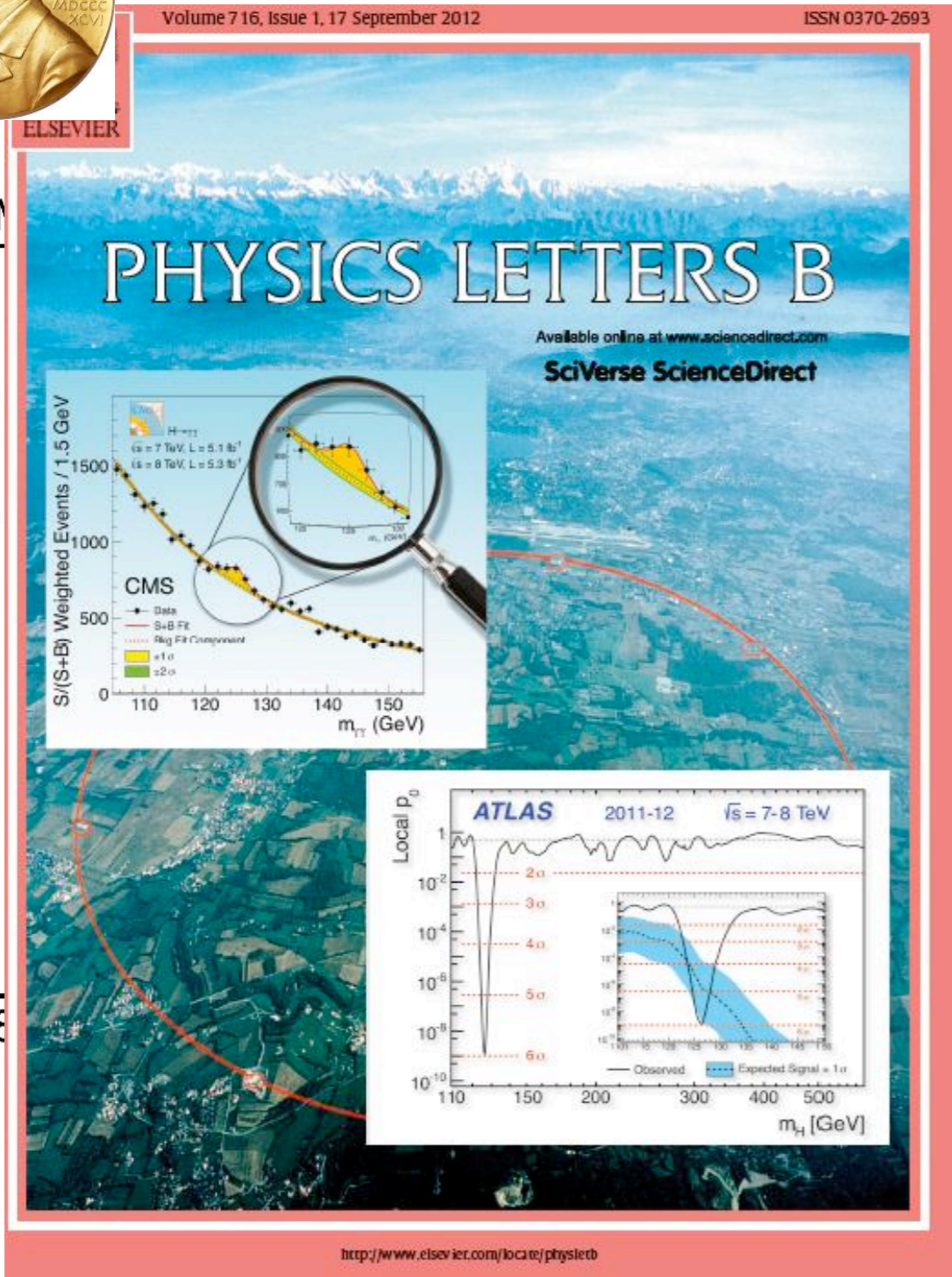
Una caccia durata 40 anni finisce



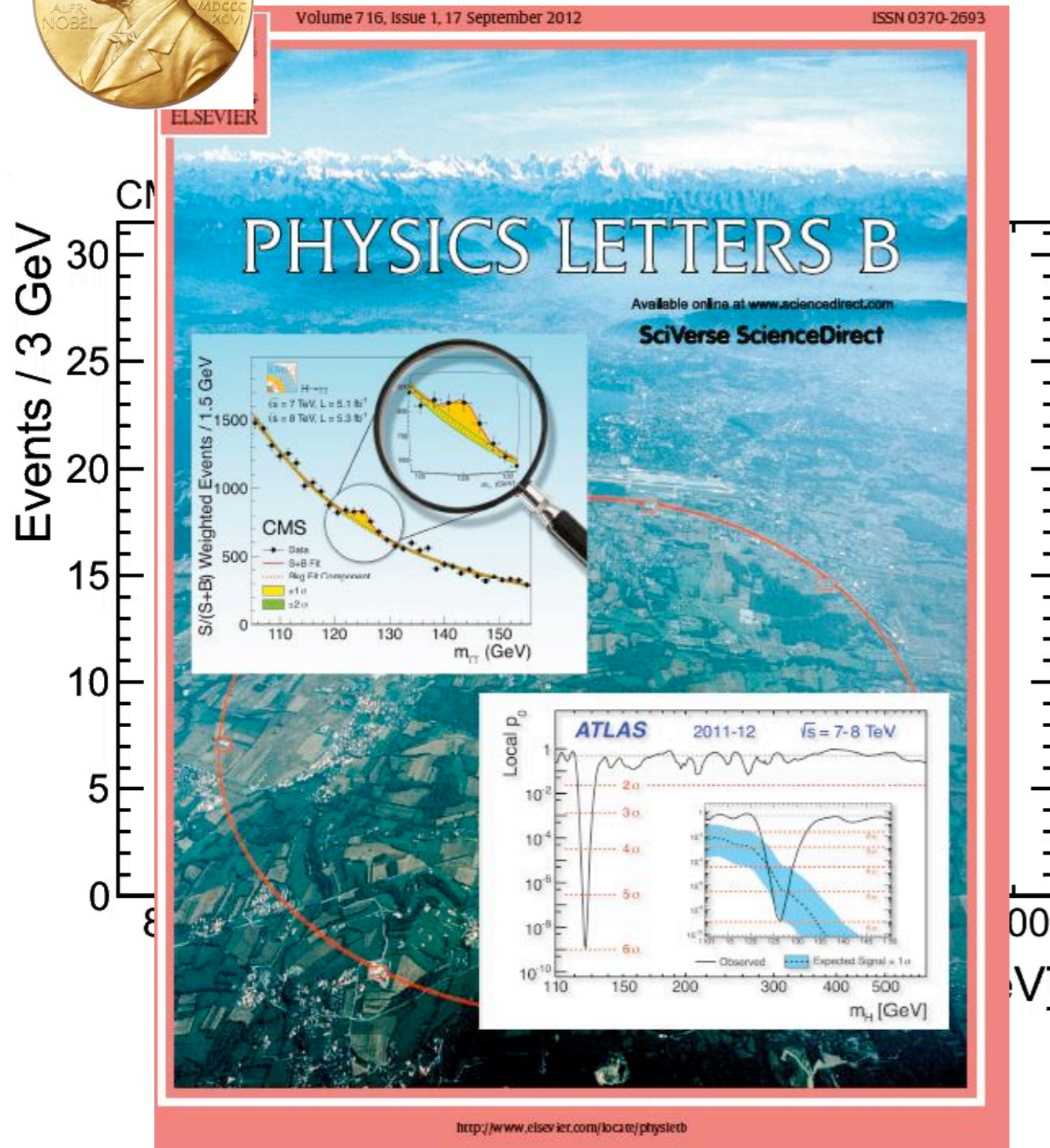
Una caccia durata 40 anni finisce



Events / 3 GeV



Una caccia duratura 40 anni finisce



The Review of Particle Physics (2017)

H^0

$J = 0$

Mass $m = 125.09 \pm 0.24$ GeV

Ricorda:

$m_{\text{elettrone}} \approx 0.5$ MeV

$m_{\text{protone}} \approx 1$ GeV

$m_{\text{iodio}} \approx 128$ GeV

Domande

Un modello che diventa 'la teoria'?

Domande

Un modello che diventa 'la teoria'?

Sì..

Teoria: consistente e predittiva

Esperimento: verificato su scale 10 eV ÷ 100 GeV

Domande

Un modello che diventa ‘la teoria’?

Sì..

Teoria: consistente e predittiva

Esperimento: verificato su scale 10 eV ÷ 100 GeV

Una teoria “soddisfacente”?

Domande

Un modello che diventa ‘la teoria’?

Sì..

Teoria: consistente e predittiva

Esperimento: verificato su scale 10 eV ÷ 100 GeV

Una teoria “soddisfacente”?

No..

Esperimento: gravità, materia/energia oscura, massa V...

Teoria: arbitrarietà, **naturalizza**

Un problema quantistico

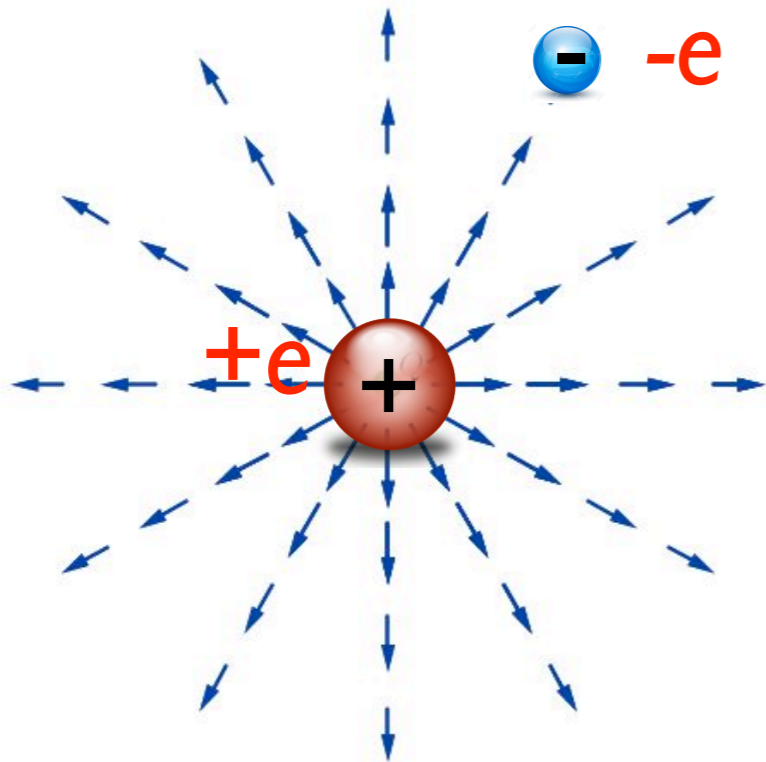
Facciamo un passo indietro.

Le interazioni fondamentali sono associate - a livello **quantistico** - allo scambio di particelle **virtuali**. Ad esempio:

Un problema quantistico

Facciamo un passo indietro.

Le interazioni fondamentali sono associate - a livello **quantistico** - allo scambio di particelle **virtuali**. Ad esempio:

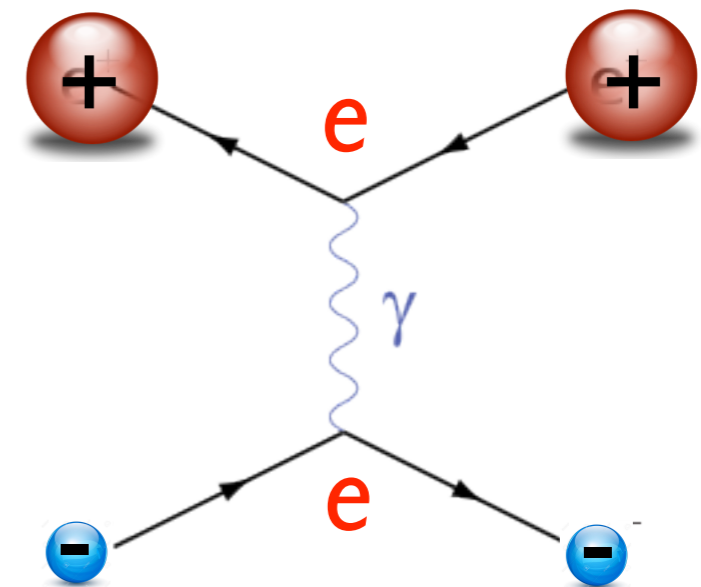
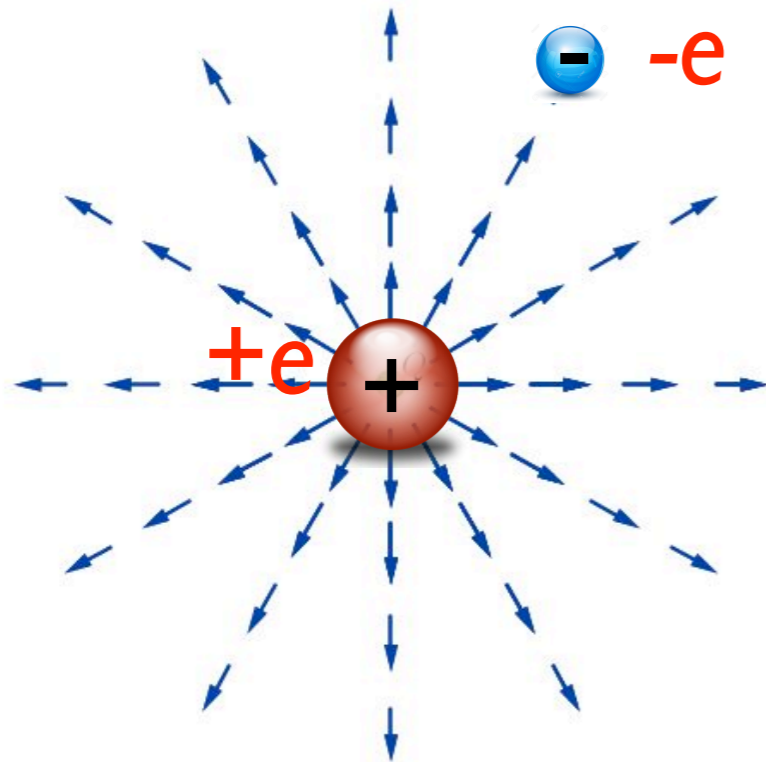


$$V(r) = -\frac{1}{4\pi} \frac{e^2}{r}$$

Un problema quantistico

Facciamo un passo indietro.

Le interazioni fondamentali sono associate - a livello **quantistico** - allo scambio di particelle **virtuali**. Ad esempio:



(Diagramma di Feynman)

$$V(r) = -\frac{1}{4\pi} \frac{e^2}{r}$$



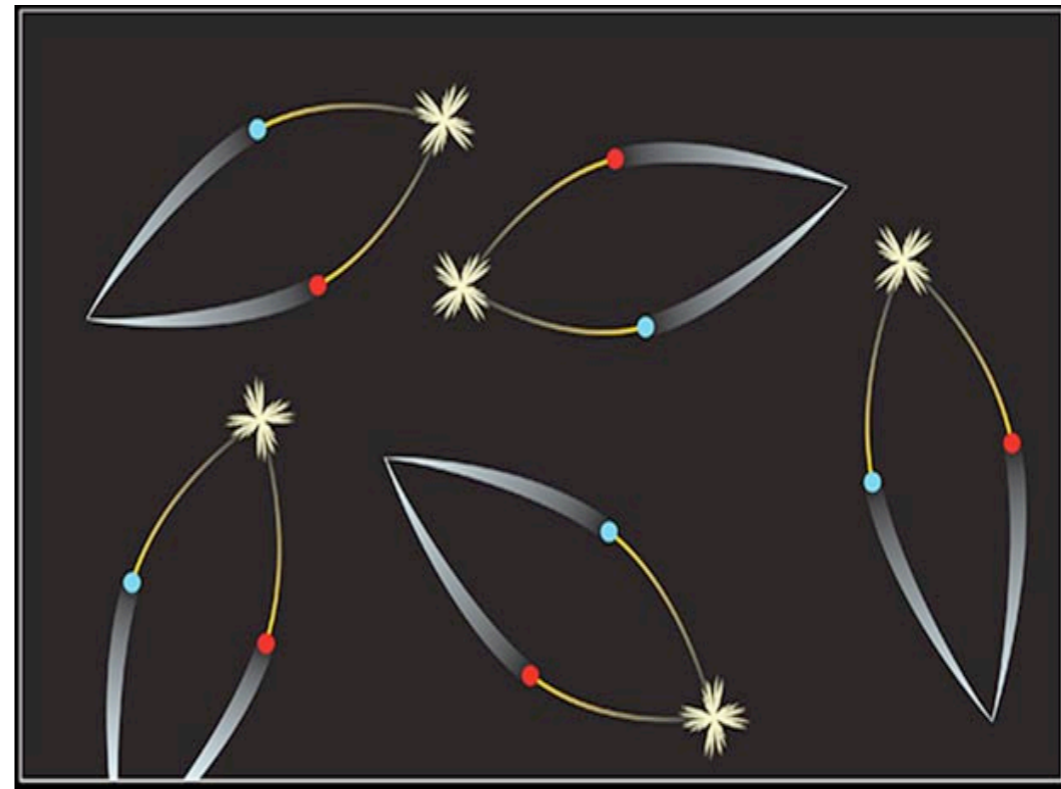
Scambio di un fotone
“virtuale”

Interazioni del bosone di Higgs

Il bosone di Higgs **interagisce** con tutte le particelle, incluse le particelle **virtuali** del vuoto...

Ricorda:

il **vuoto quantistico** é abitato da copie **virtuali** di **TUTTE** le particelle esistenti



Interazioni del bosone di Higgs

Il bosone di Higgs **interagisce** con tutte le particelle, incluse le particelle **virtuali** del vuoto...

Ricorda:

il **vuoto quantistico** è abitato da copie **virtuali** di **TUTTE** le particelle esistenti

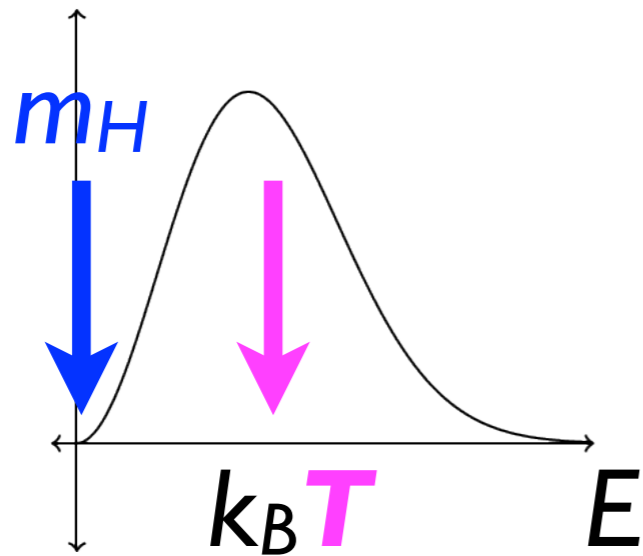
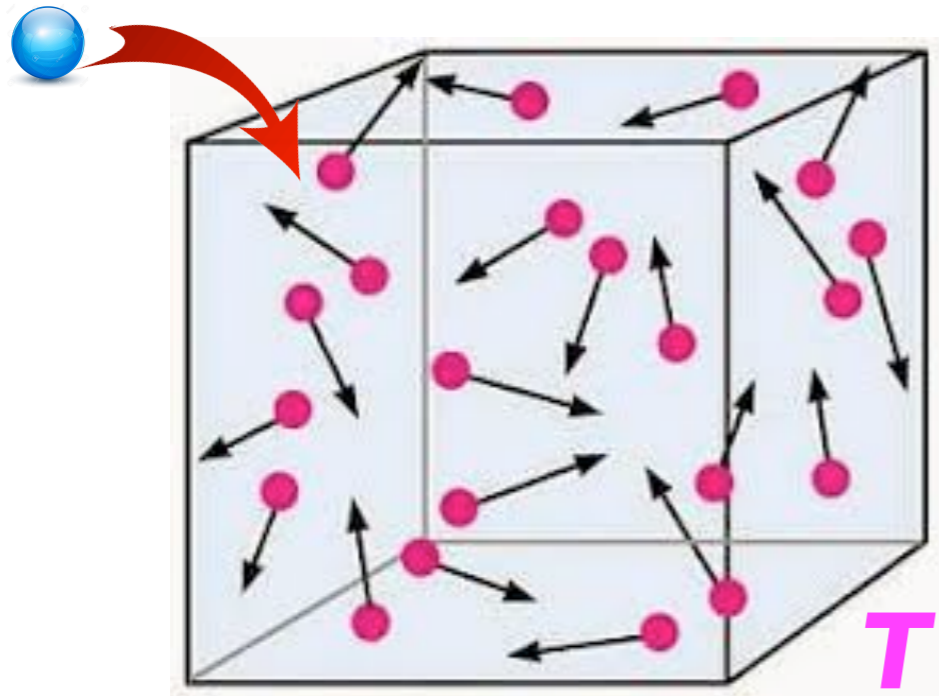


La **massa** del bosone di Higgs è molto sensibile a queste interazioni: **nuova fisica** che si manifesti ad alta energia può alterare drammaticamente **m_H** !

Un'analogia classica...

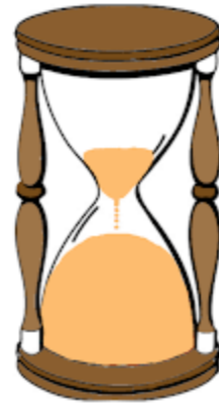
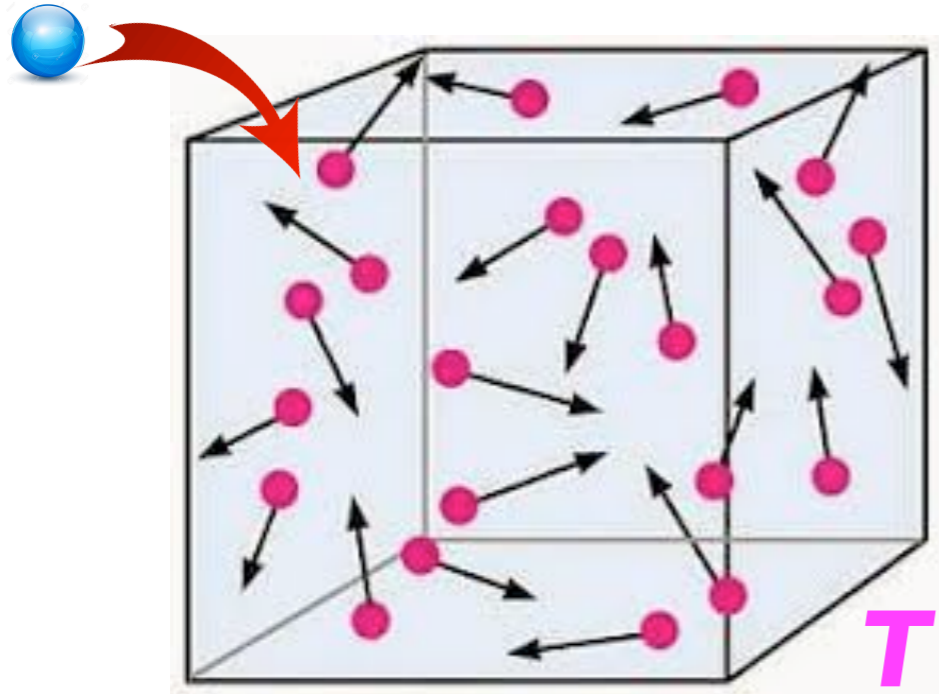
Un'analogia classica

$$m_H = m_0$$

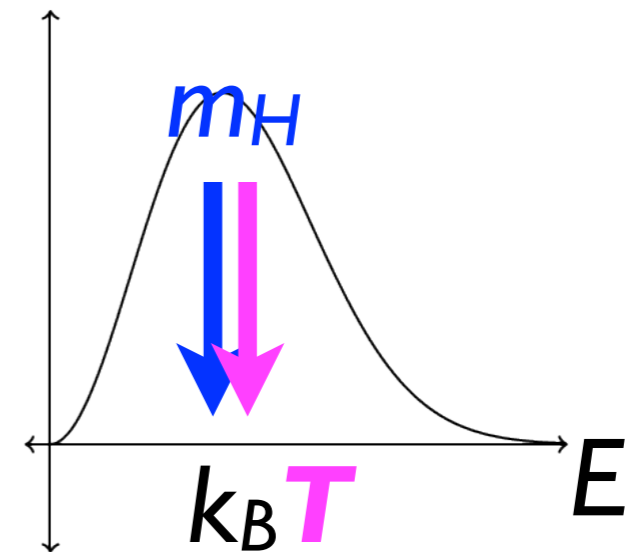
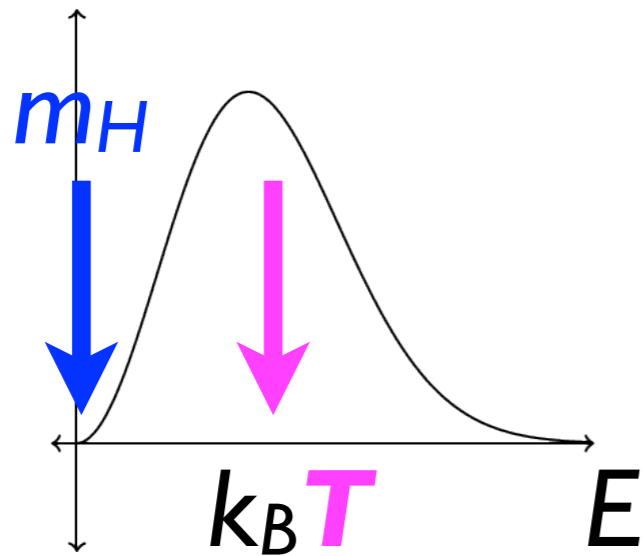
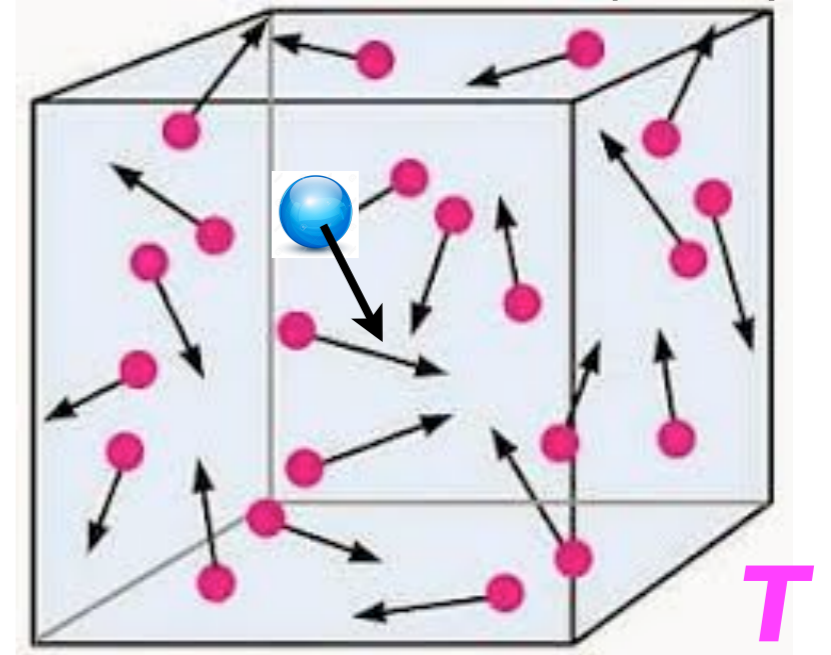


Un'analogia classica

$$m_H = m_0$$

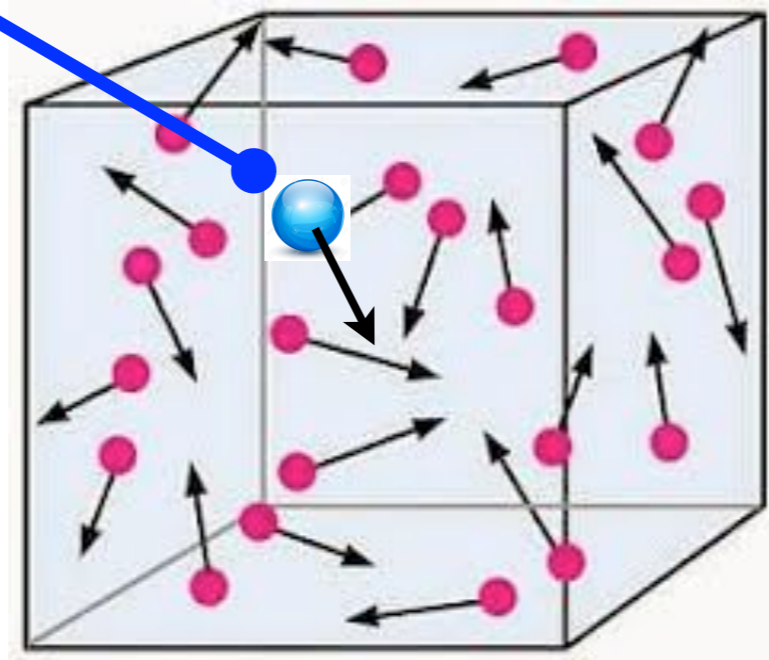


$$m_H = O(k_B T)$$



Un problema di scale

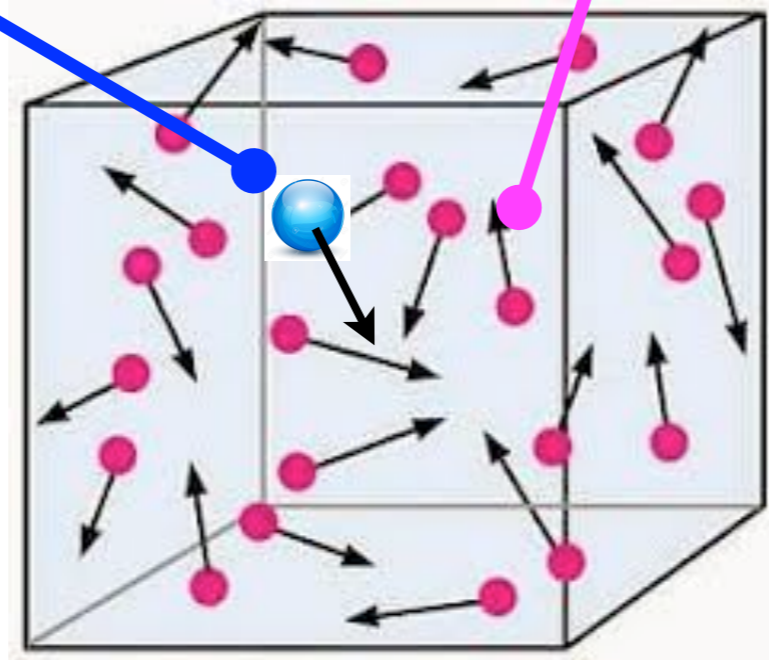
Abbiamo misurato
 $m_H \sim 10^2 \text{ GeV} \dots$



Un problema di scale

Abbiamo misurato
 $m_H \sim 10^2 \text{ GeV} \dots$

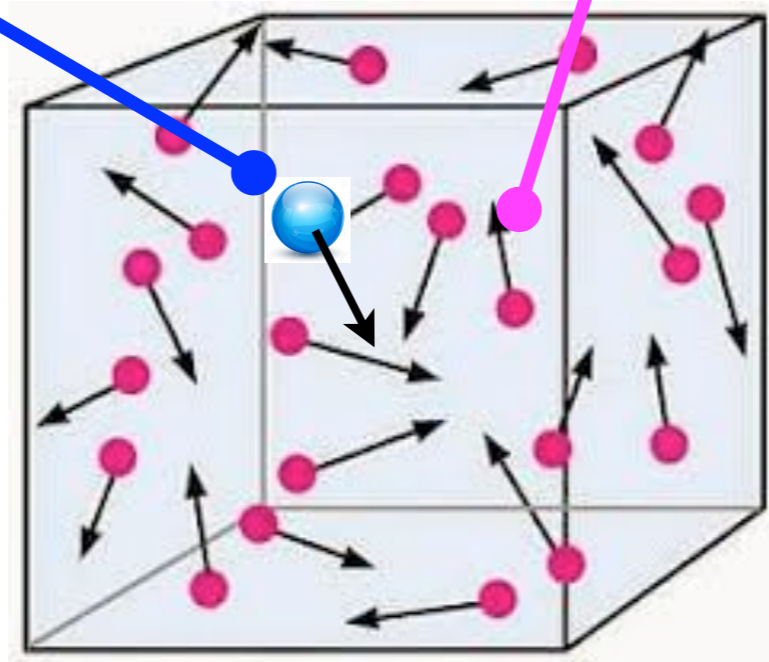
Se esiste la *nuova fisica*, la sua
scala di energia non può essere
troppo più grande di m_H !



Un problema di scale

Abbiamo misurato
 $m_H \sim 10^2 \text{ GeV} \dots$

Se esiste la *nuova fisica*, la sua
scala di energia non può essere
troppo più grande di m_H !

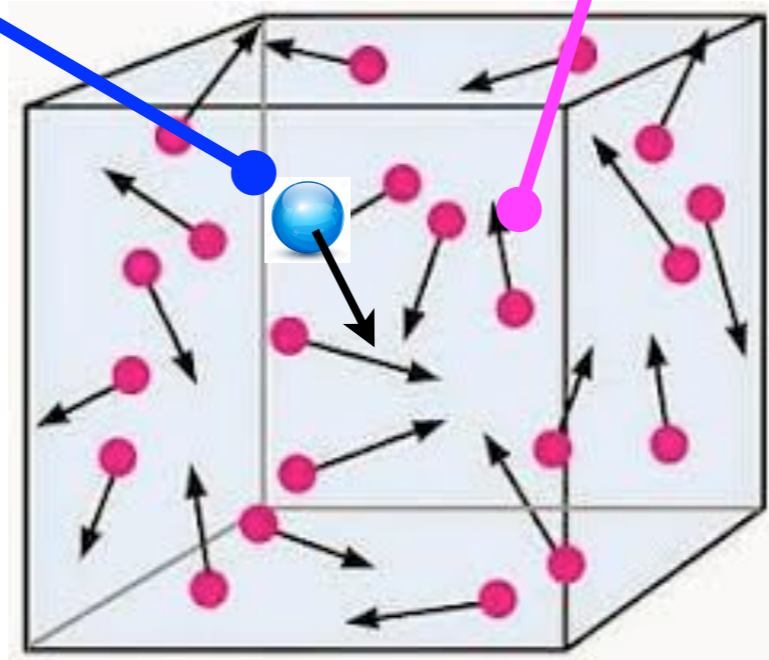


Si può infatti dimostrare quantitativamente che il Tera-elettronvolt (**TeV**) rappresenta la scala **naturale** dove cercare la **nuova fisica**!

Un problema di scale

Abbiamo misurato
 $m_H \sim 10^2 \text{ GeV} \dots$

Se esiste la *nuova fisica*, la sua
scala di energia non può essere
troppo più grande di m_H !



Si può infatti dimostrare quantitativamente che il Tera-elettronvolt
(**TeV**) rappresenta la scala **naturale** dove cercare la **nuova fisica**!

⇒ LHC

Un inciso...

Perché servono i **collisionatori**?

Un inciso...

Perché servono i **collisionatori**?

- Perché le particelle **pesanti** (incluso il bosone di Higgs) non esistono allo stato libero!
- Devono essere prima **prodotte**, e poi **decadere** in particelle più leggere e stabili: ciò che osserviamo sono queste particelle!

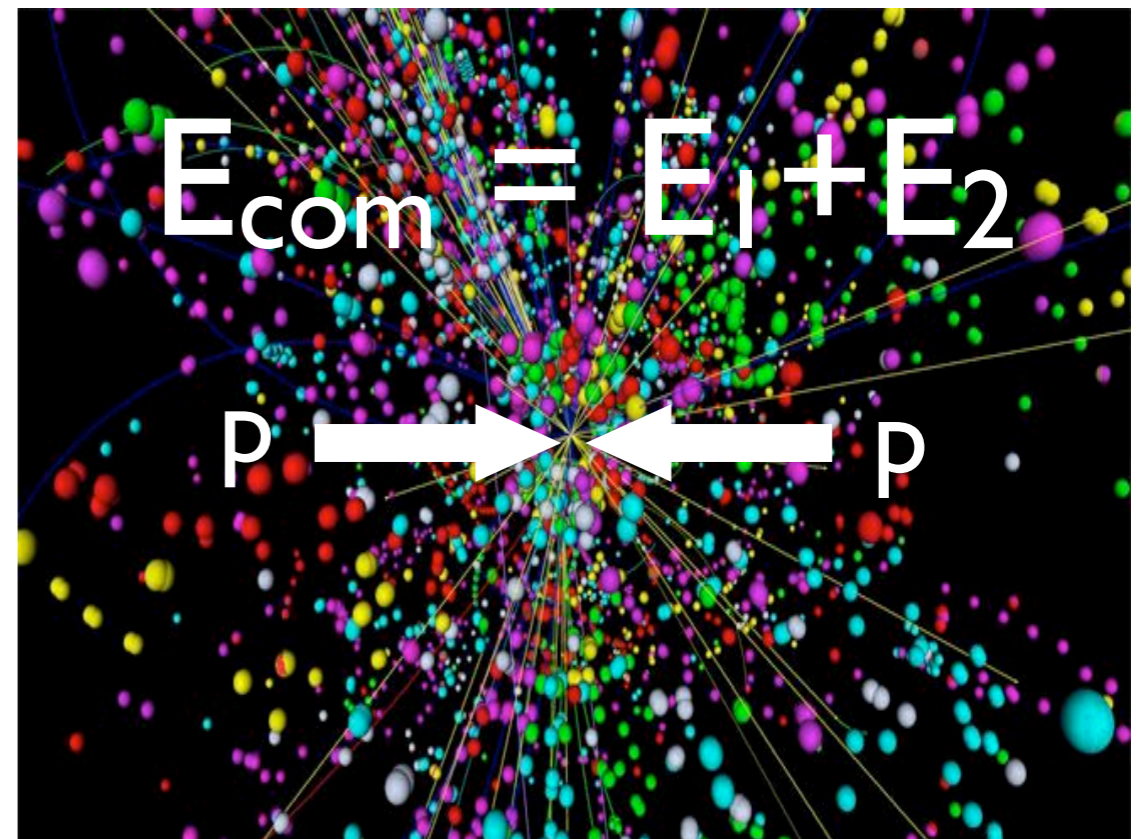
Un inciso...

Perché servono i **collisionatori**?

- Perché le particelle **pesanti** (incluso il bosone di Higgs) non esistono allo stato libero!
- Devono essere prima **prodotte**, e poi **decadere** in particelle più leggere e stabili: ciò che osserviamo sono queste particelle!

Ricorda

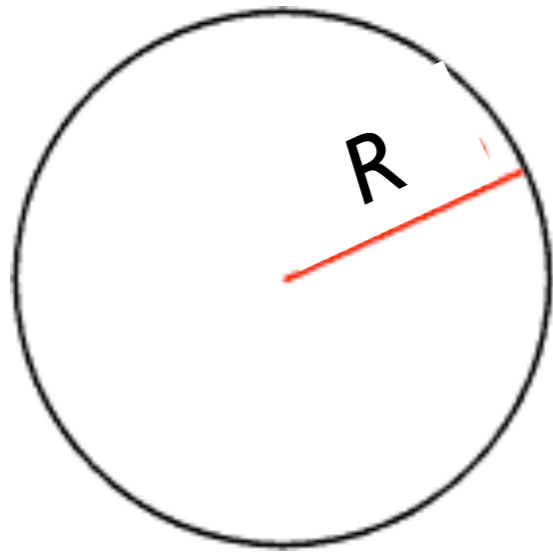
Quando due particelle si scontrano, **nuove particelle** possono essere estratte dal vuoto, purché **energia** e **impulso** totali siano conservati



All'**LHC**: E_{com} fino a **14 TeV**.

Limite dei collisionatori adronici

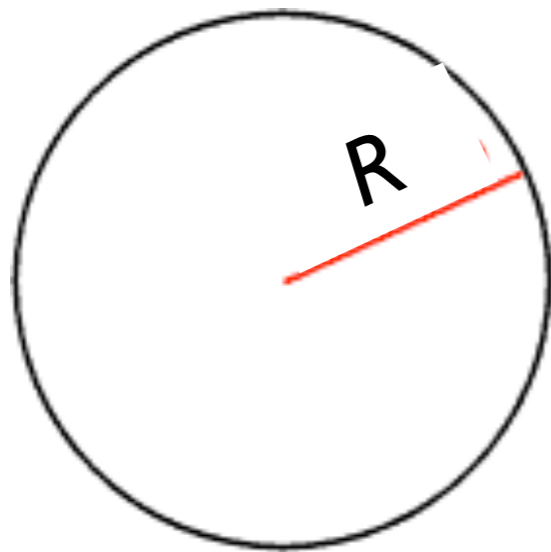
Per produrre le collisioni, i **protoni** sono mantenuti in orbite stazionarie da **campi magnetici**. Dal corso di *Fisica II* sapreste ricavare:



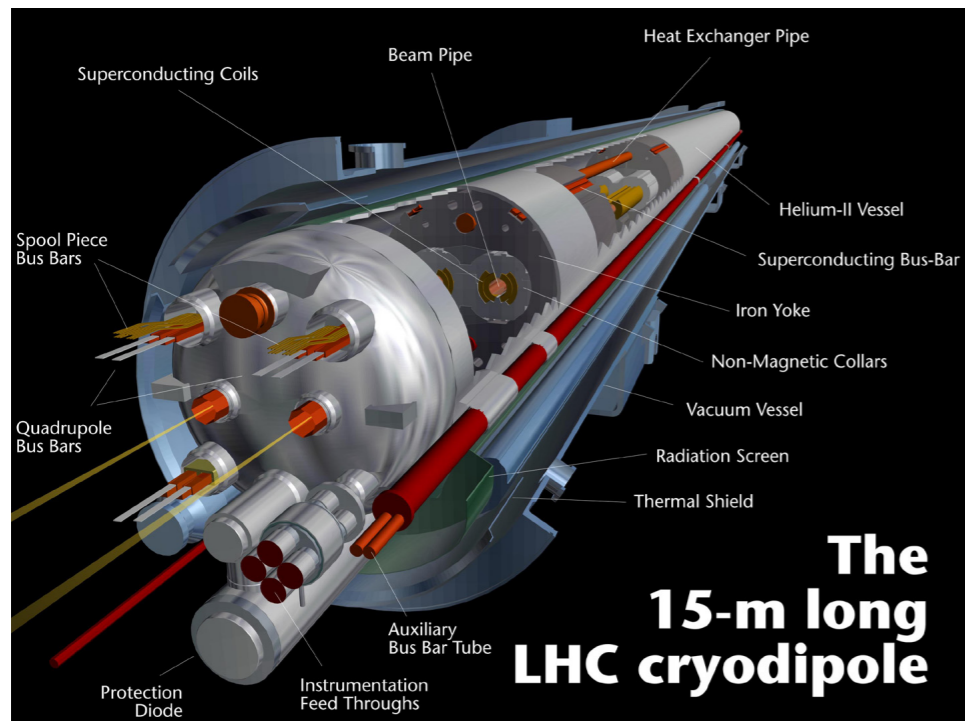
$$R/\text{km} = \frac{E/\text{TeV}}{0.3 (|\mathbf{B}|/\text{Tesla})}$$

Limite dei collisionatori adronici

Per produrre le collisioni, i **protoni** sono mantenuti in orbite stazionarie da **campi magnetici**. Dal corso di *Fisica II* sapreste ricavare:



$$R/\text{km} = \frac{E/\text{TeV}}{0.3 (|\mathbf{B}|/\text{Tesla})}$$



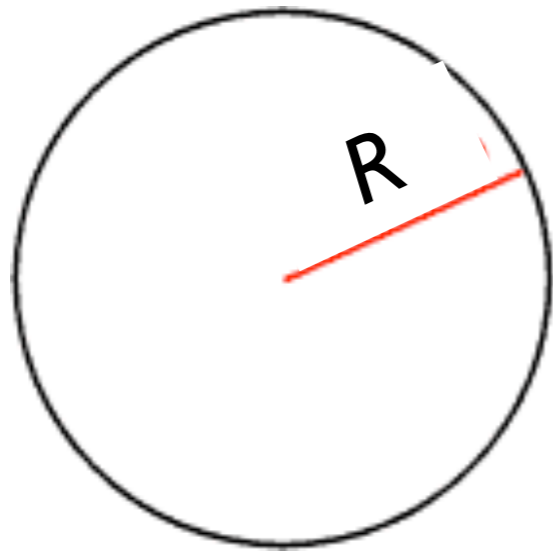
$$|\mathbf{B}| \sim I$$
$$W \sim I^2 R$$



LHC usa magneti **superconduttori** ($R=0$) al limite delle loro capacità ($|\mathbf{B}|=8.3 \text{ T}$)!

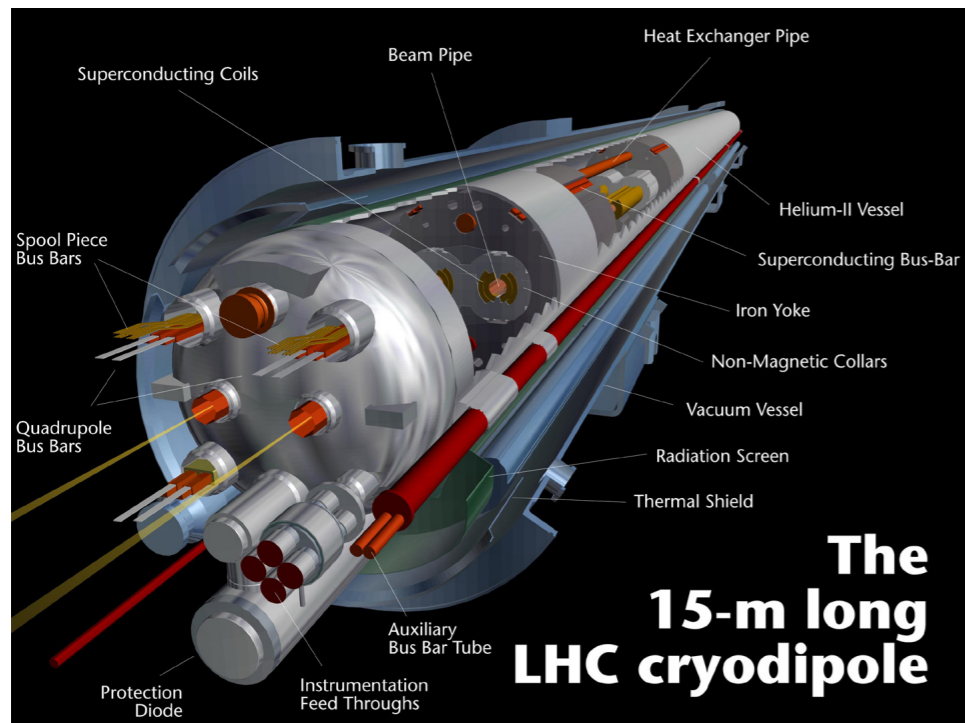
Limite dei collisionatori adronici

Per produrre le collisioni, i **protoni** sono mantenuti in orbite stazionarie da **campi magnetici**. Dal corso di *Fisica II* sapreste ricavare:



$$R/\text{km} = \frac{E/\text{TeV}}{0.3 (|\mathbf{B}|/\text{Tesla})}$$

Il raggio di LHC é comunque di quasi **3 km!**



$$|\mathbf{B}| \sim I$$
$$W \sim I^2 R$$

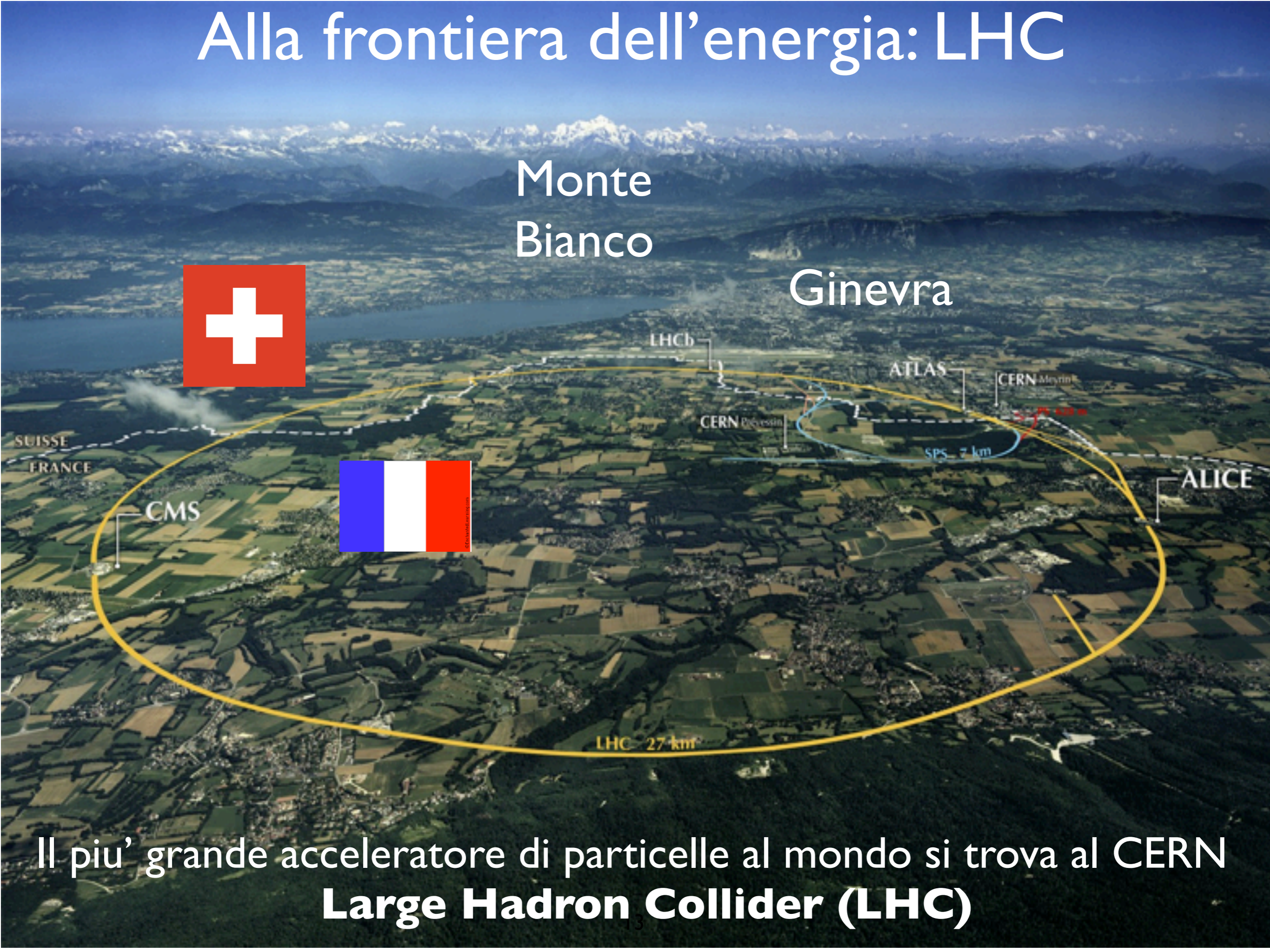


LHC usa magneti **superconduttori** ($R=0$) al limite delle loro capacità ($|\mathbf{B}|=8.3 \text{ T}$)!

Alla frontiera dell'energia: LHC

Monte
Bianco

Ginevra



Il piu' grande acceleratore di particelle al mondo si trova al CERN
Large Hadron Collider (LHC)

Esperimenti a LHC

LHCb

- *fisica del flavour*
- *forward physics*

ATLAS

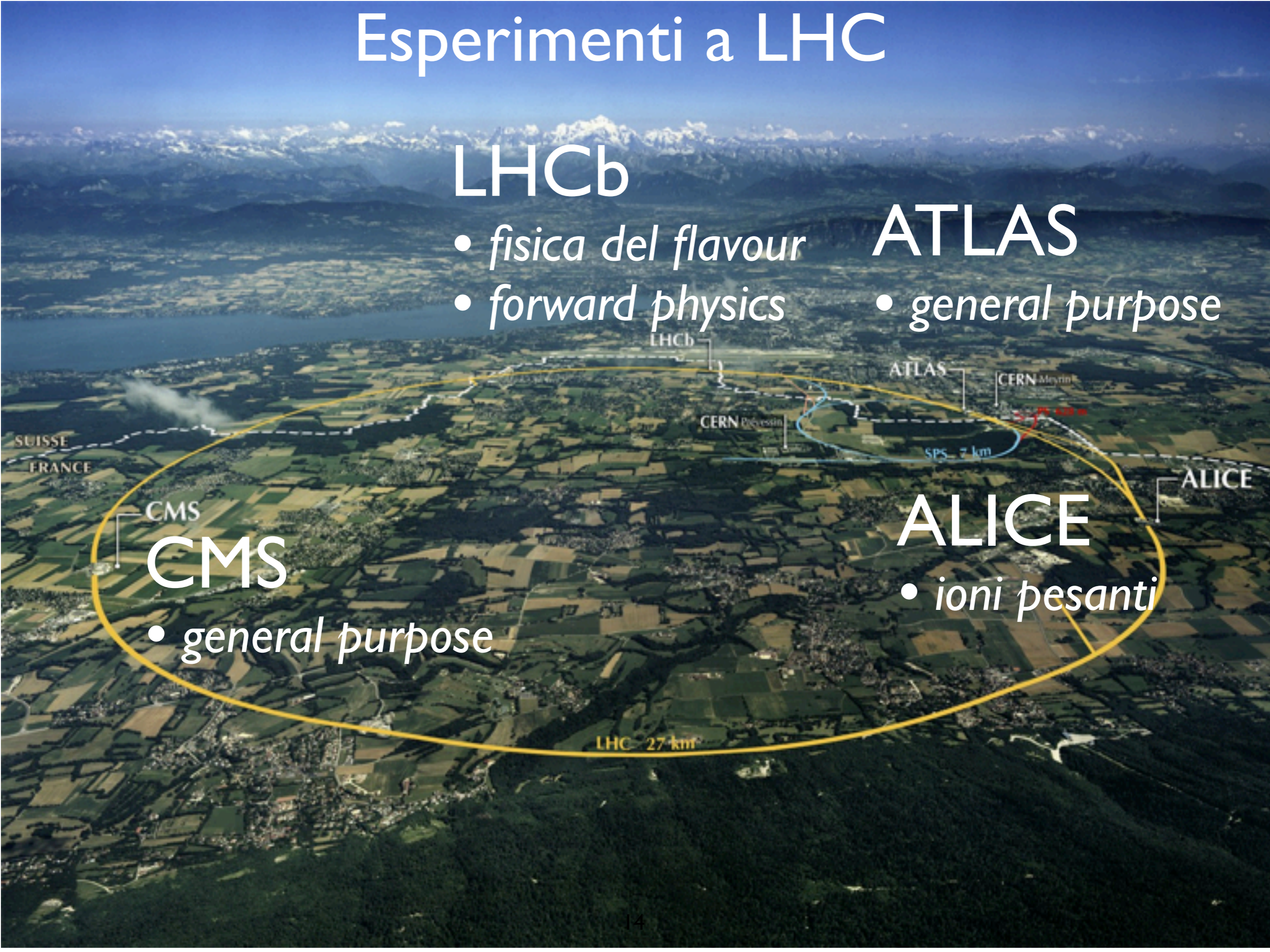
- *general purpose*

ALICE

- *ioni pesanti*

CMS

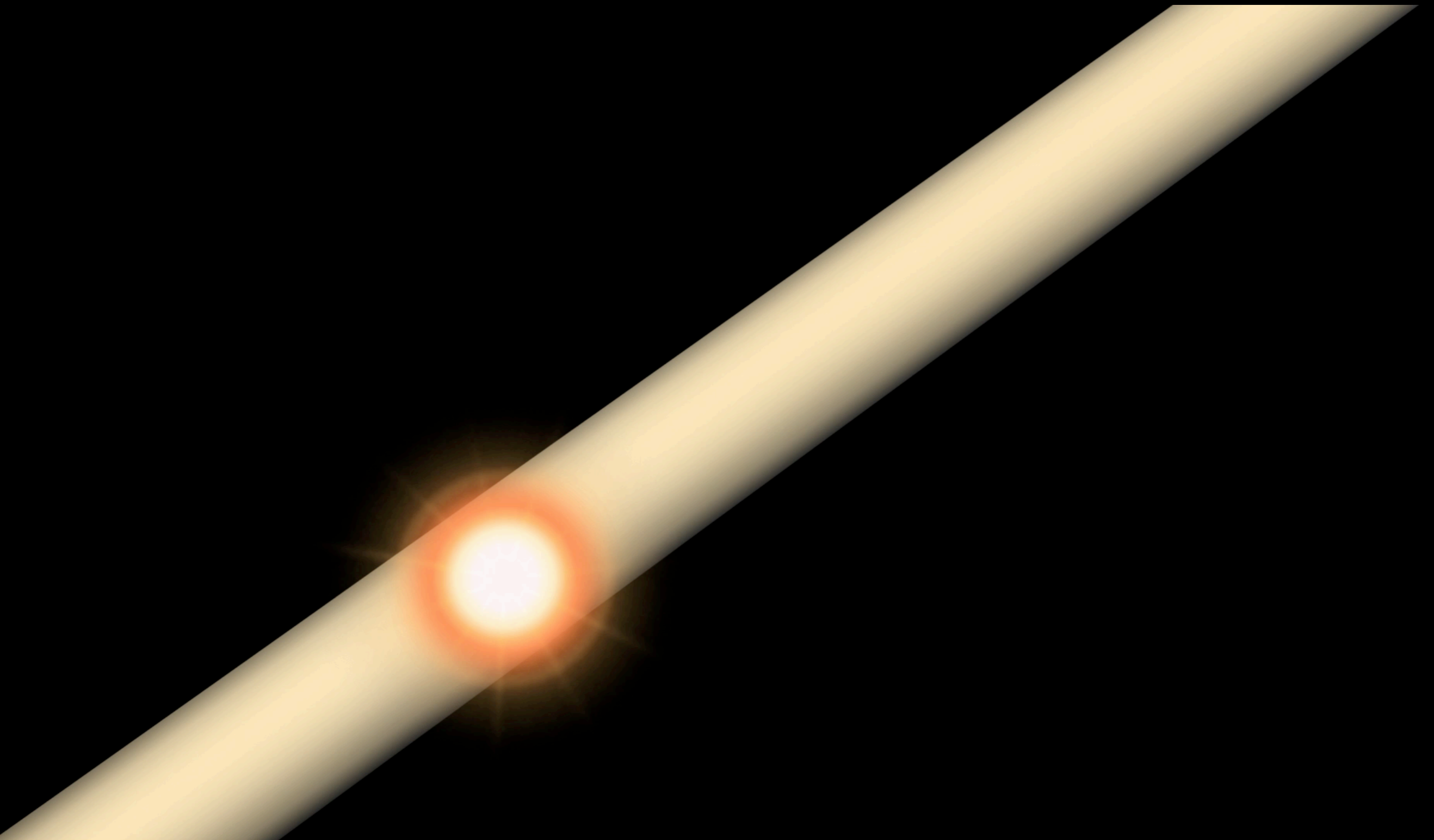
- *general purpose*



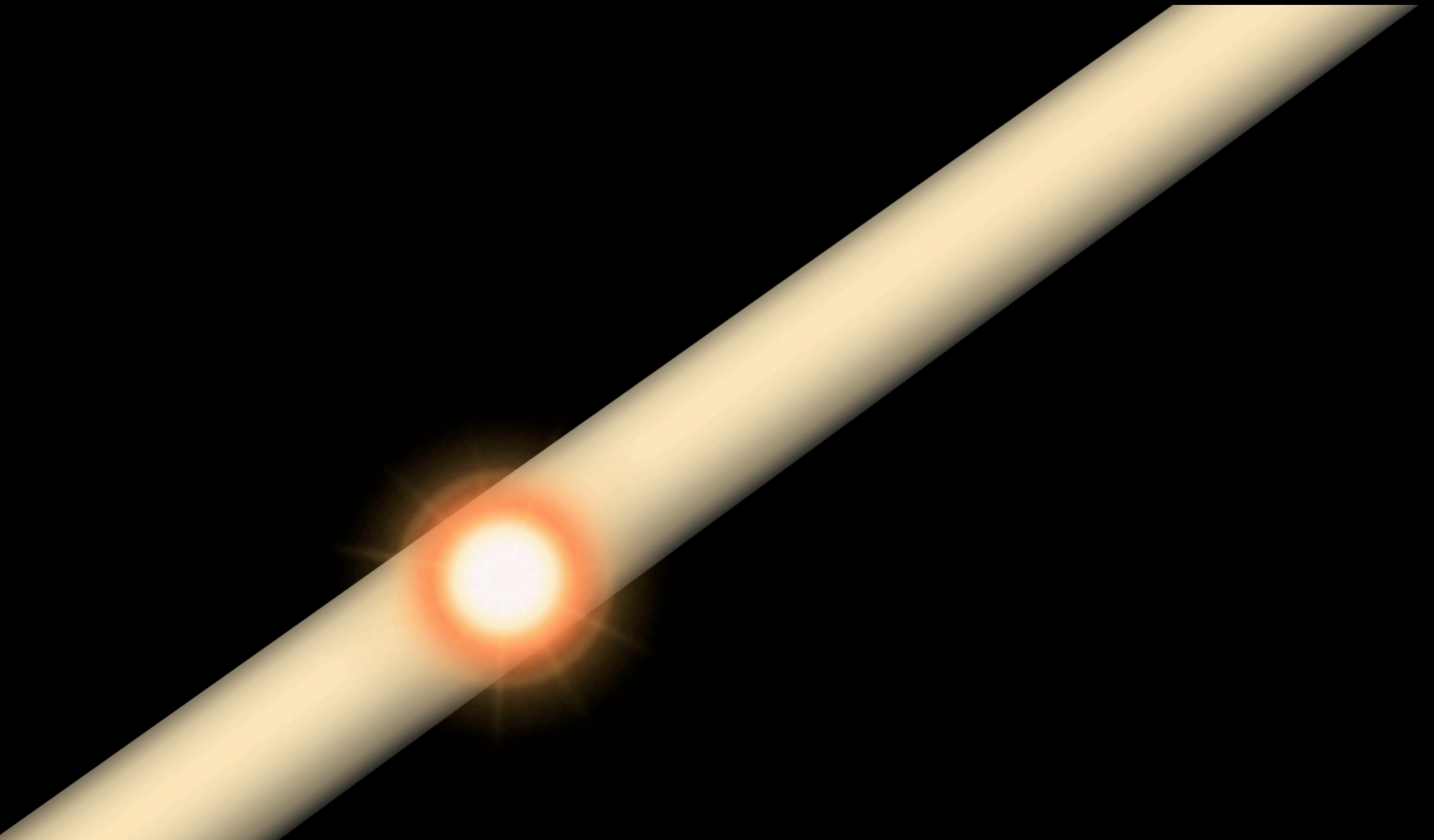
Esperimenti a LHC



Large Hadron Collider

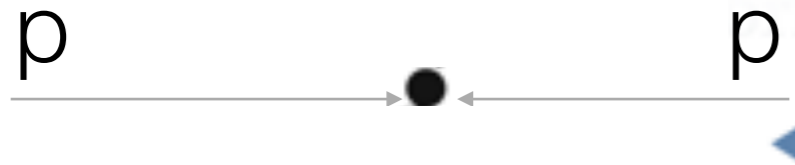


Large Hadron Collider



Cosa vediamo a LHC? Un esempio...

pp →



Il risultato di ogni singola collisione **non** è **deterministico!**

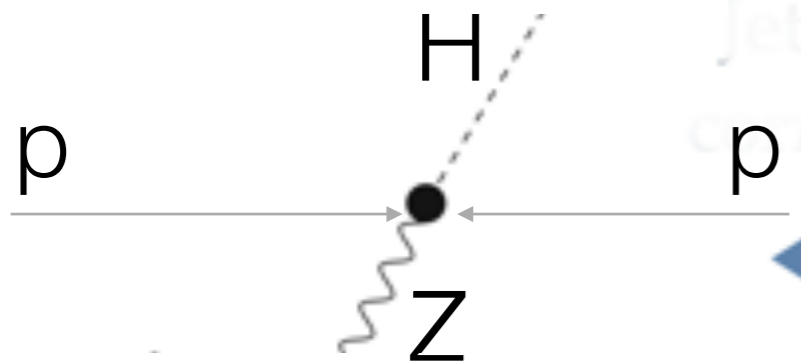
sezione d'urto

=

misura della **probabilità** di
occorrenza.

Cosa vediamo a LHC? Un esempio...

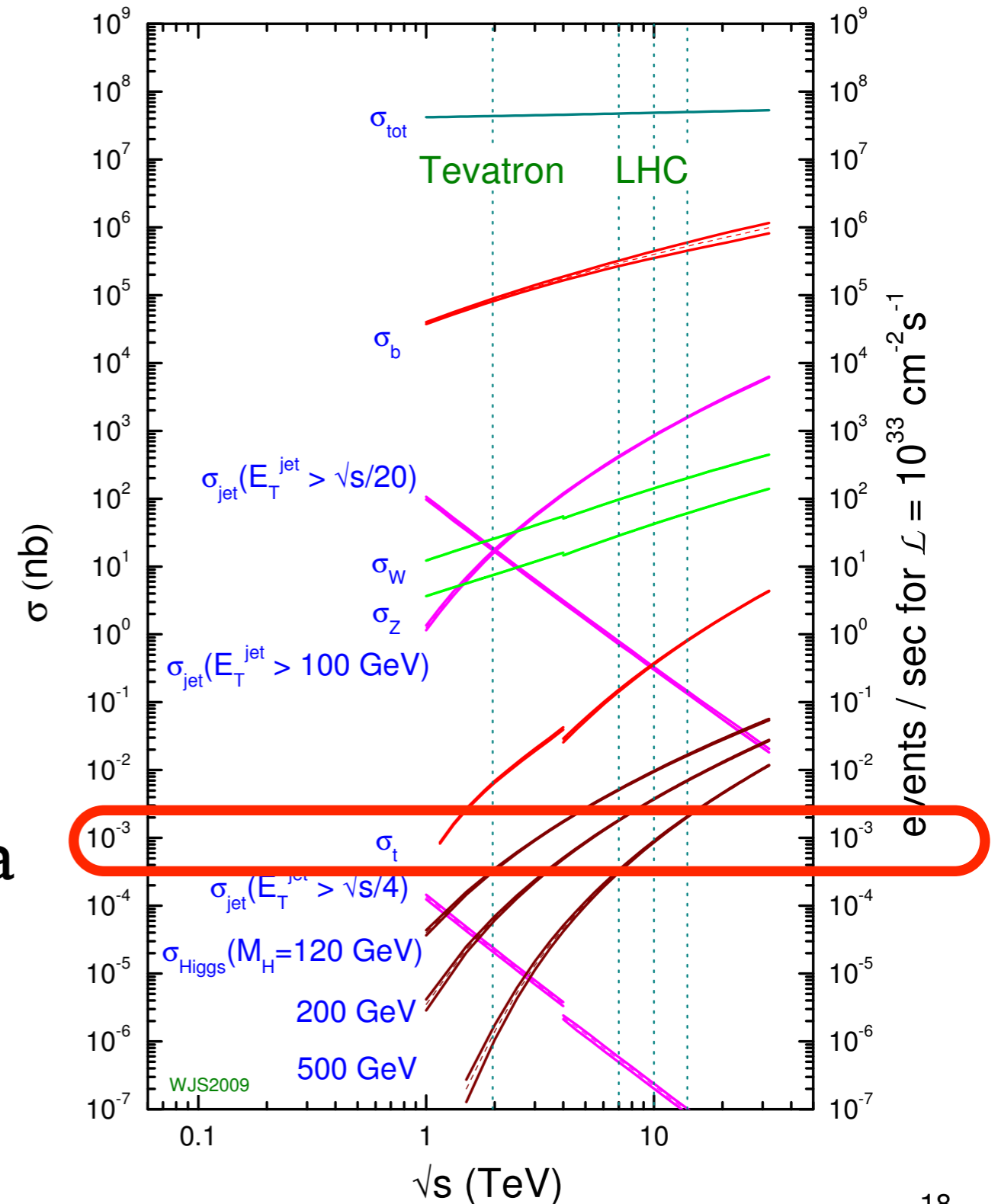
$pp \rightarrow ZH$



probabilità di occorrenza

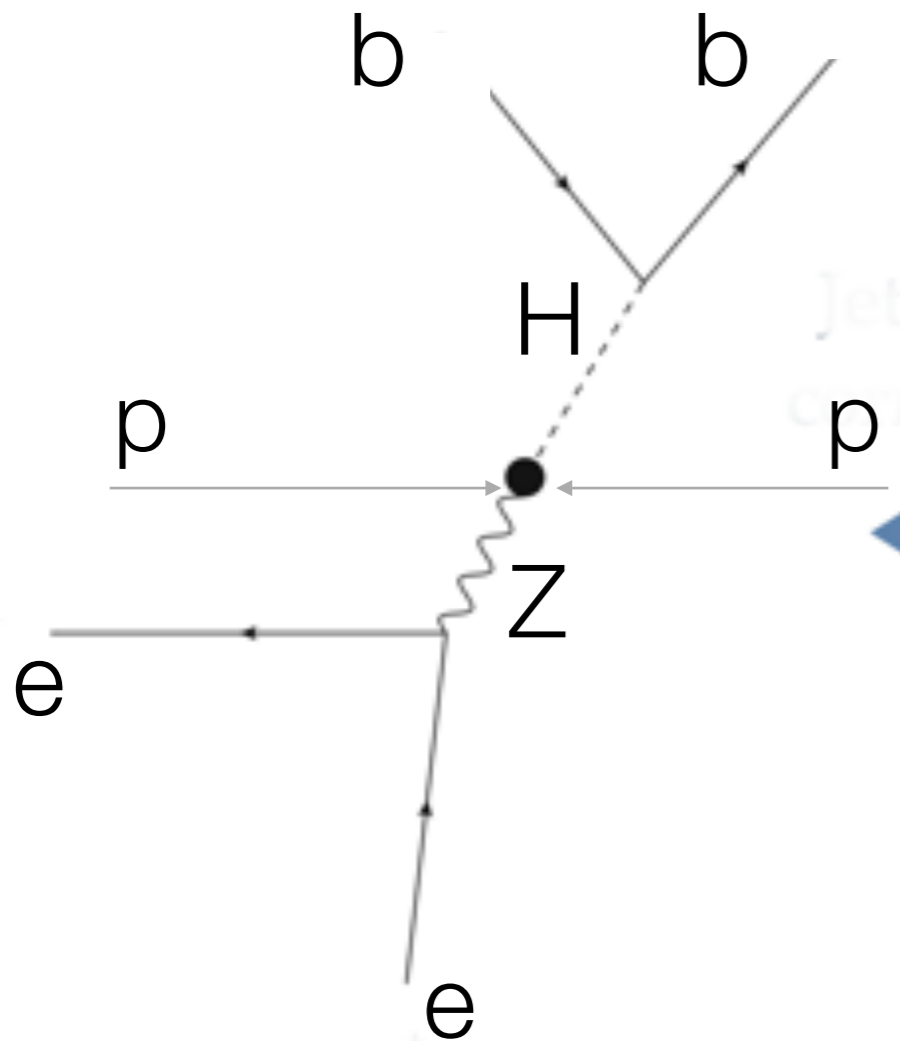
$$pp \rightarrow ZH \sim 10^{-11}$$

proton - (anti)proton cross sections



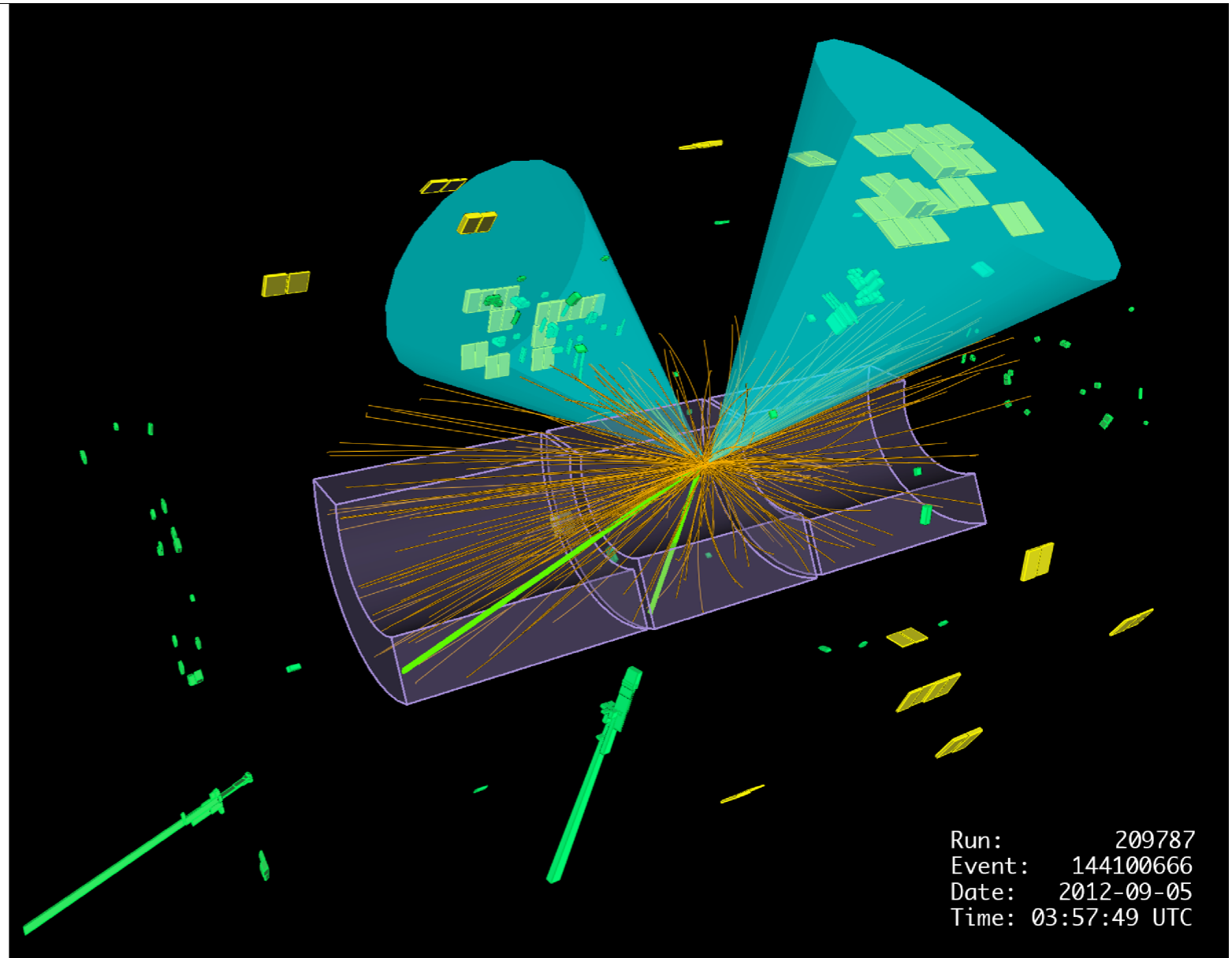
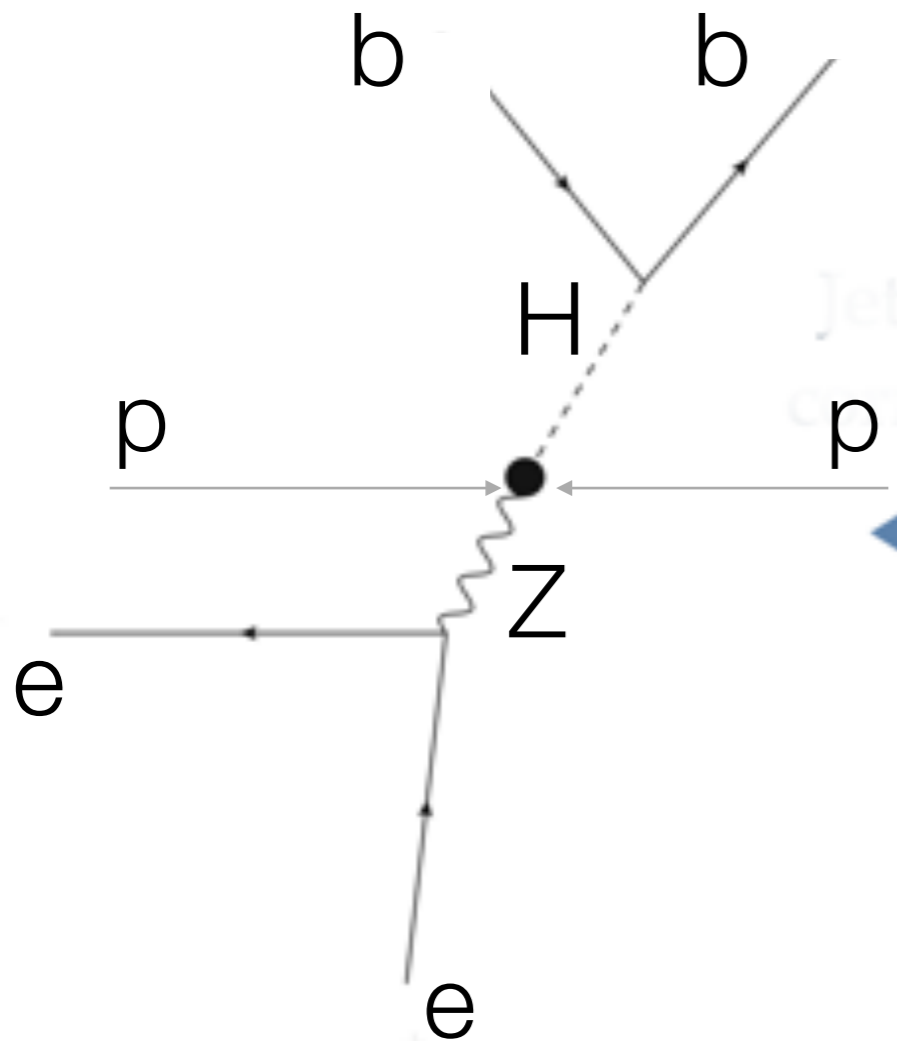
Cosa vediamo a LHC? Un esempio...

$pp \rightarrow ZH \rightarrow eebb$



Cosa vediamo a LHC? Un esempio...

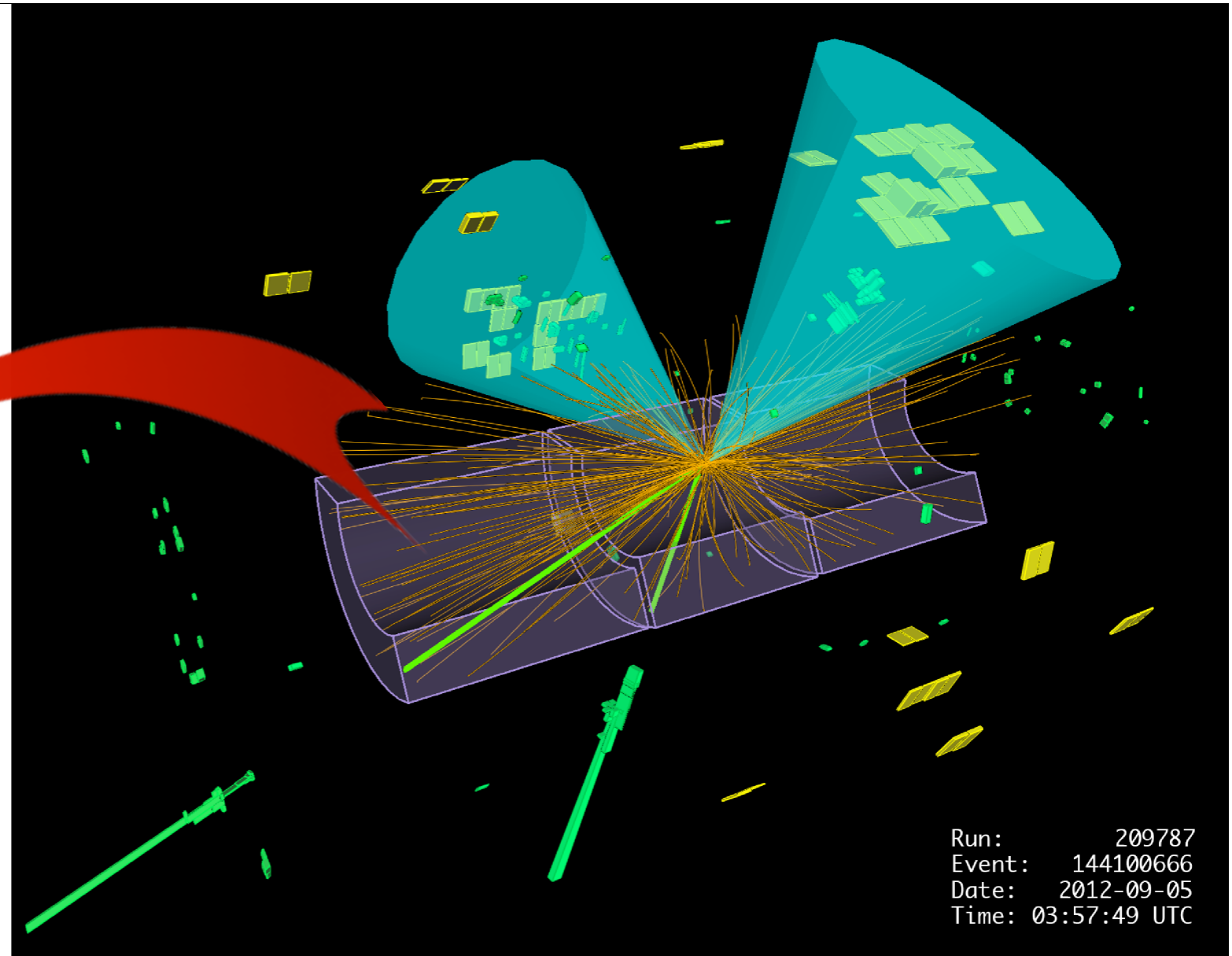
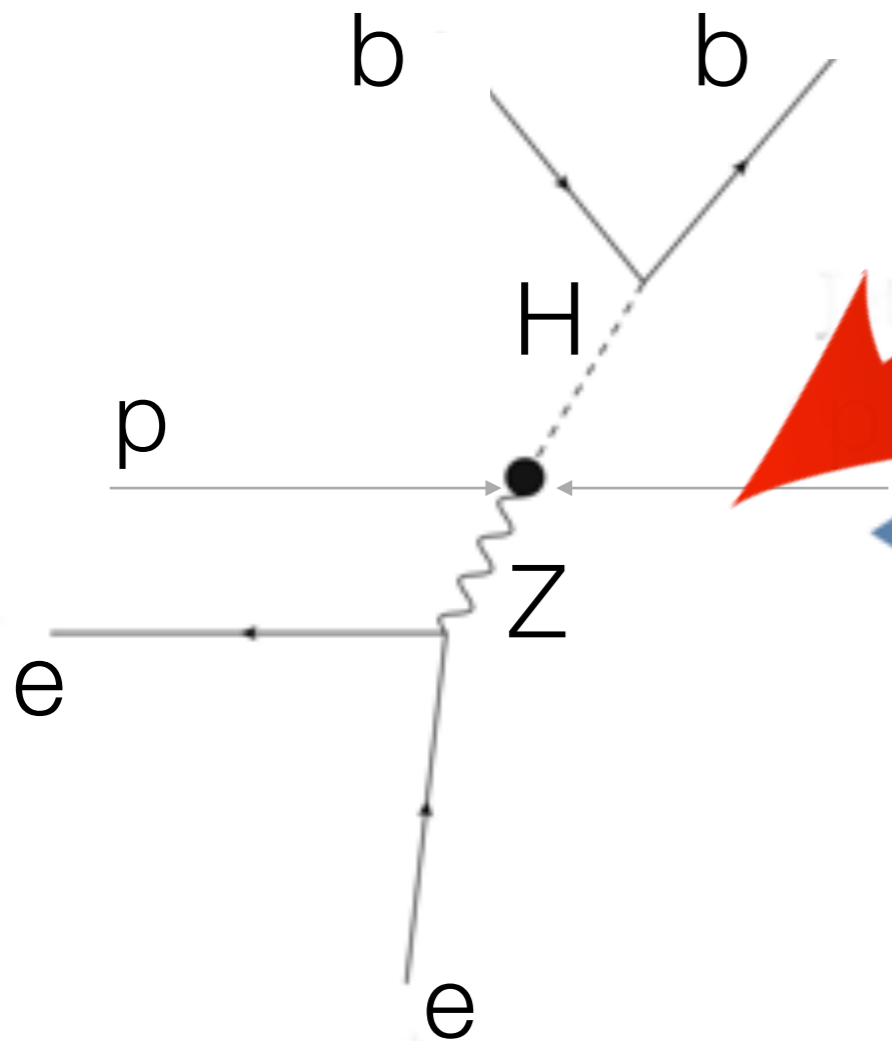
$pp \rightarrow ZH \rightarrow eebb$



Cosa vediamo a LHC? Un esempio...

Con l'analisi dati, cerchiamo di "mappare" le **collisioni** a un dato **processo** teorico

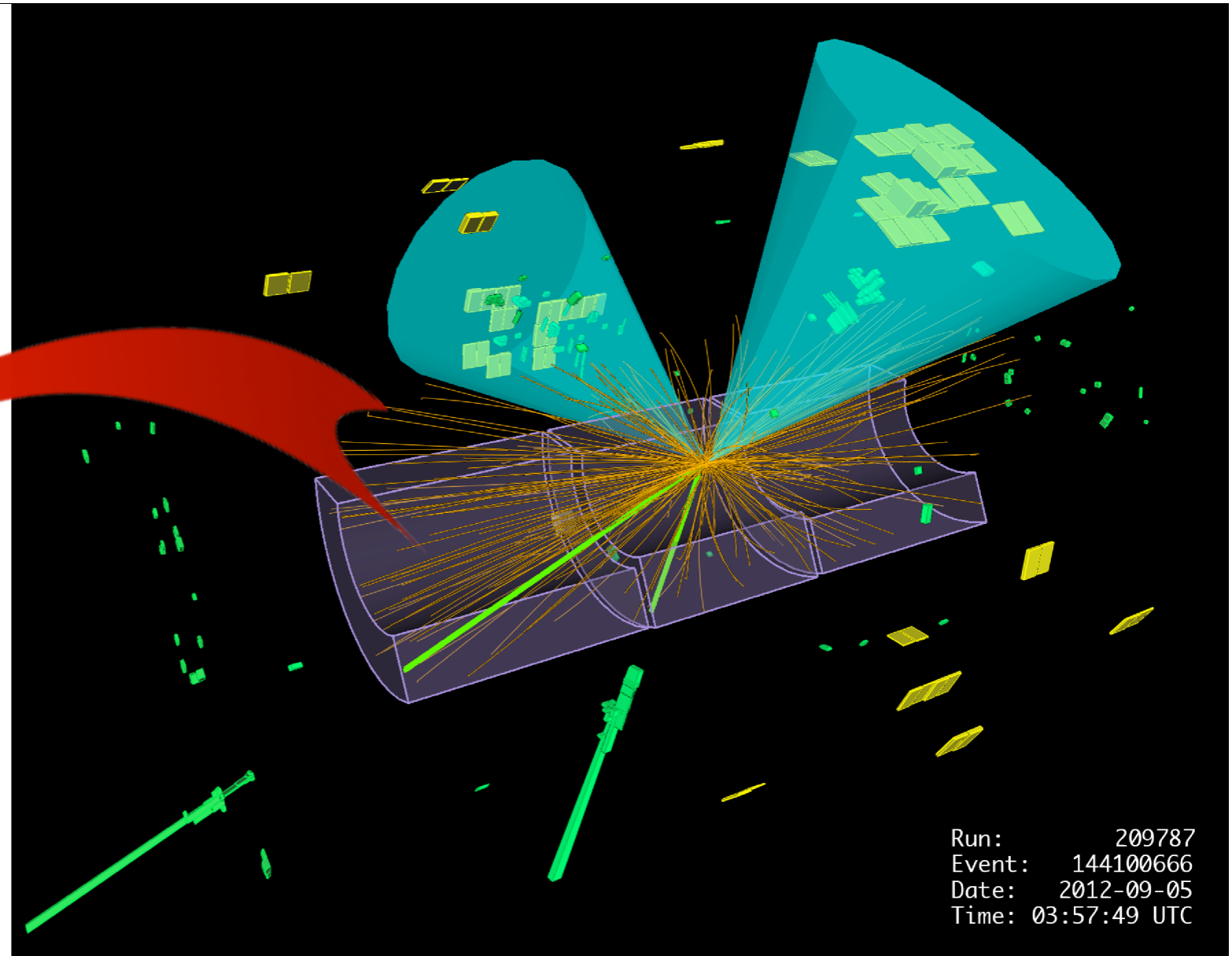
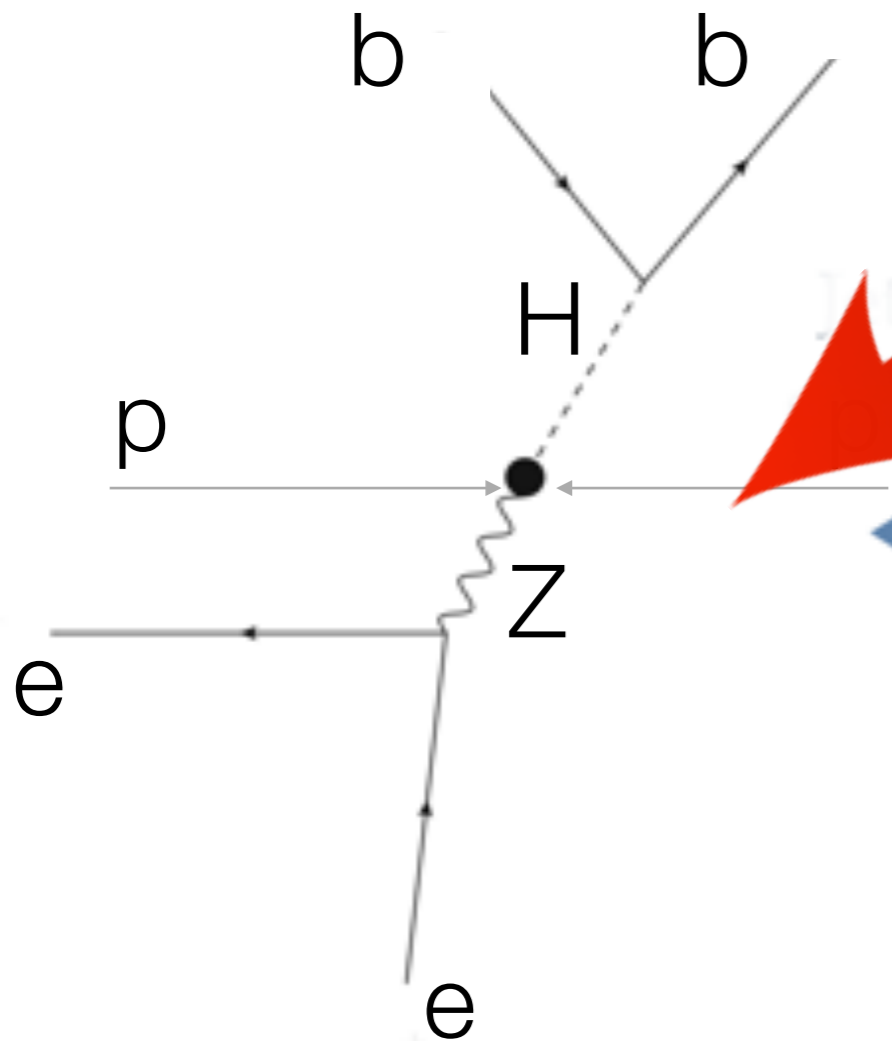
$pp \rightarrow ZH \rightarrow eebb$



Cosa vediamo a LHC? Un esempio...

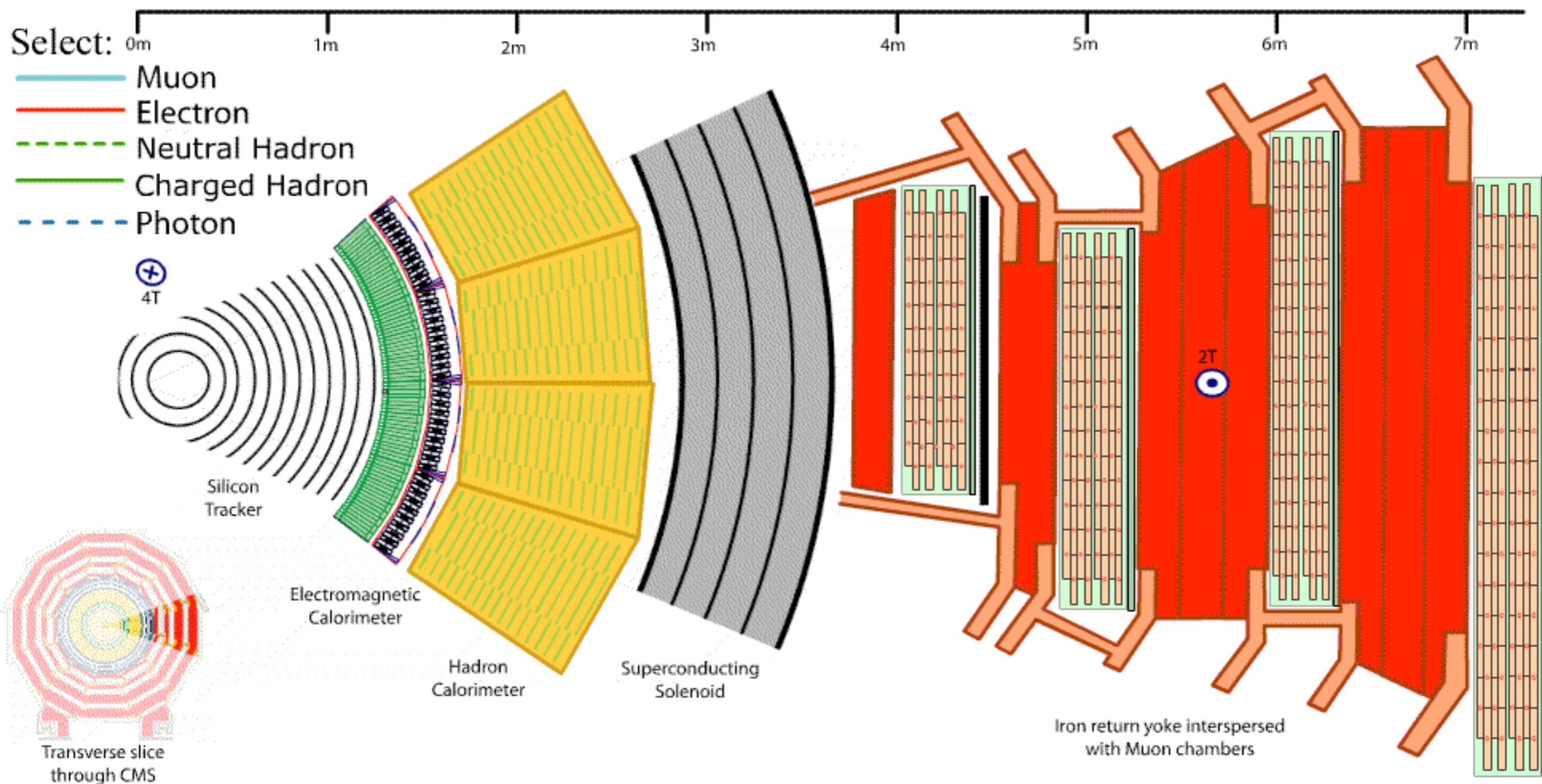
Con l'analisi dati, cerchiamo di "mappare" le **collisioni** a un dato **processo** teorico

$pp \rightarrow ZH \rightarrow eebb$



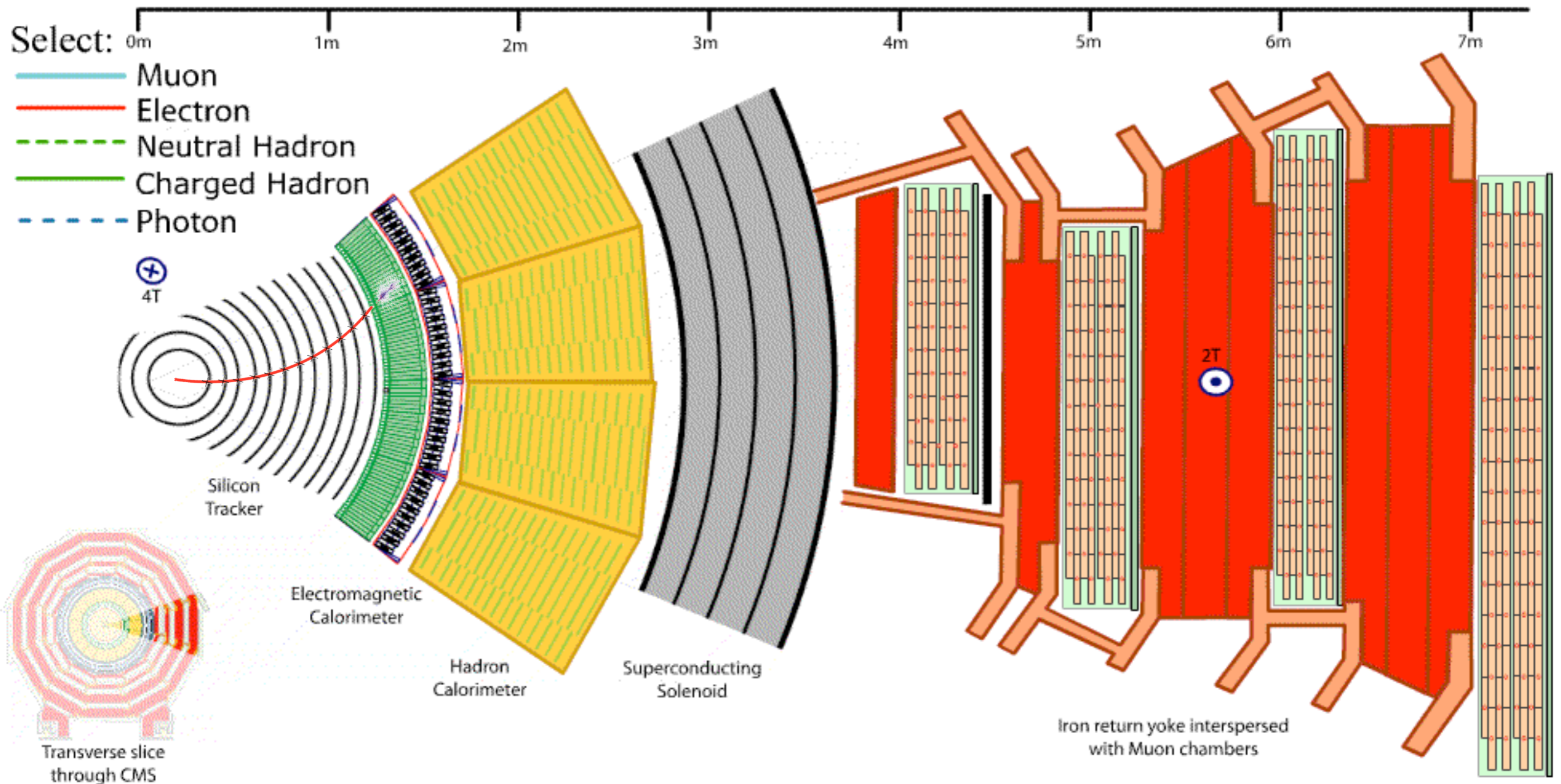
Tanto migliore il **detector**, tanto più precisa questa **mappa**!

Detector a strati



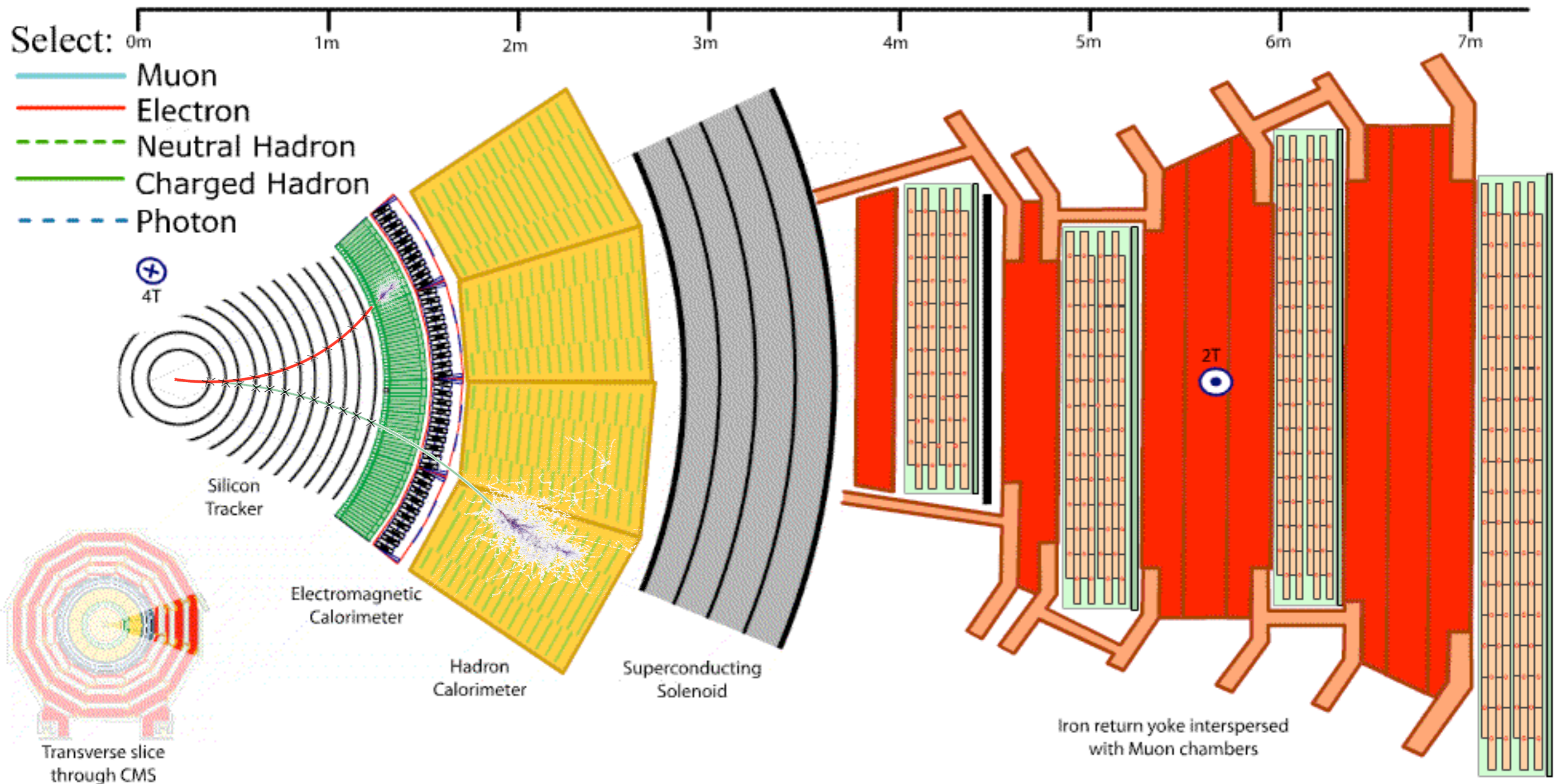
Gli esperimenti sono composti da molti **sotto-detector** che devono garantire **inclusività**, **ermeticità** e **ridondanza** di misure.

Detector a strati



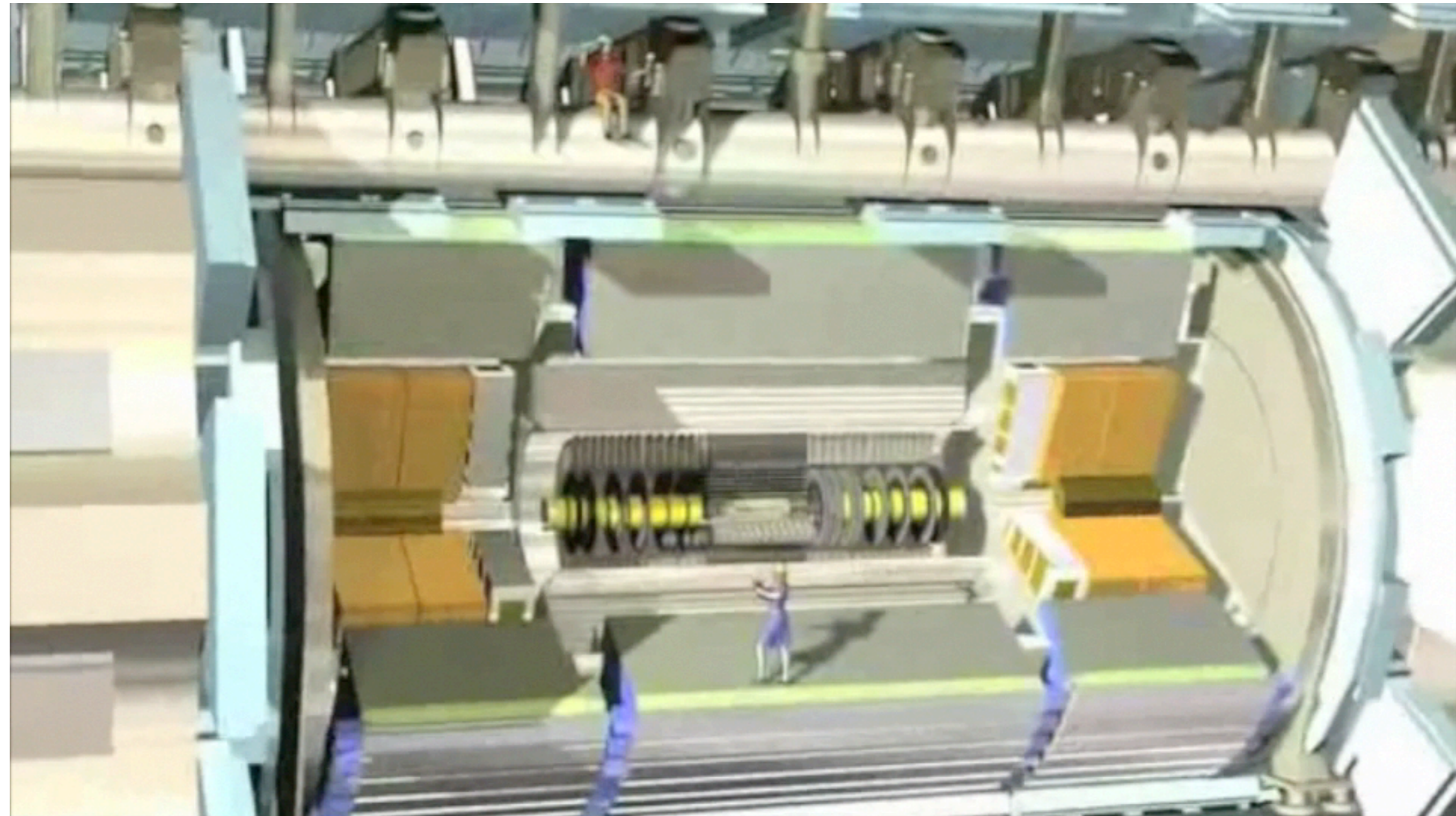
Gli esperimenti sono composti da molti **sotto-detector** che devono garantire **inclusività**, **ermeticità** e **ridondanza** di misure.

Detector a strati

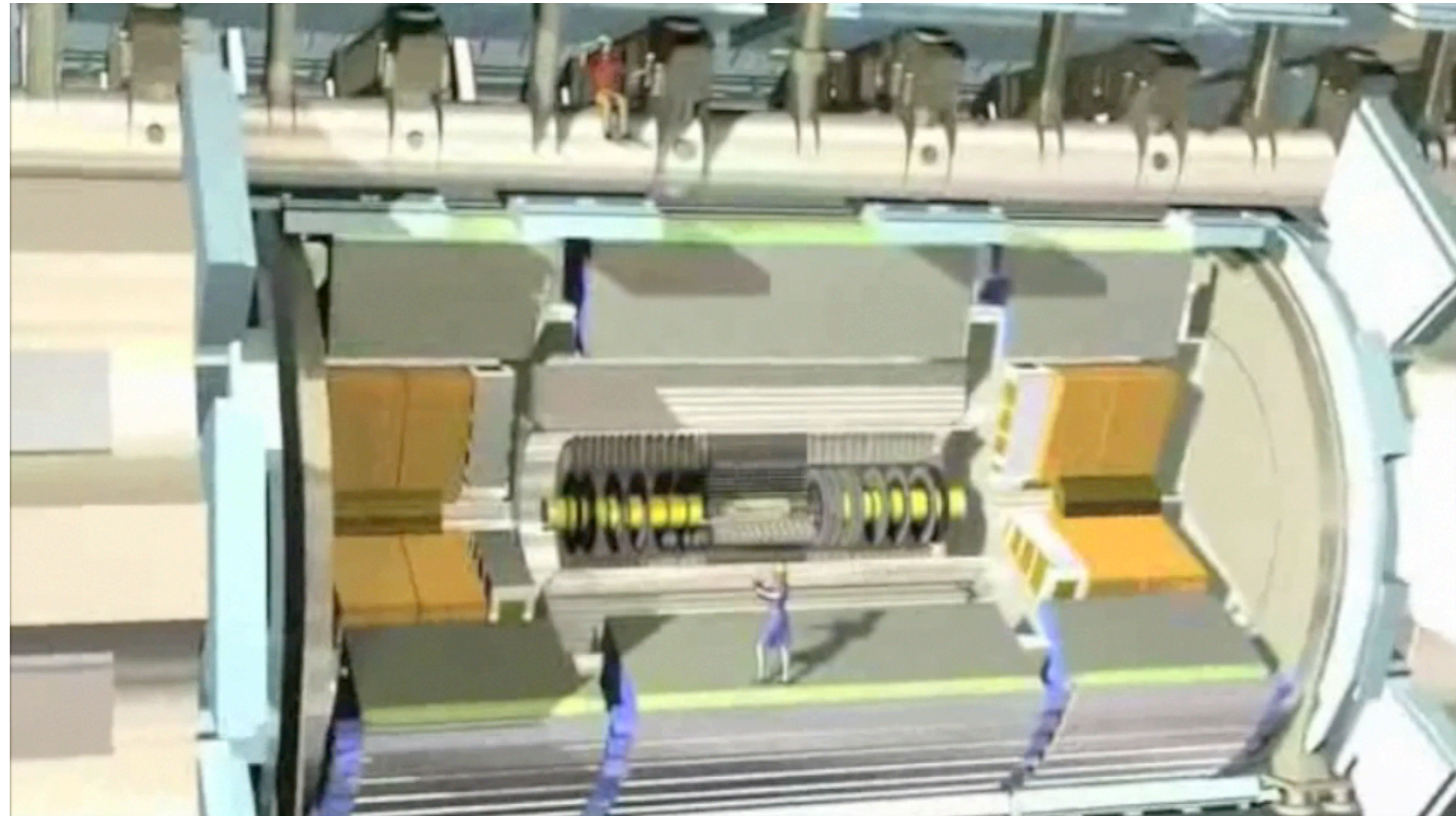


Gli esperimenti sono composti da molti **sotto-detector** che devono garantire **inclusività**, **ermeticità** e **ridondanza** di misure.

Un esempio



Un esempio

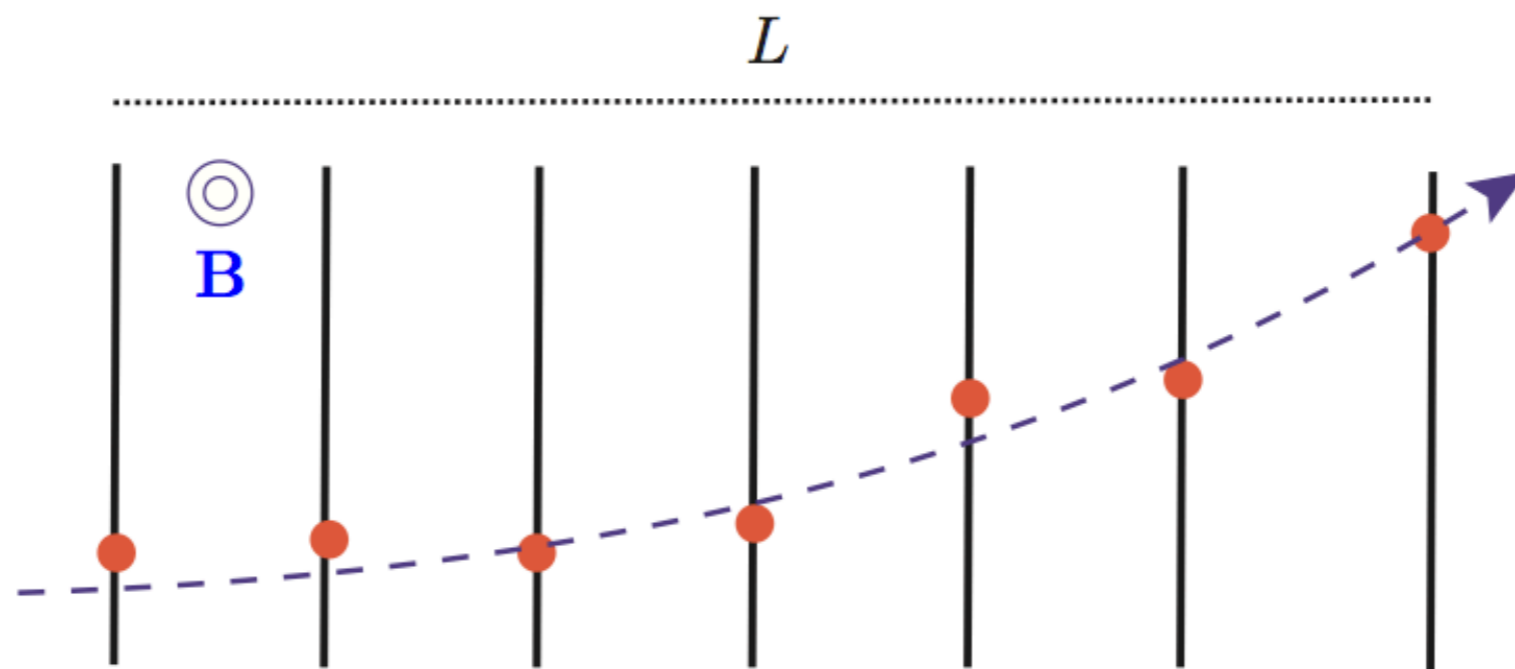


Perché due giganti?

Perché due giganti?

Esercizio di Laboratorio di Fisica

Qual é la risoluzione sul **raggio di curvatura** R di uno **spettrometro magnetico** di lunghezza L , campo magnetico $|\mathbf{B}|$ e incertezza di posizione σ_{pos} ?



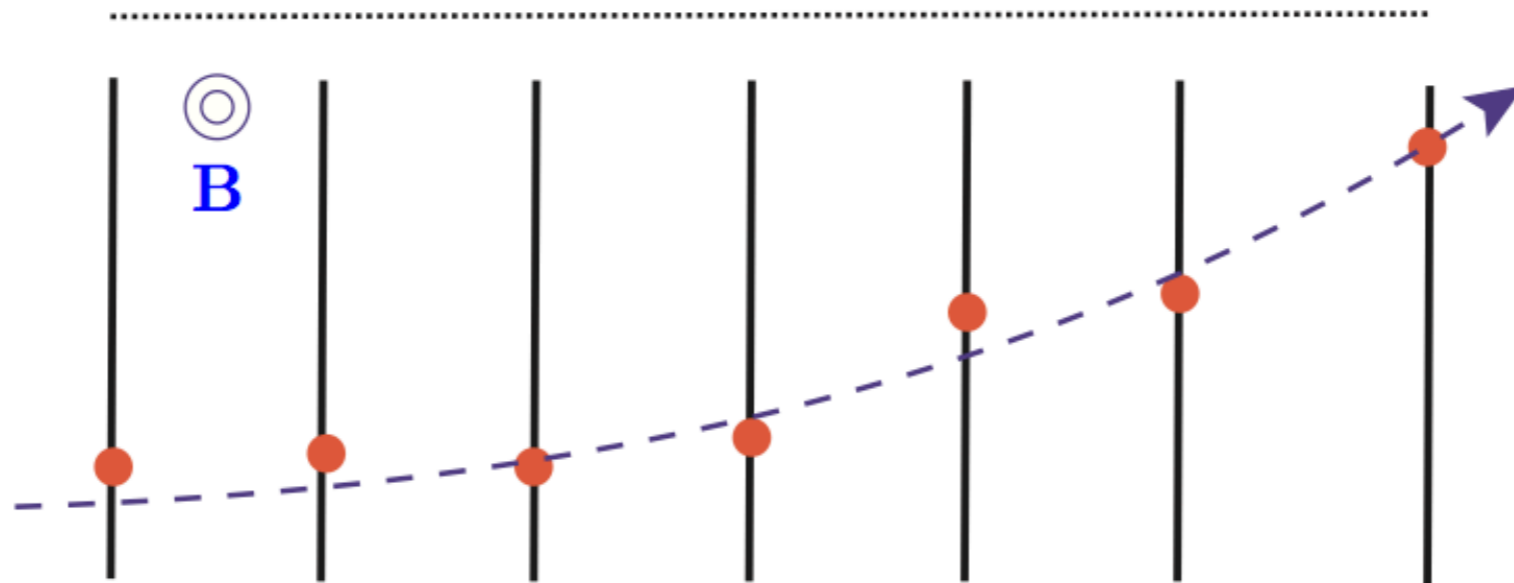
Perché due giganti?

Esercizio di Laboratorio di Fisica

Qual é la risoluzione sul **raggio di curvatura** R di uno **spettrometro magnetico** di lunghezza L , campo magnetico $|\mathbf{B}|$ e incertezza di posizione σ_{pos} ?

$$\text{risoluzione} \sim \frac{\sigma_{\text{pos}}}{|\mathbf{B}|L^2}$$

L

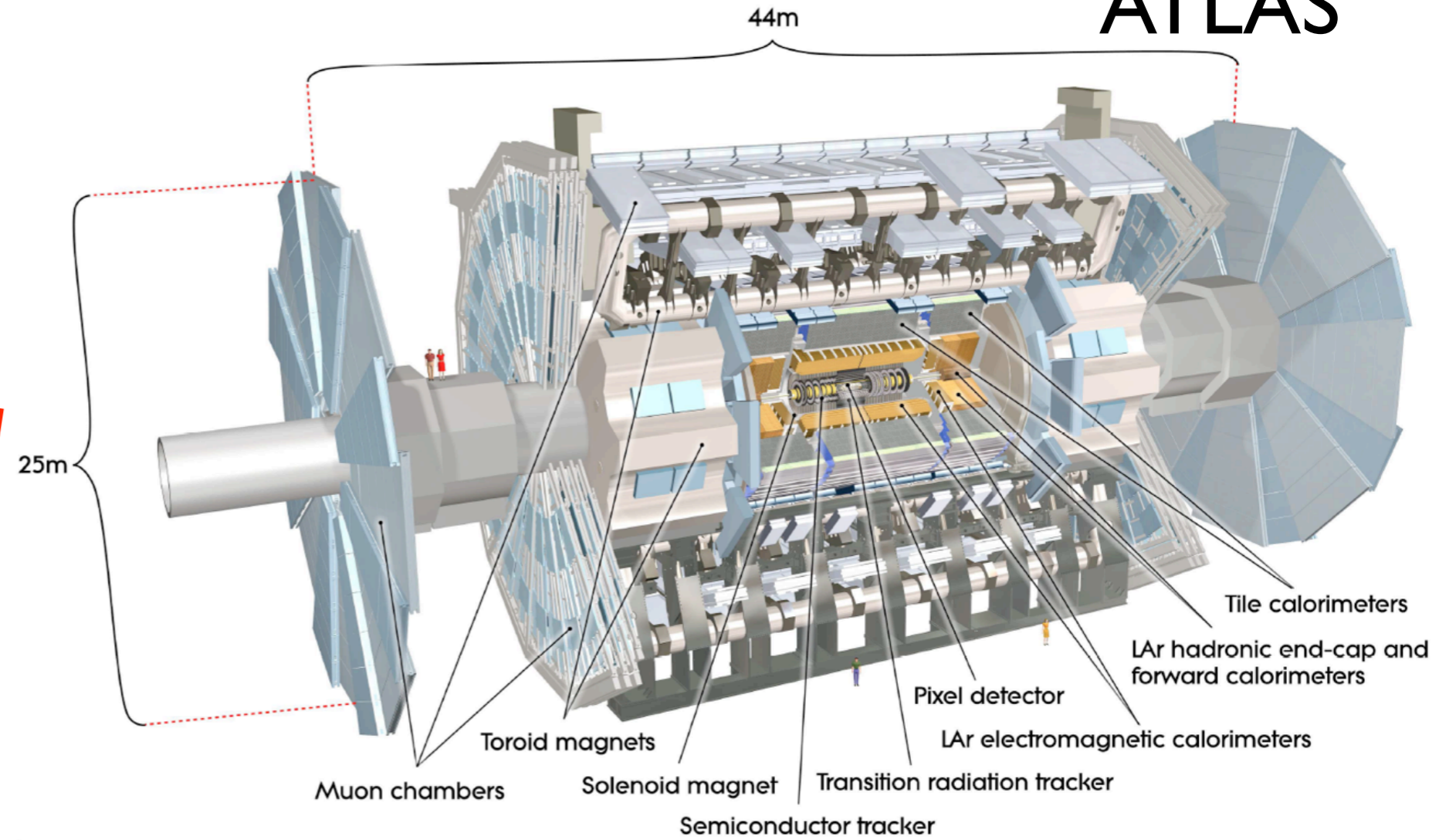


Perché due giganti?

Perché due giganti?

ATLAS

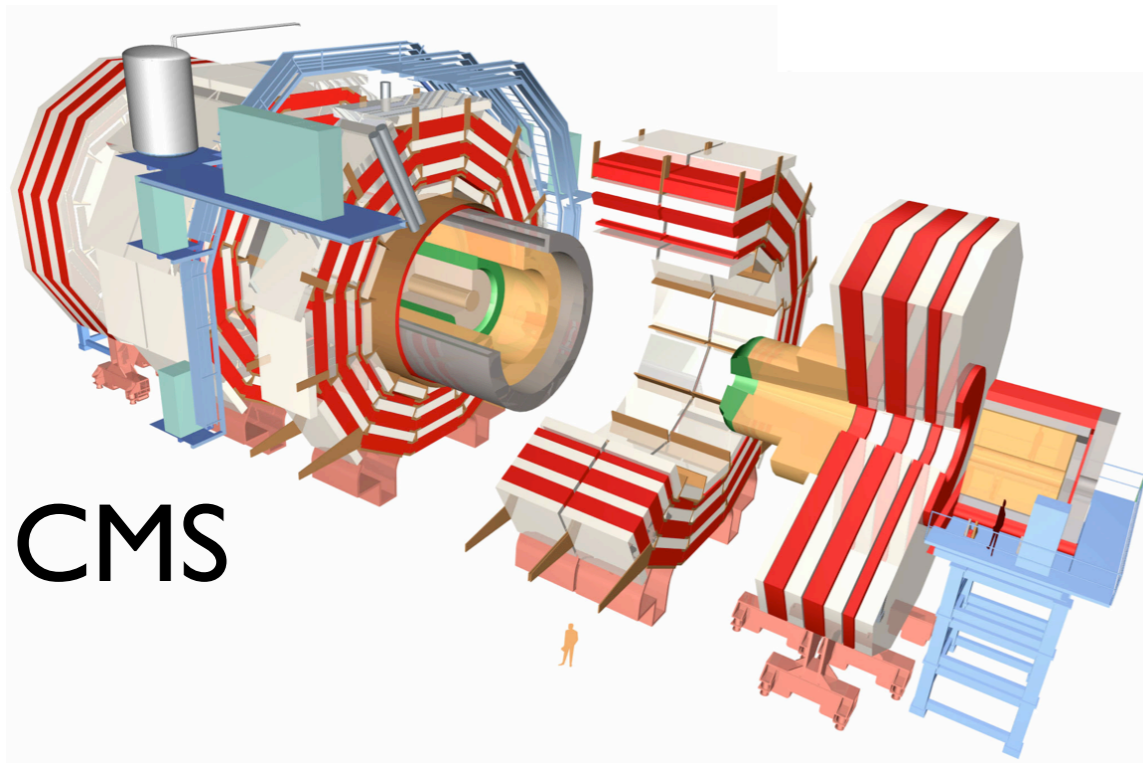
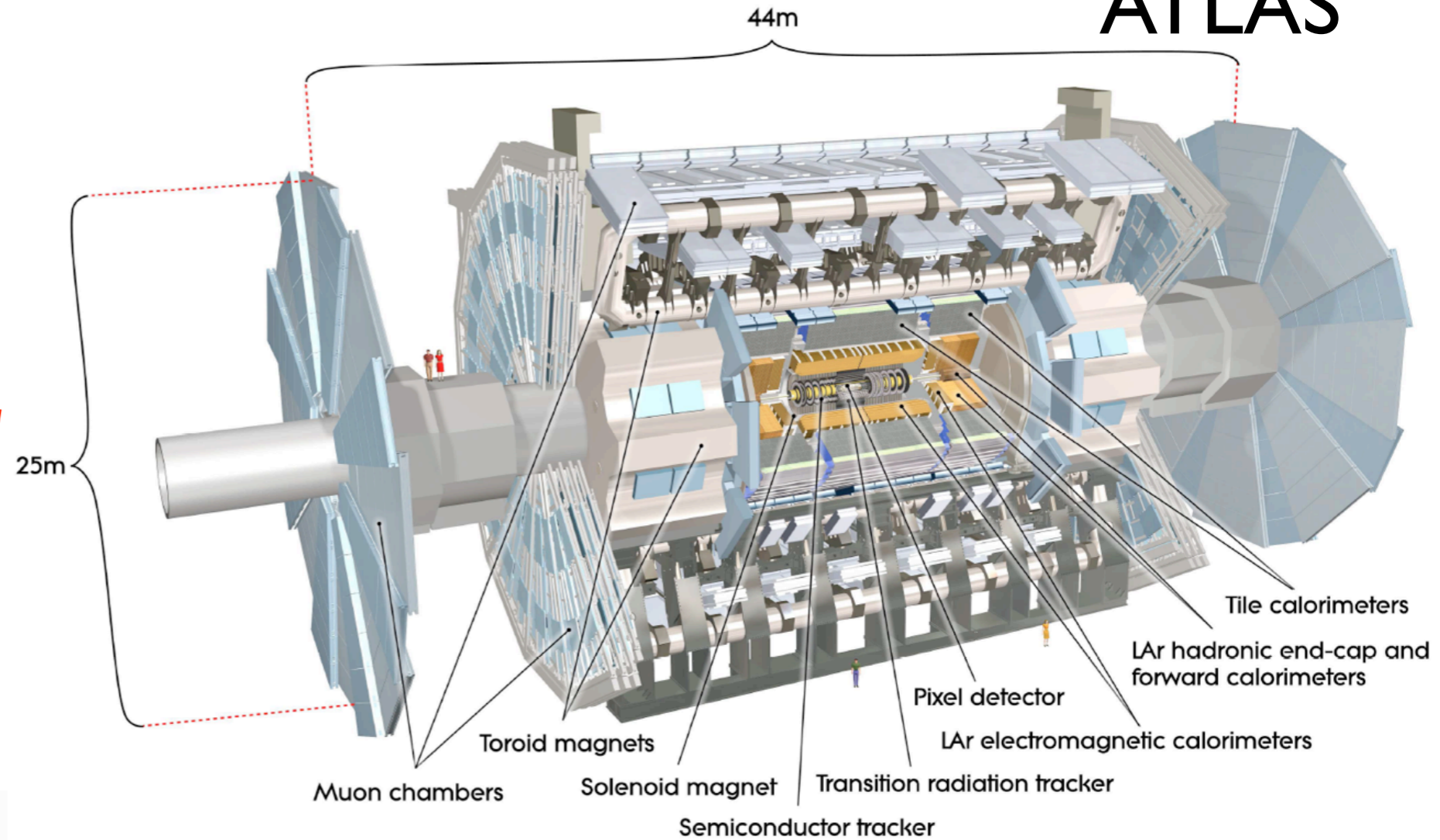
Geometria estesa



Perché due giganti?

ATLAS

Geometria estesa

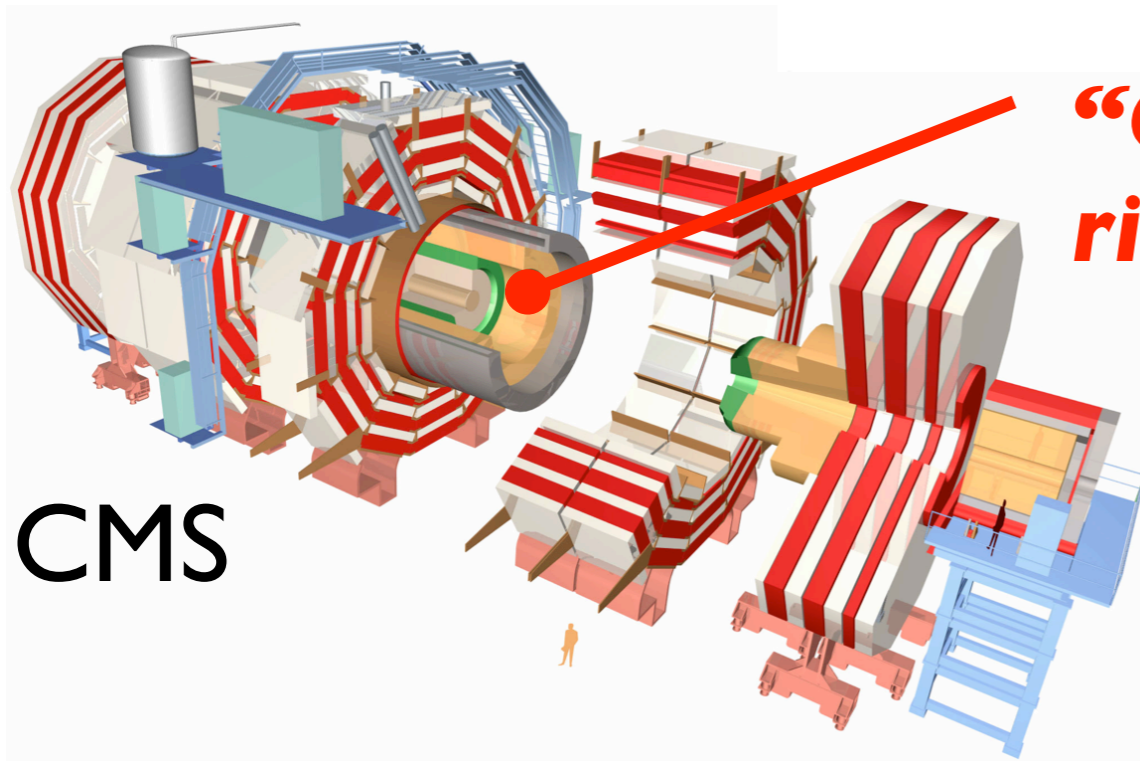
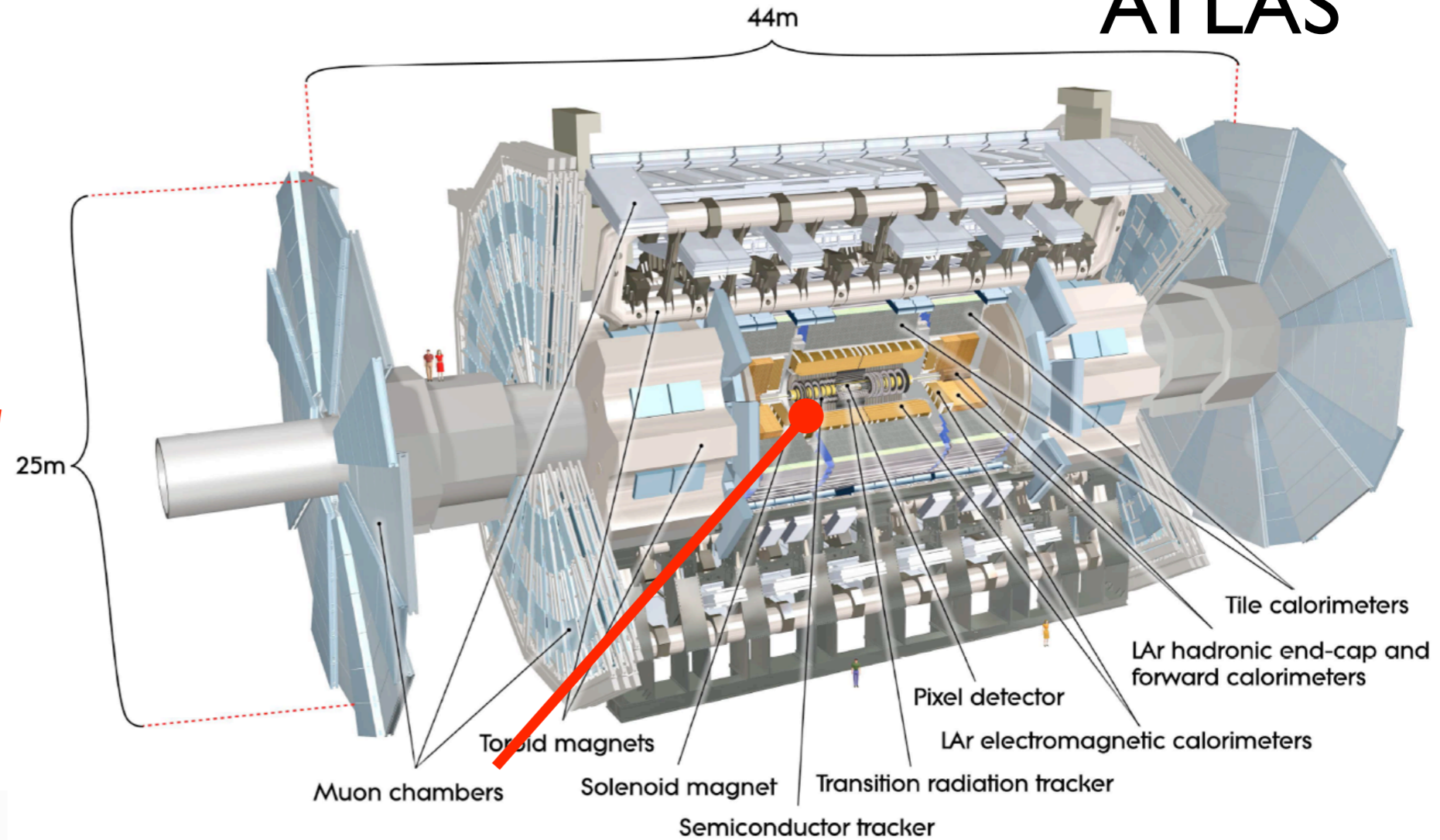


**Geometria compatta,
campo magnetico intenso**

Perché due giganti?

ATLAS

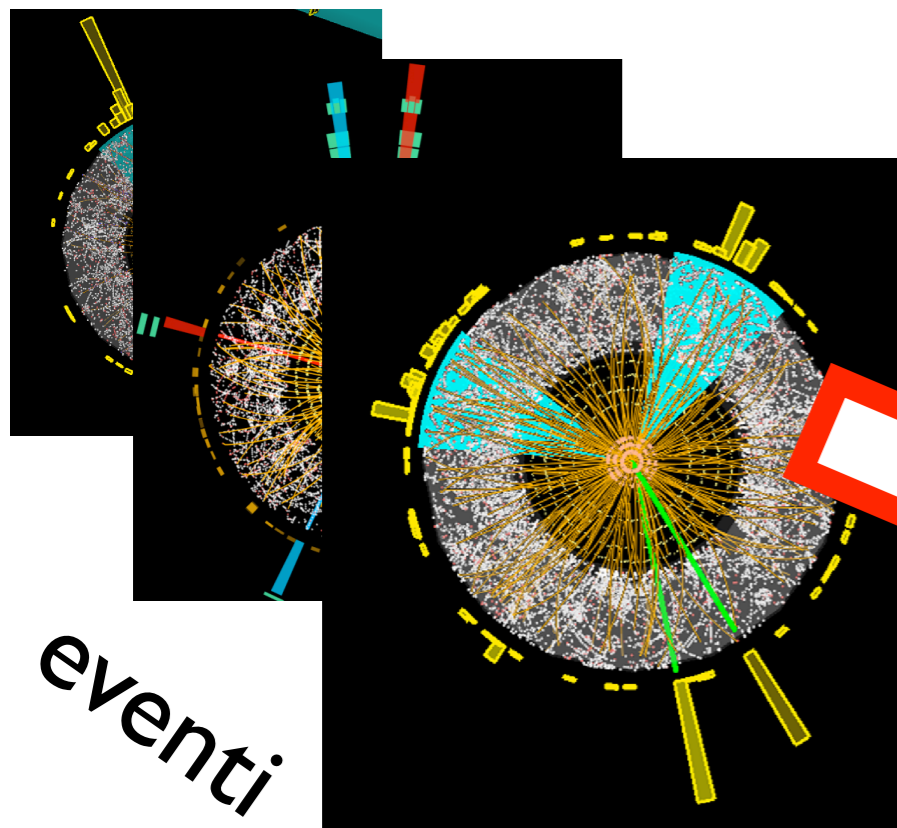
Geometria estesa



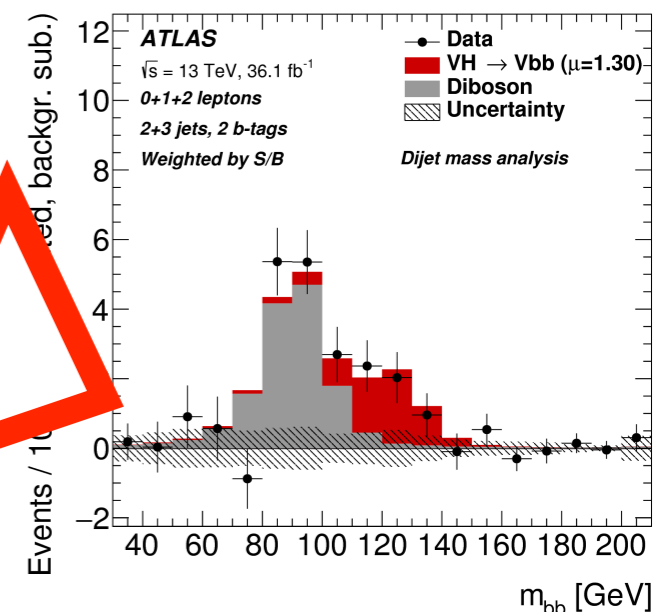
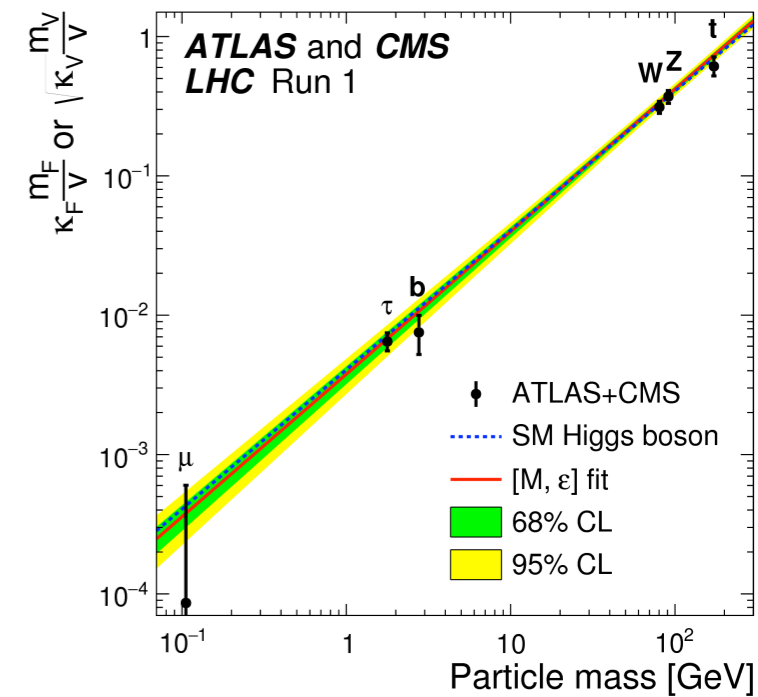
“Cuore” di silicio ad alta risoluzione (tracciatore)

Geometria compatta, campo magnetico intenso

Dalle collisioni alle misure



eventi



ATLAS+CMS Preliminary LHCtopWG m_{top} summary, $\sqrt{s} = 7-8 \text{ TeV}$ May 2017

World Comb. Mar 2014, [7]

stat

total uncertainty

$m_{top} = 173.34 \pm 0.76 (0.36 \pm 0.67) \text{ GeV}$

total stat

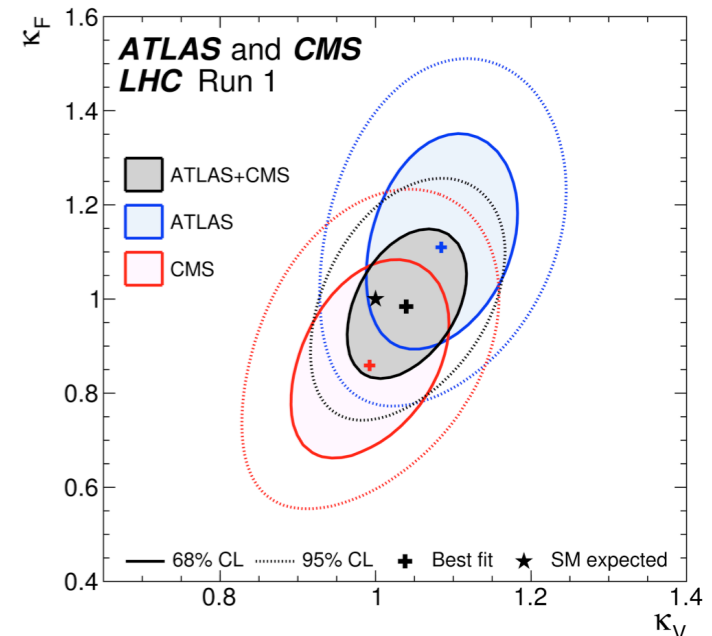
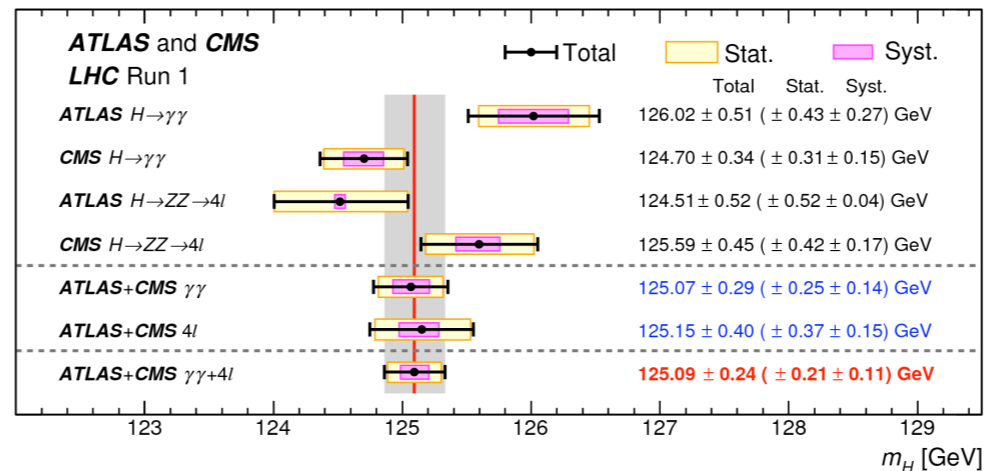
	$m_{top} \pm \text{total (stat} \pm \text{syst)}$	\sqrt{s}	Ref.
ATLAS, l+jets (*)	$172.31 \pm 1.55 (0.75 \pm 1.35)$	7 TeV	[1]
ATLAS, dilepton (*)	$173.09 \pm 1.63 (0.64 \pm 1.50)$	7 TeV	[2]
CMS, l+jets	$173.49 \pm 1.06 (0.43 \pm 0.97)$	7 TeV	[3]
CMS, dilepton	$172.50 \pm 1.52 (0.43 \pm 1.46)$	7 TeV	[4]
CMS, all jets	$173.49 \pm 1.41 (0.69 \pm 1.23)$	7 TeV	[5]
LHC comb. (Sep 2013)	$173.29 \pm 0.95 (0.35 \pm 0.88)$	7 TeV	[6]
World comb. (Mar 2014)	$173.34 \pm 0.76 (0.36 \pm 0.67)$	1.96-7 TeV	[7]

ATLAS, l+jets	$172.33 \pm 1.27 (0.75 \pm 1.02)$	7 TeV	[8]
ATLAS, dilepton	$173.79 \pm 1.41 (0.54 \pm 1.30)$	7 TeV	[8]
ATLAS, all jets	$175.1 \pm 1.8 (1.4 \pm 1.2)$	7 TeV	[9]
ATLAS, single top	$172.2 \pm 2.1 (0.7 \pm 2.0)$	8 TeV	[10]
ATLAS, dilepton	$172.99 \pm 0.85 (0.41 \pm 0.74)$	8 TeV	[11]
ATLAS, all jets	$173.72 \pm 1.15 (0.55 \pm 1.01)$	8 TeV	[12]
ATLAS comb. (June 2016) (l+jets, dil.)	$172.84 \pm 0.70 (0.34 \pm 0.61)$	7+8 TeV	[11]
CMS, l+jets	$172.35 \pm 0.51 (0.16 \pm 0.48)$	8 TeV	[13]
CMS, dilepton	$172.82 \pm 1.23 (0.19 \pm 1.22)$	8 TeV	[13]
CMS, all jets	$172.32 \pm 0.64 (0.25 \pm 0.59)$	8 TeV	[13]
CMS, single top	$172.95 \pm 1.22 (0.77 \pm 0.95)$	8 TeV	[14]
CMS comb. (Sep 2015)	$172.44 \pm 0.48 (0.13 \pm 0.47)$	7+8 TeV	[13]

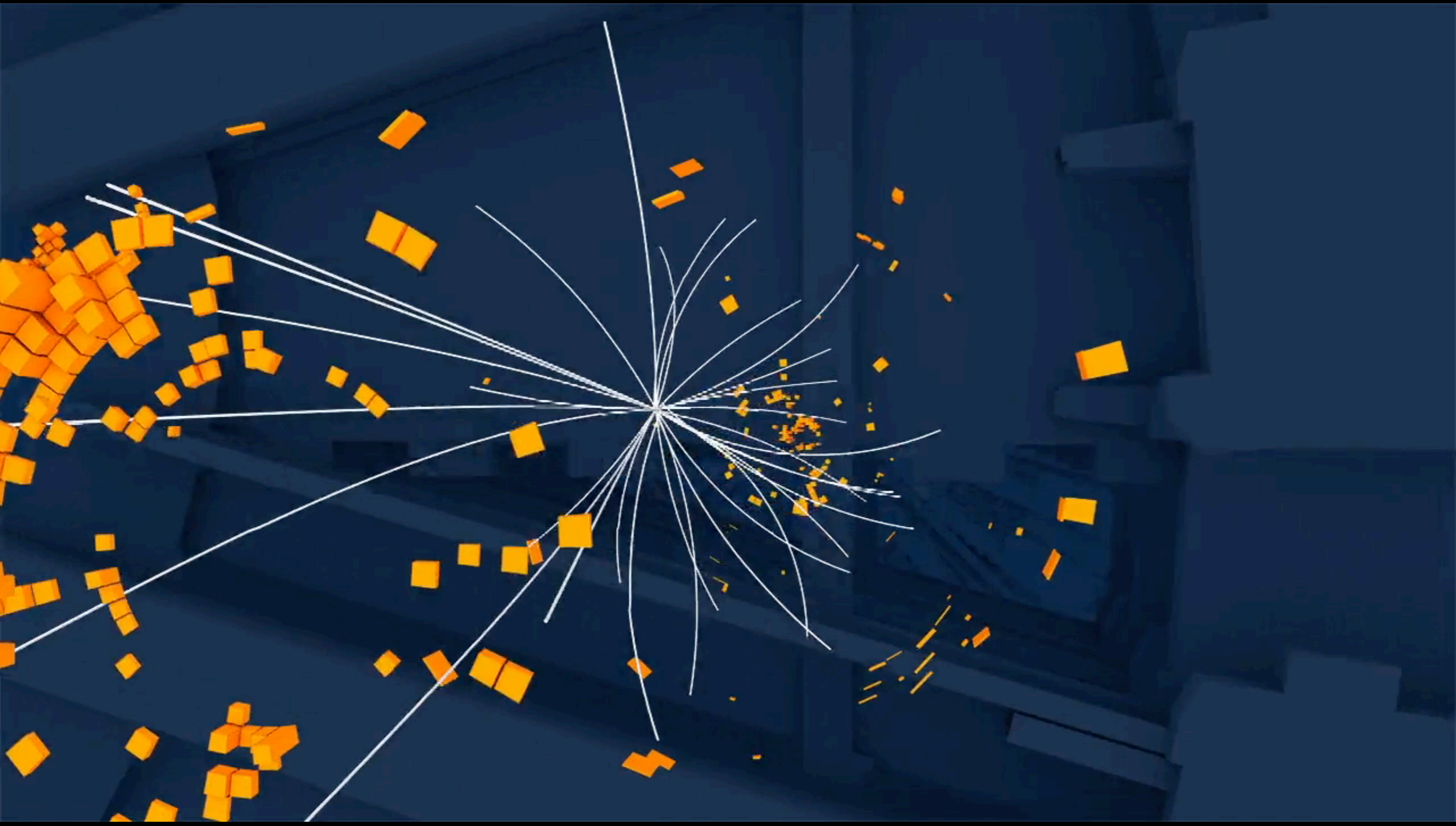
[1] ATLAS-CONF-2013-046 [6] ATLAS-CONF-2013-102 [11] Phys.Lett.B761 (2016) 350
 [2] ATLAS-CONF-2013-077 [7] arXiv:1403.4427 [12] arXiv:1702.07546
 [3] JHEP 12 (2012) 105 [8] Eur.Phys.J.C75 (2015) 330 [13] Phys.Rev.D93 (2016) 072004
 [4] Eur.Phys.J.C72 (2012) 2202 [9] Eur.Phys.J.C75 (2015) 158 [14] arXiv:1703.02530
 [5] Eur.Phys.J.C74 (2014) 2758 [10] ATLAS-CONF-2014-055

(*) Superseded by results shown below the line

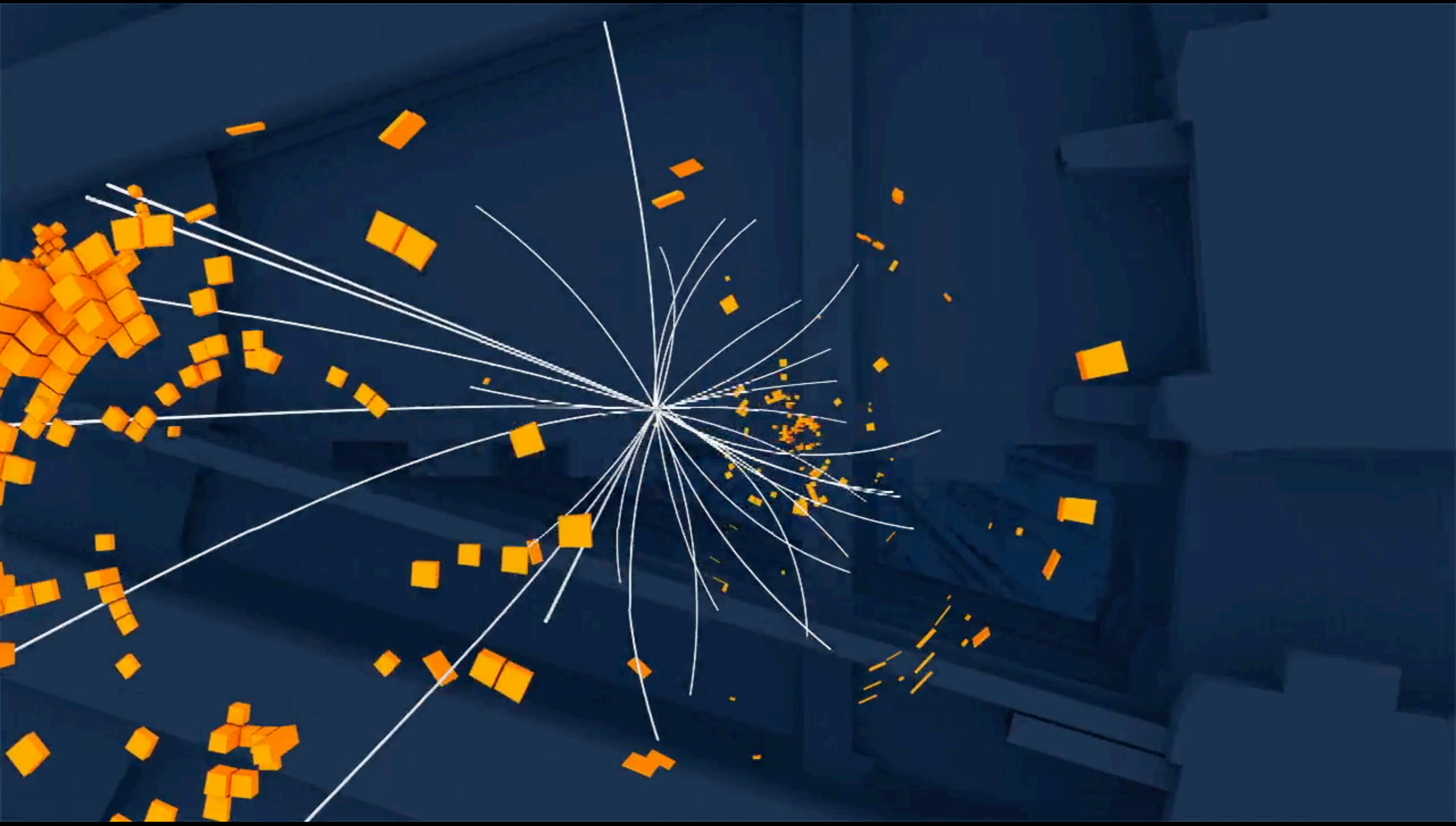
m_{top} [GeV]



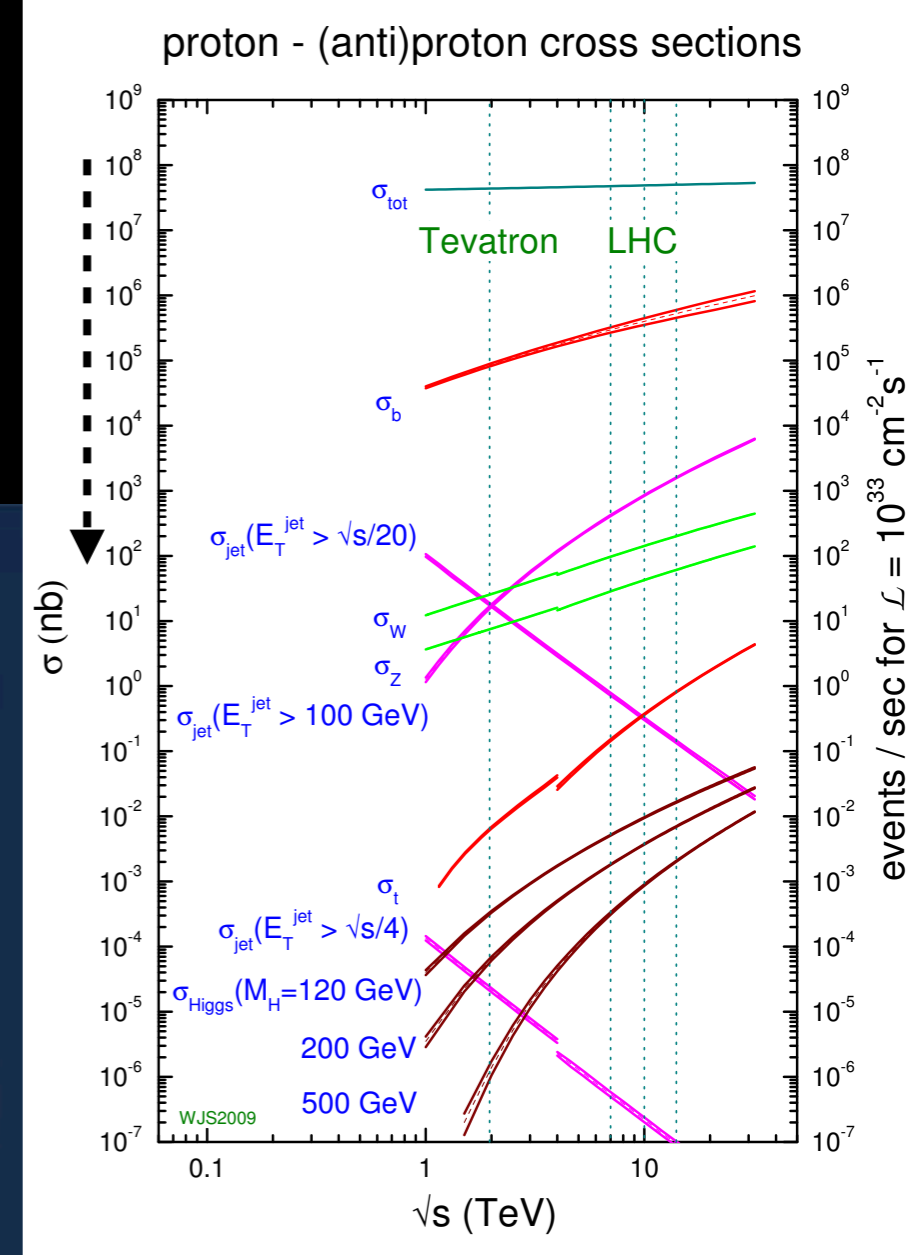
Dalle collisioni alle misure



Dalle collisioni alle misure

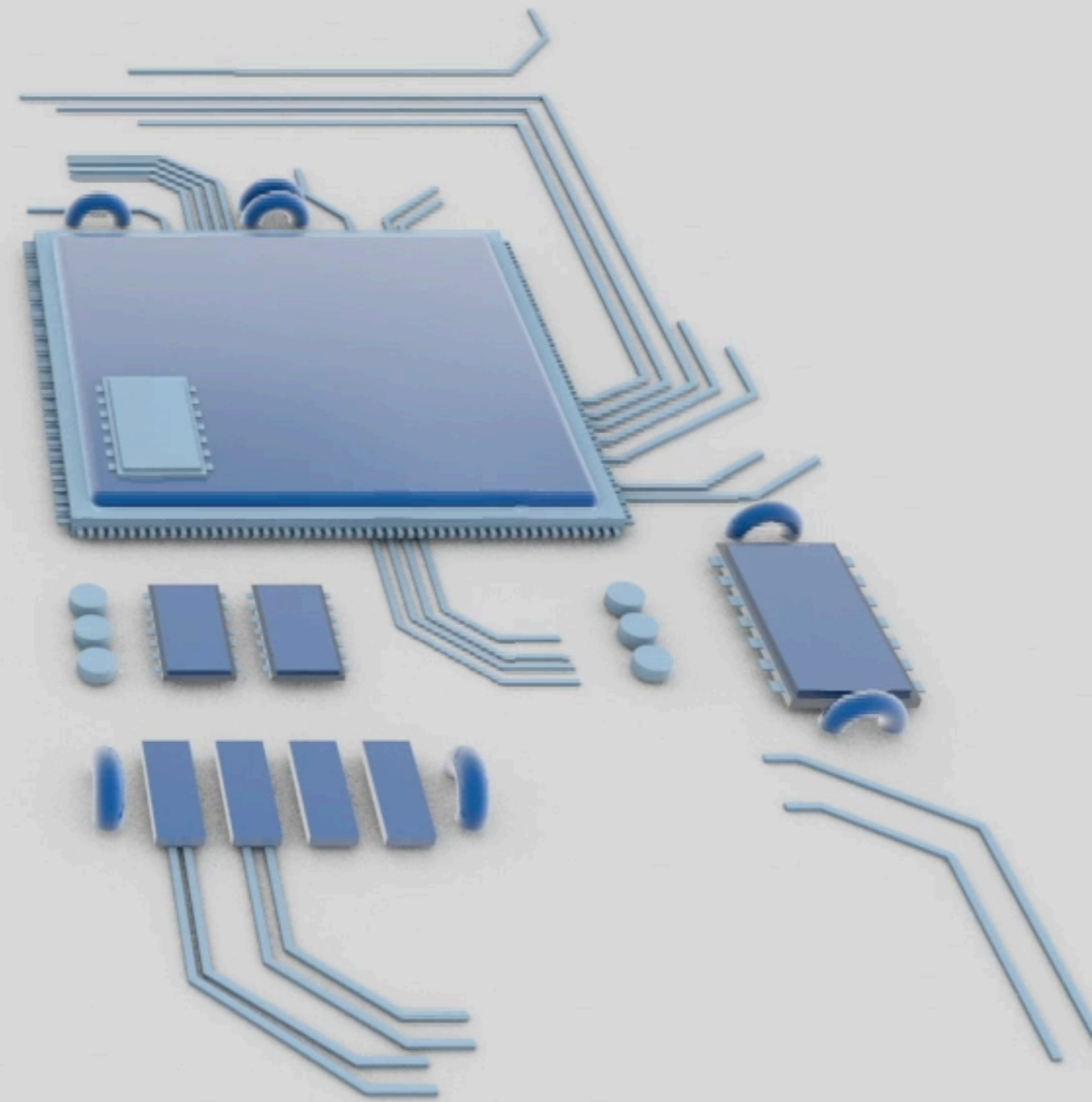


Dalle collisioni alle misure

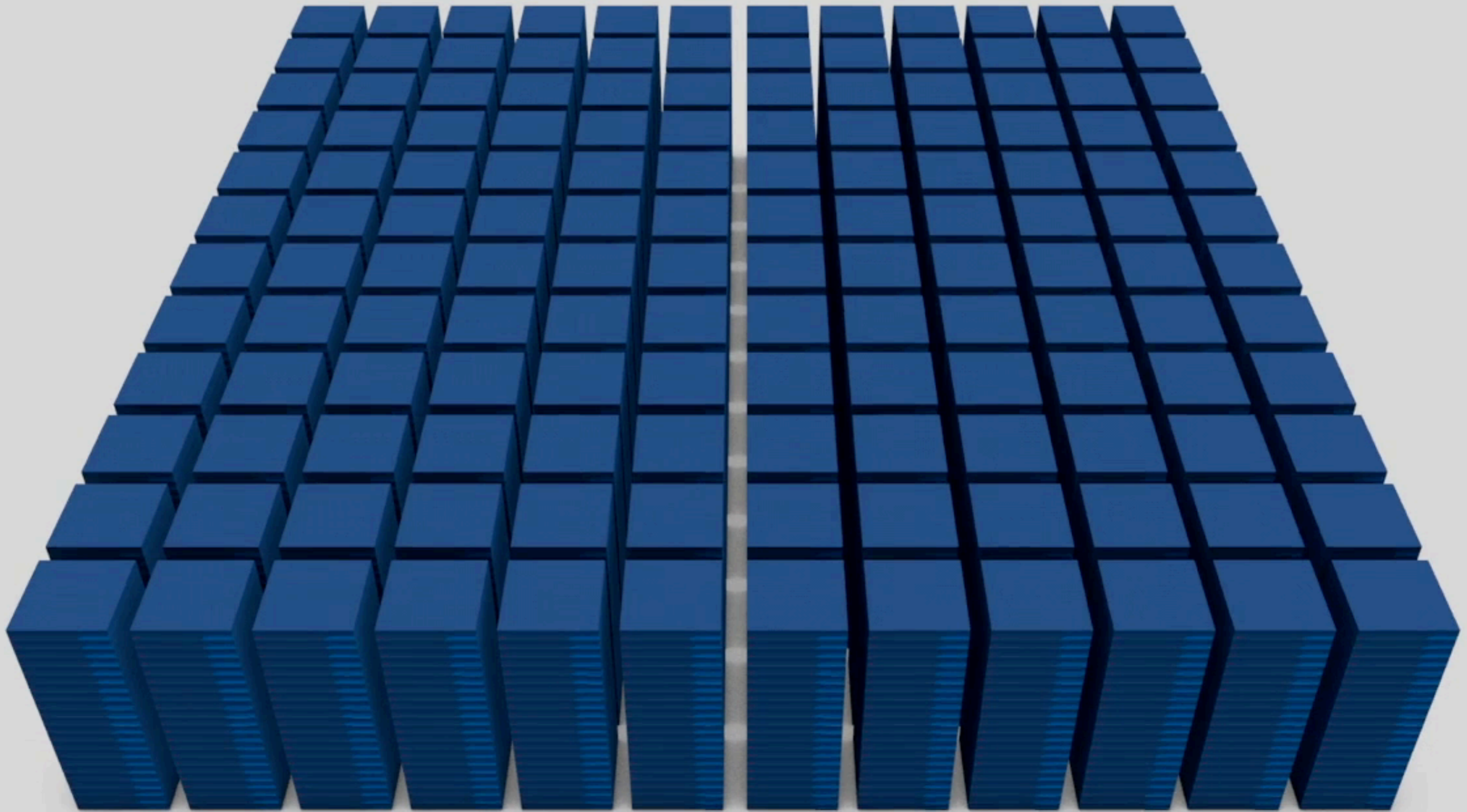


Esperimenti a LHC producono ~ 1 PetaByte (PB) al secondo, ma solo i più interessanti vengono archiviati

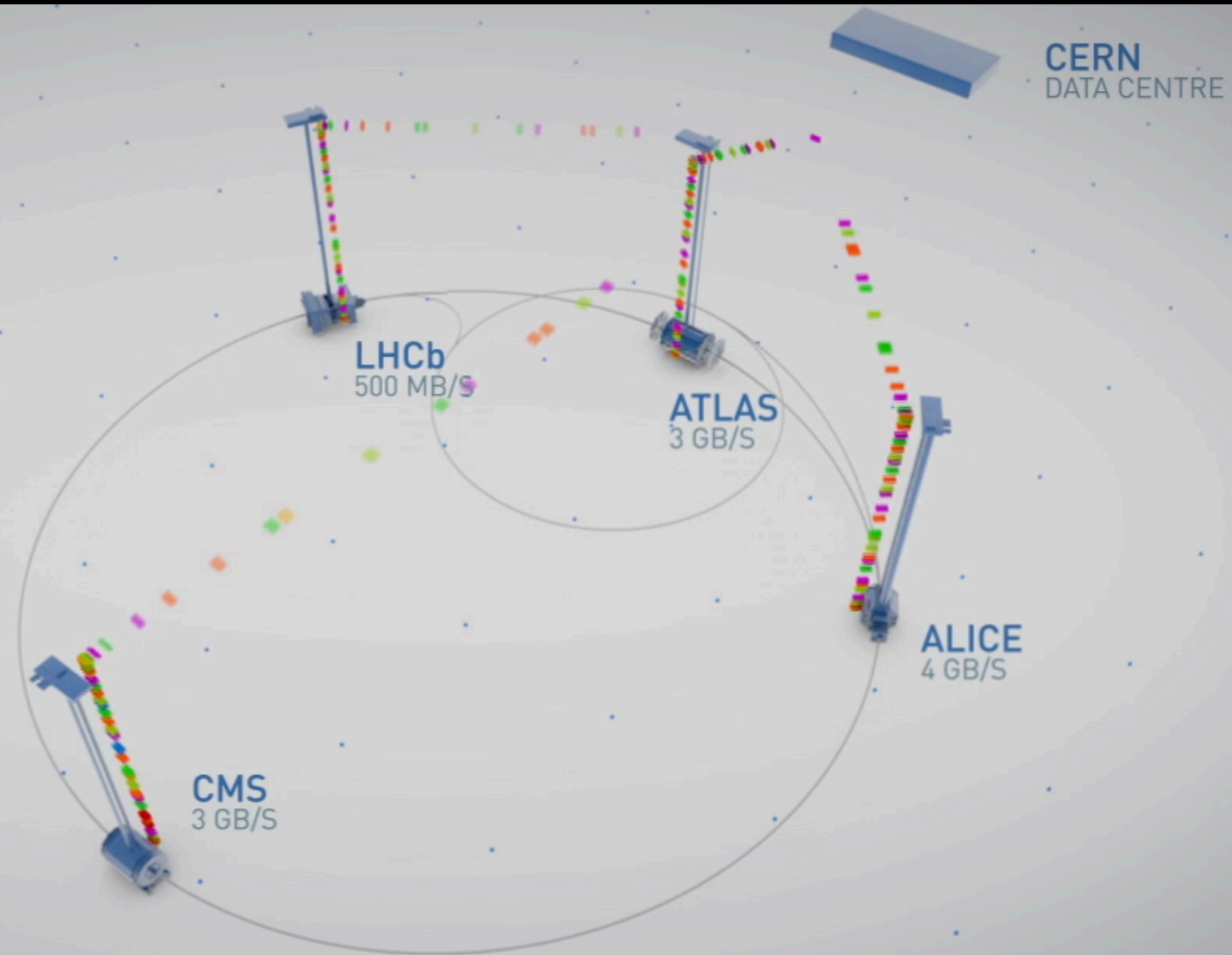
Dalle collisioni alle misure



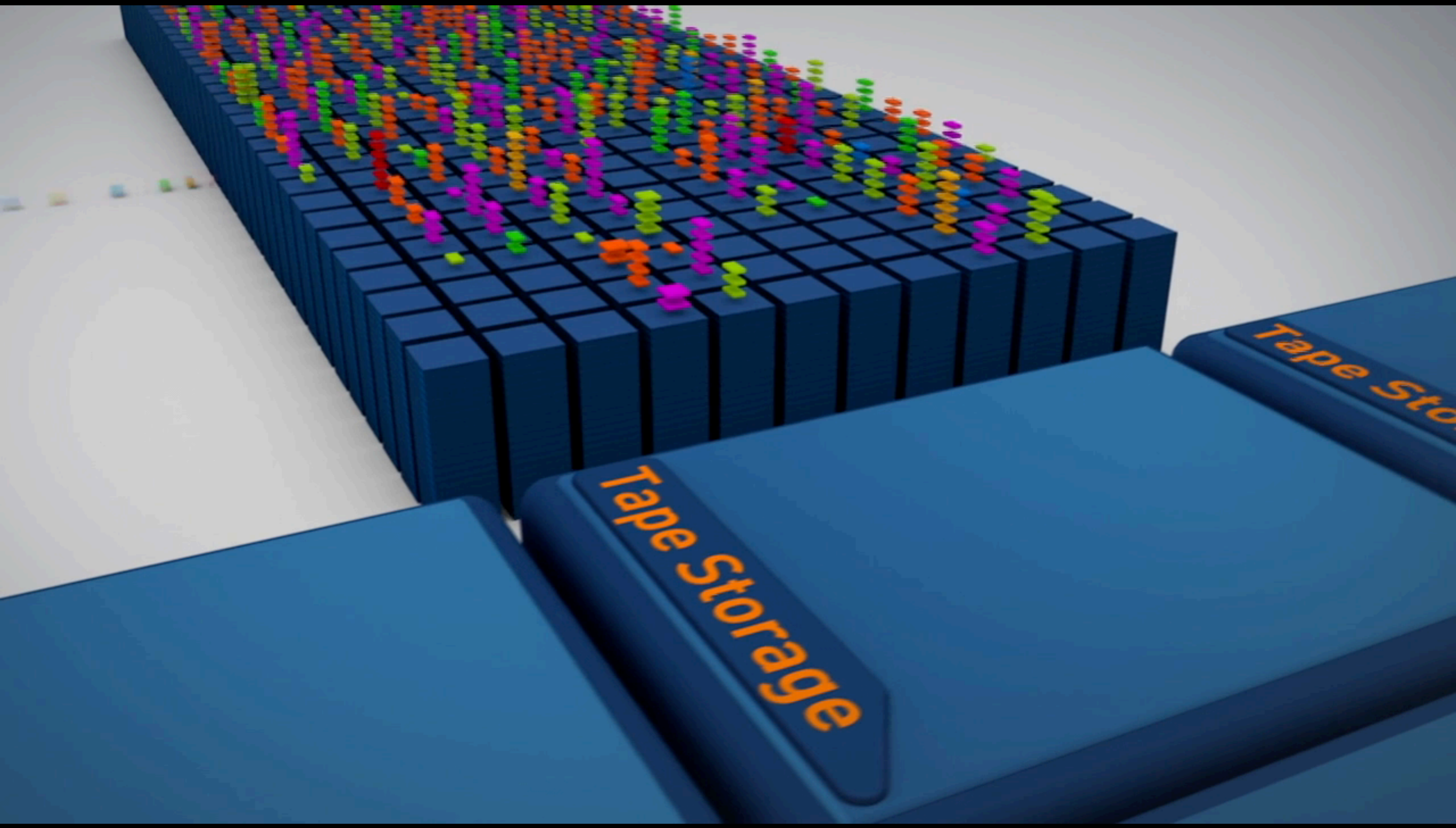
Dalle collisioni alle misure



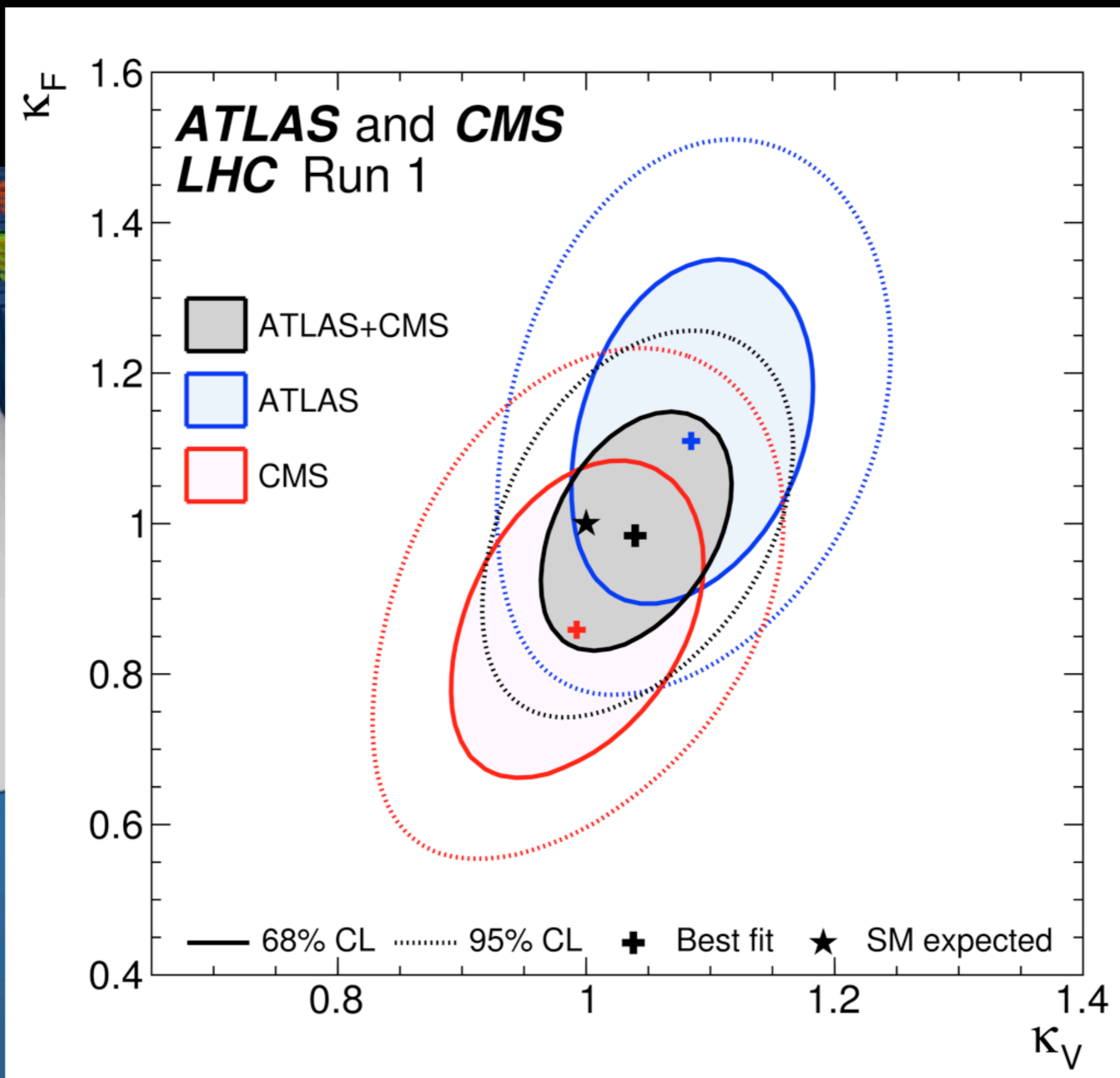
Dalle collisioni alle misure



Dalle collisioni alle misure



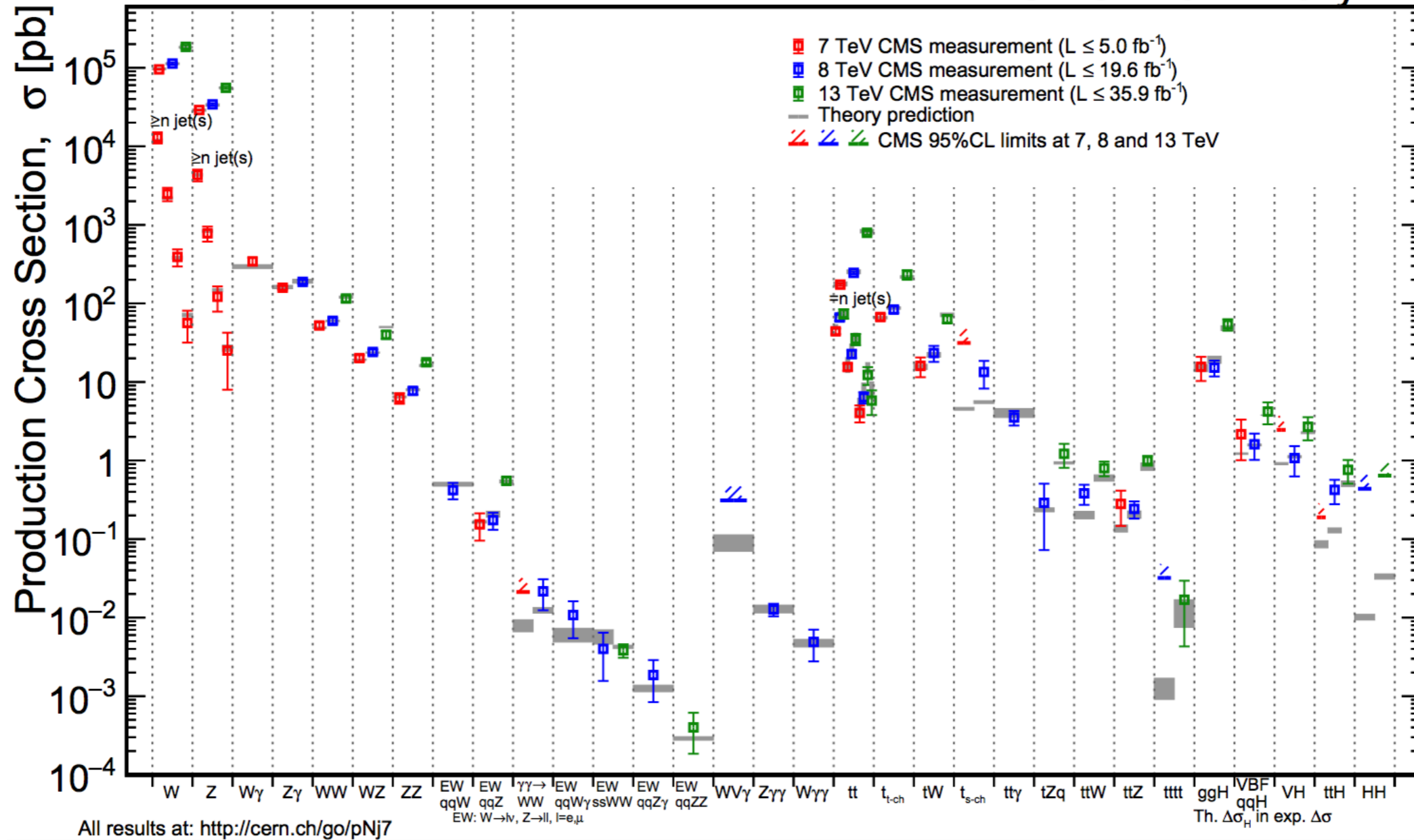
Dalle collisioni alle misure



La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary



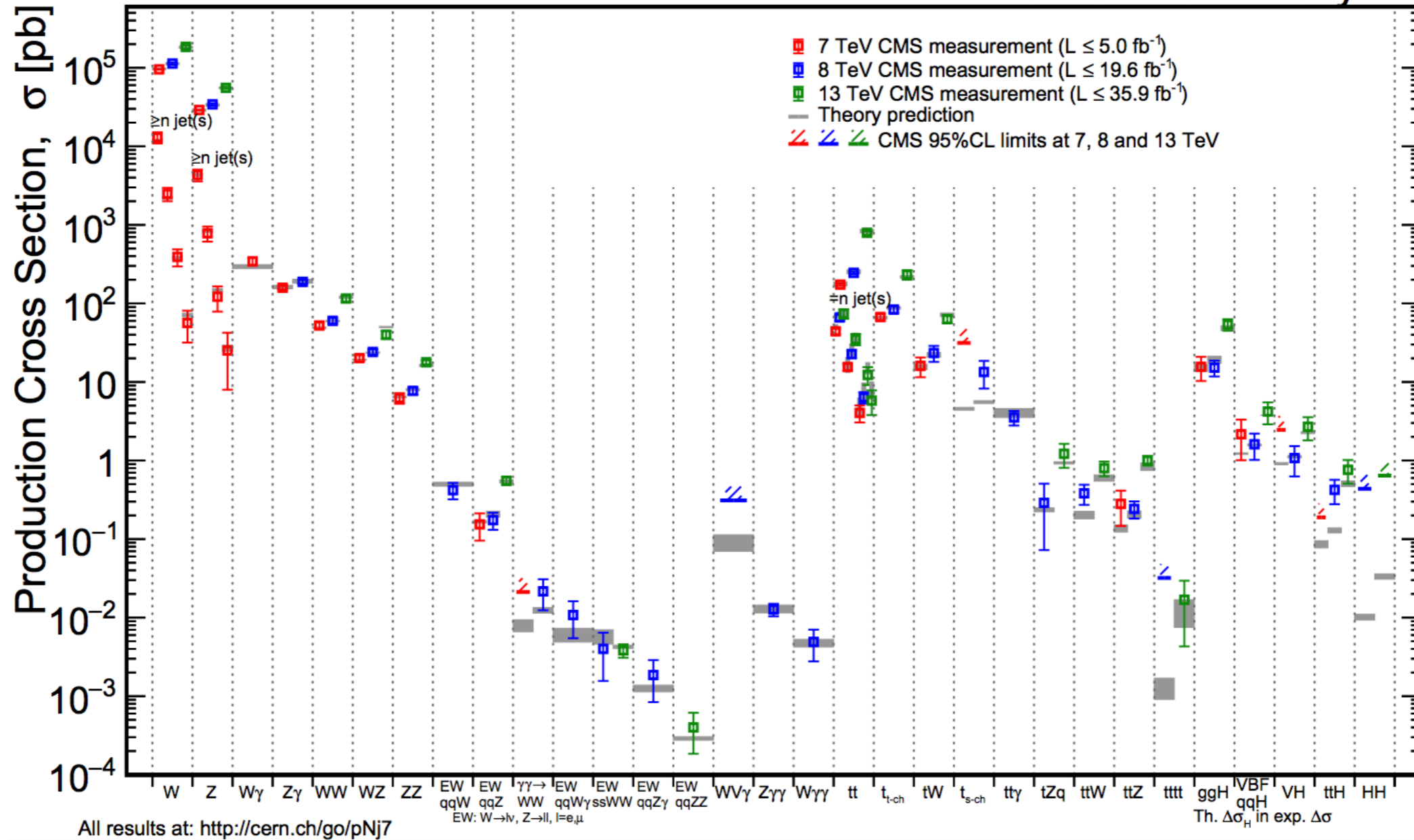
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



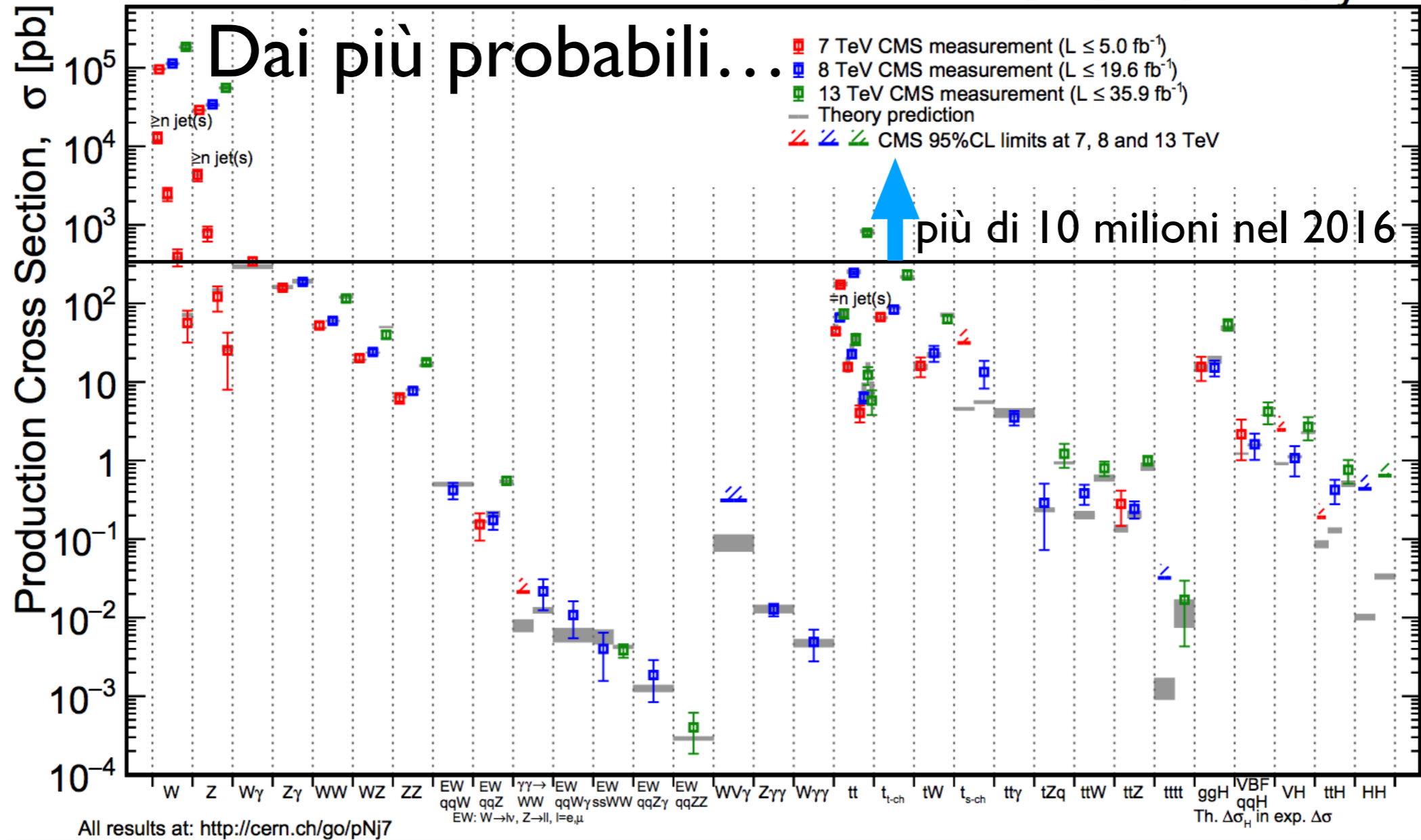
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



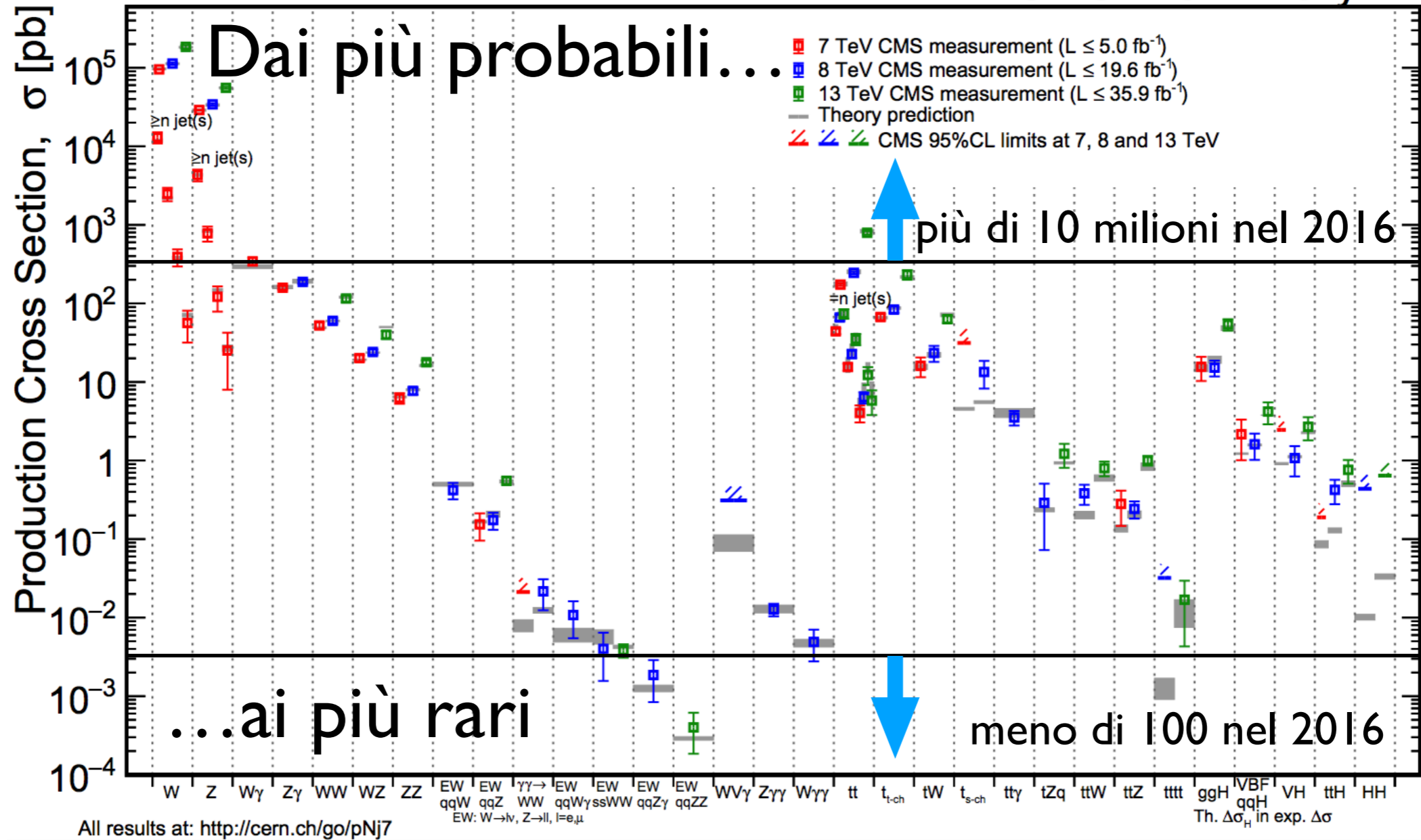
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



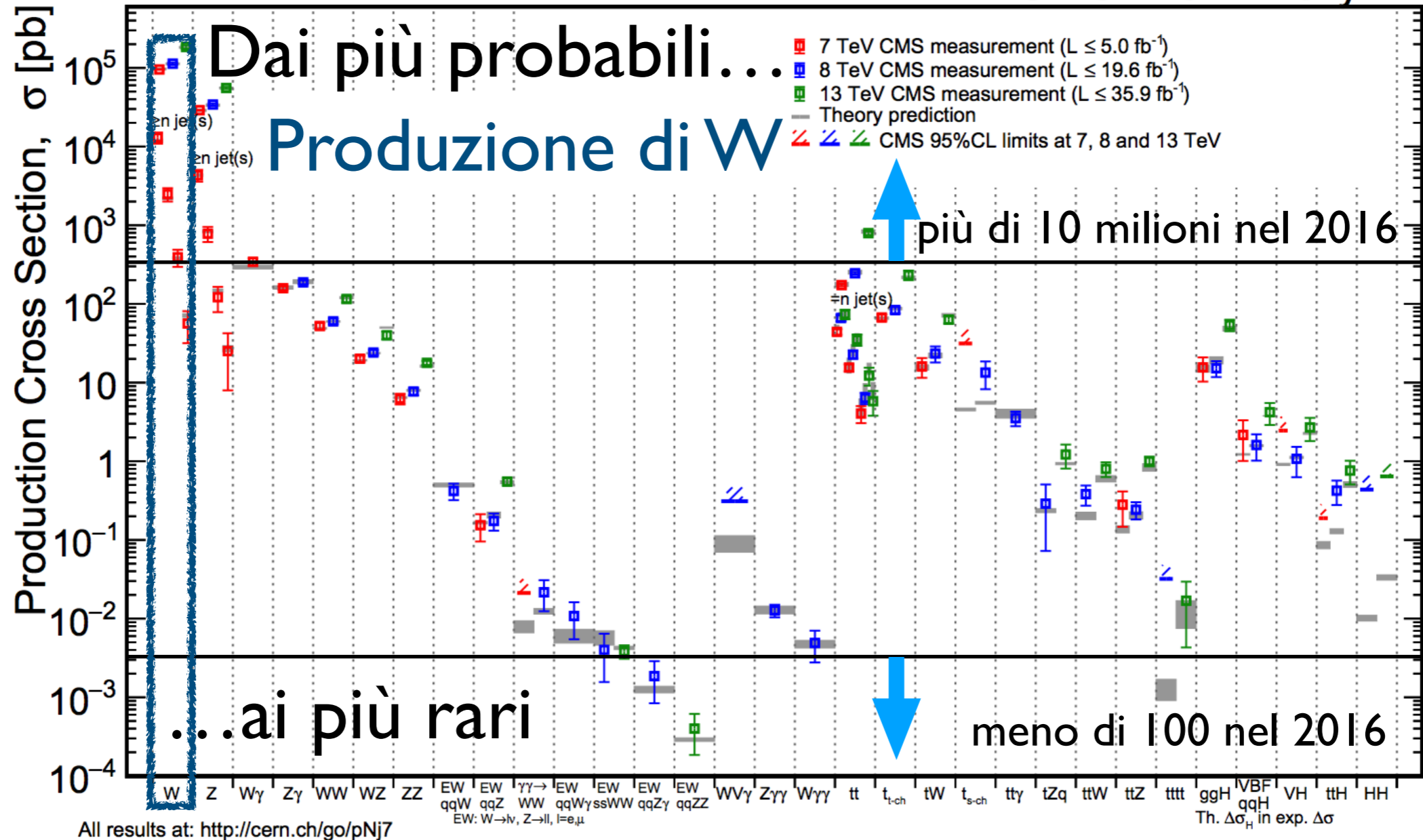
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



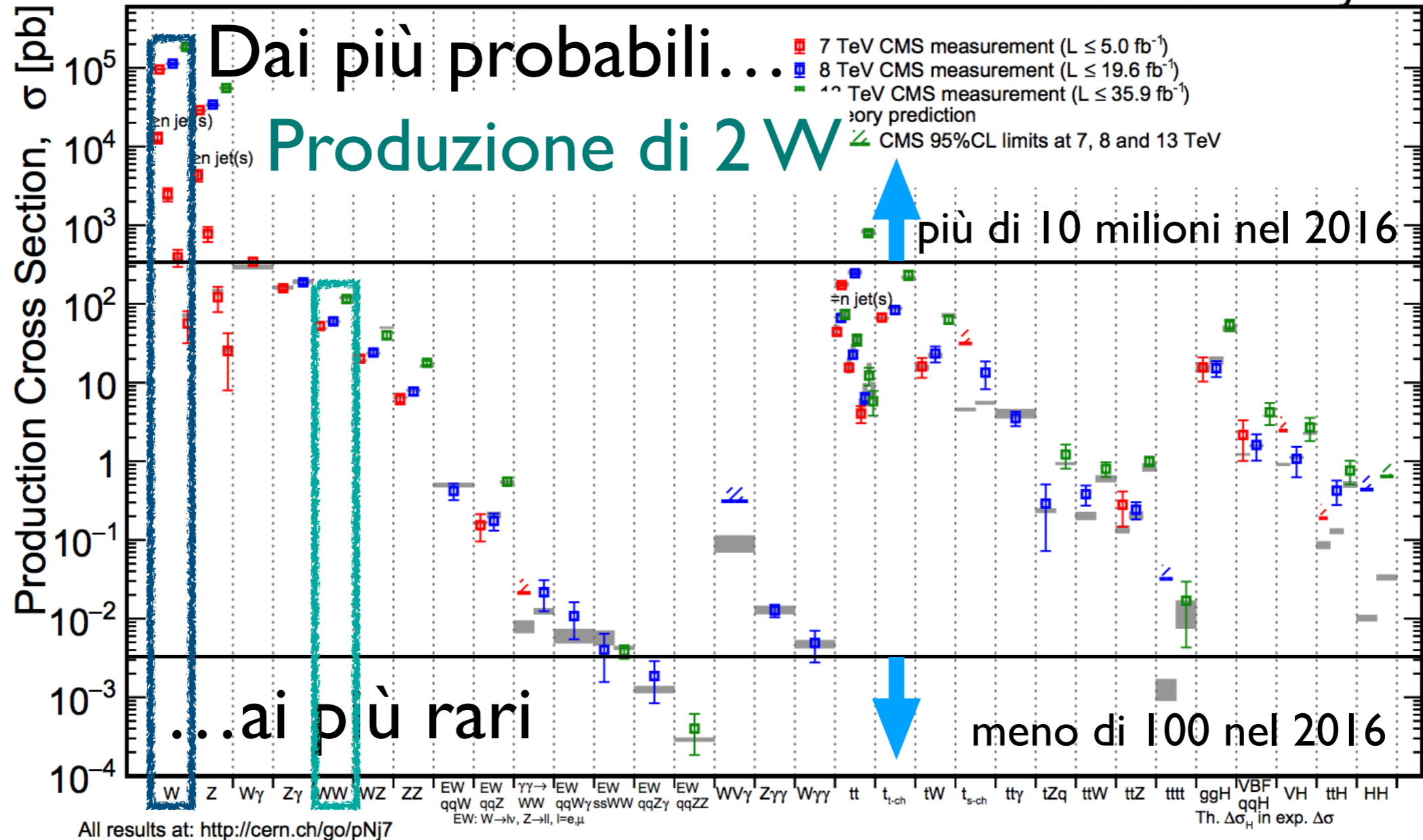
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



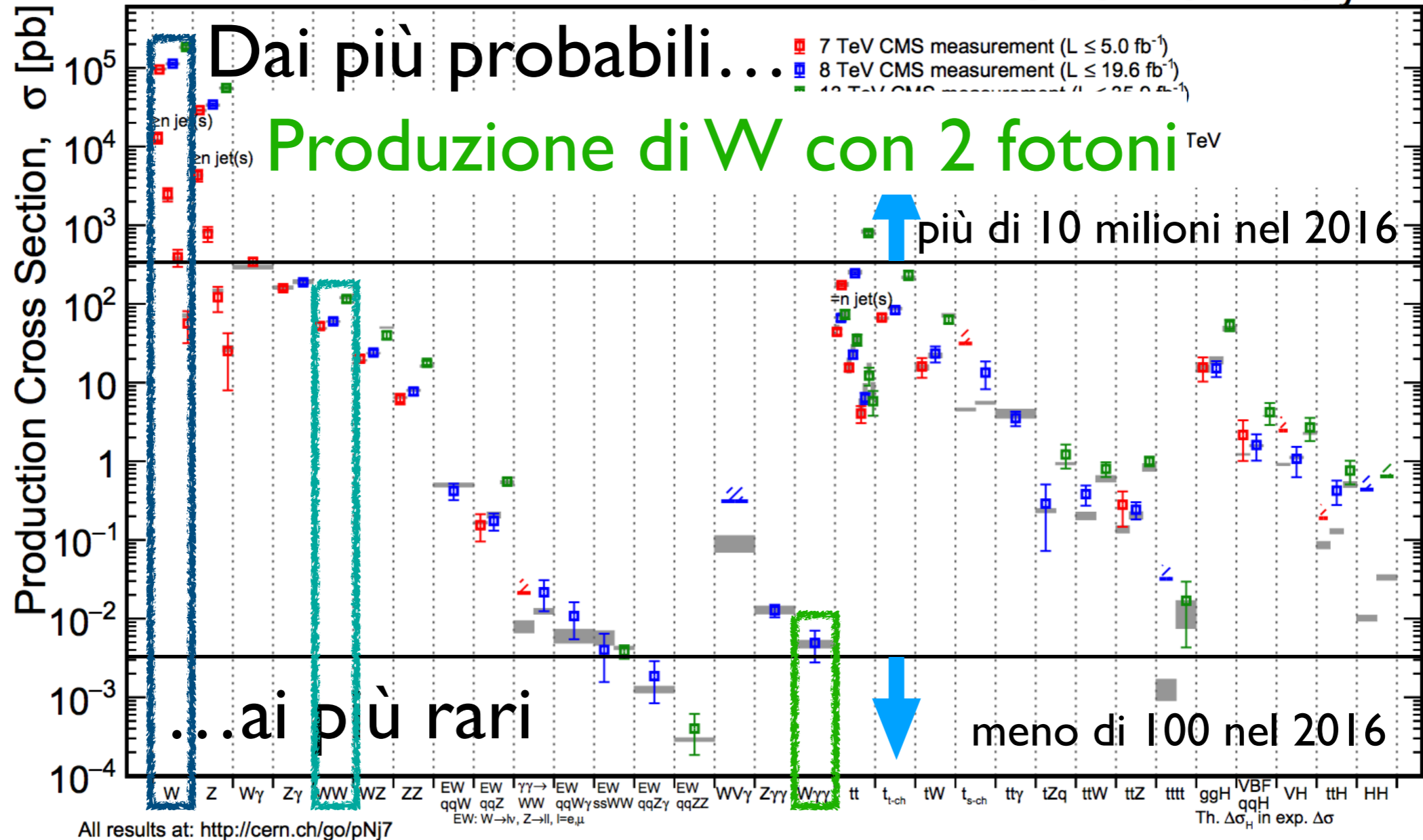
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



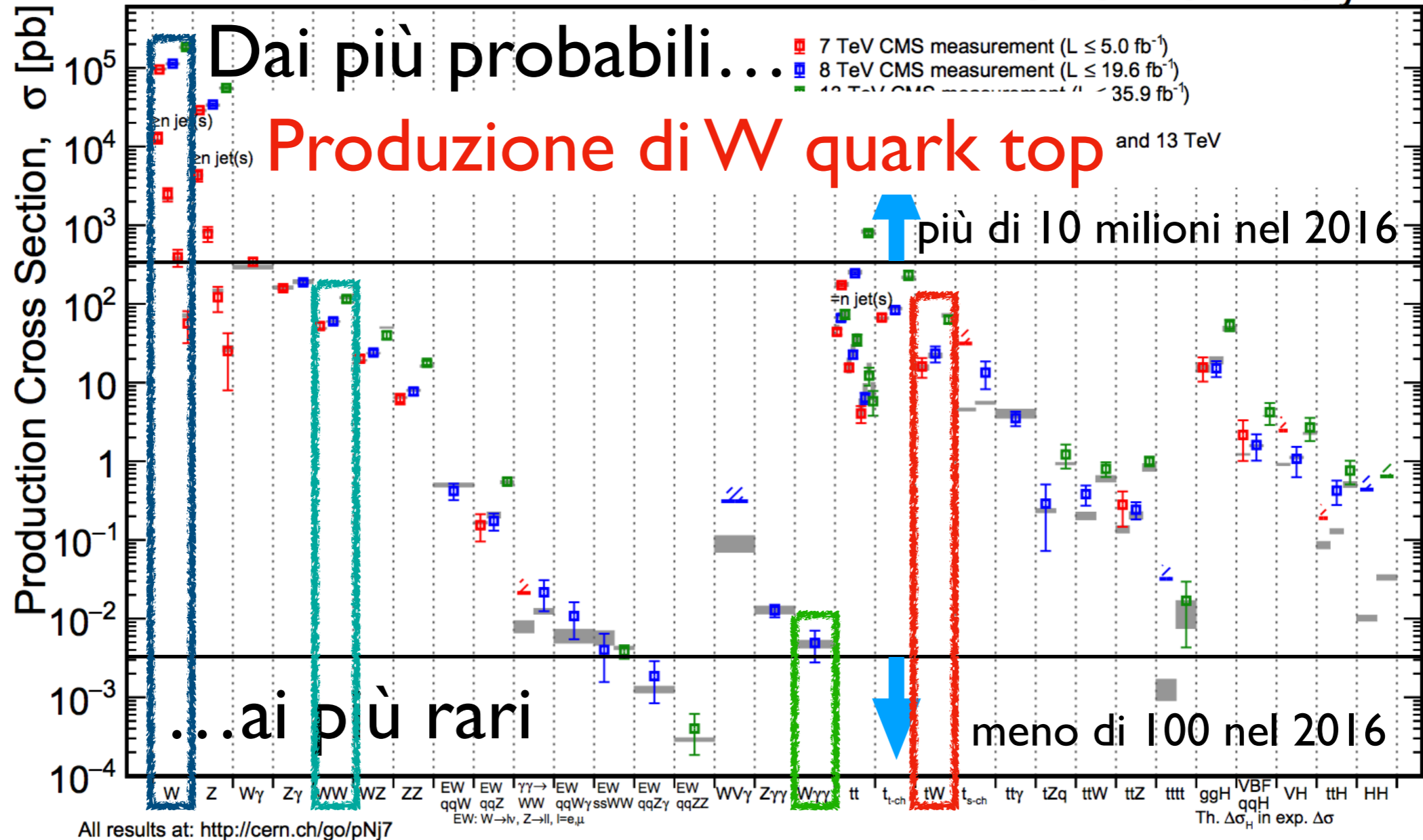
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



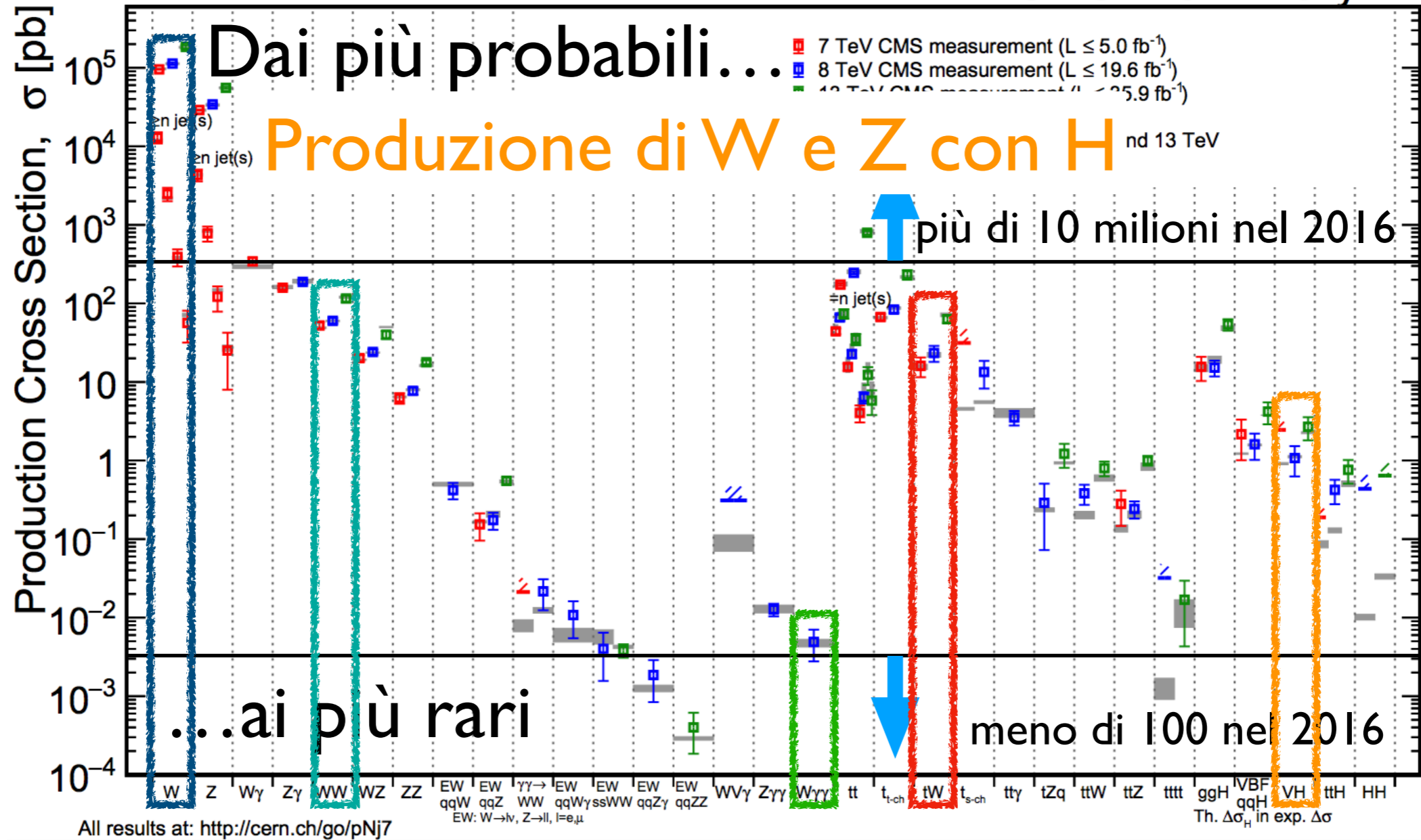
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



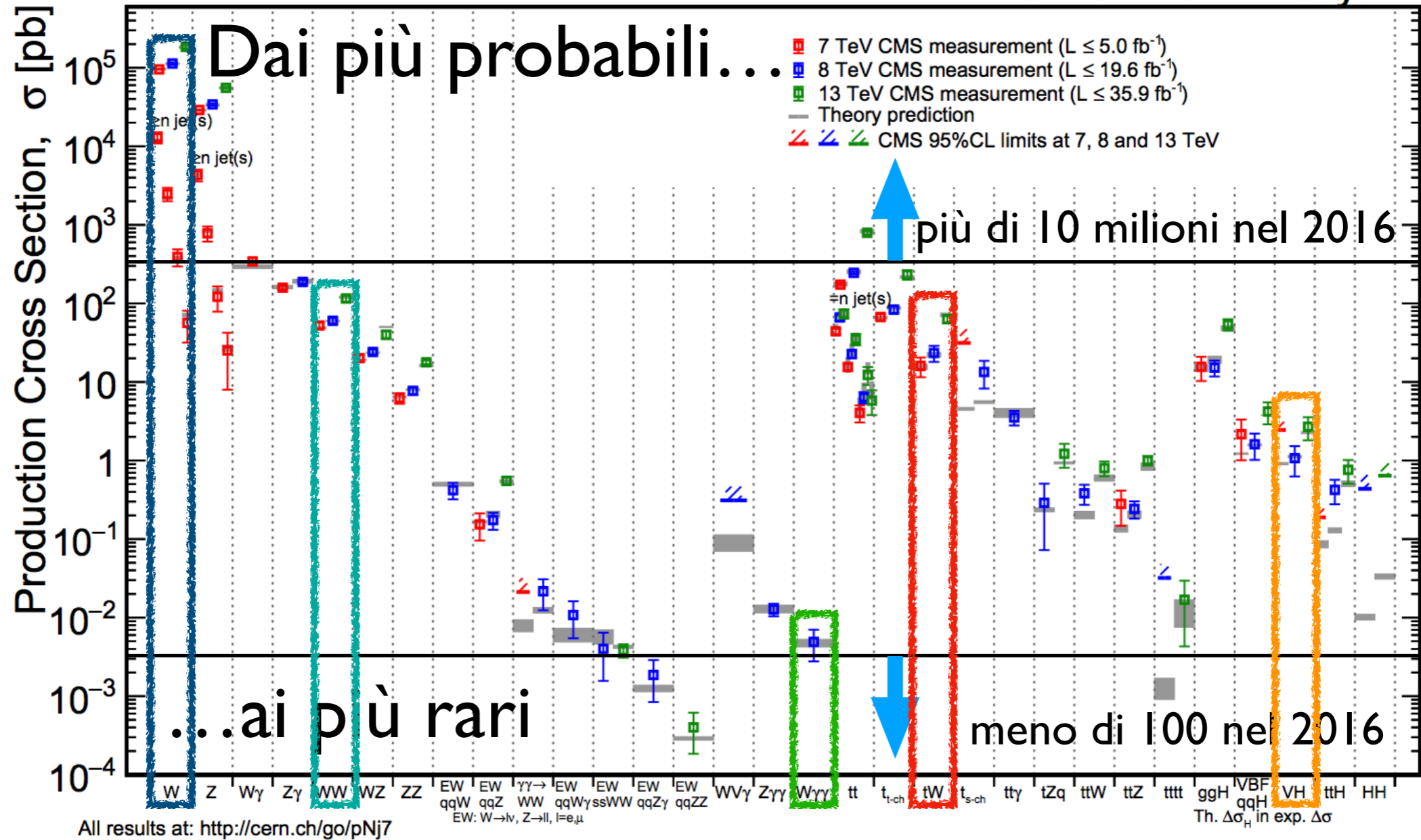
Misura della sezione d'urto di produzione di moltissimi processi previsti dal Modello Standard (Similmente per ATLAS)

La grande sfida per il Modello Standard

September 2017

CMS Preliminary

~ Probabilità di produzione



NOTA: ogni punto in queste figure rappresenta una enorme sfida per misurare la Natura alla scala del TeV.

Non é un caso se ATLAS+CMS vantano più di 1500 pubblicazioni

Ricerca diretta di nuova fisica

Finora, la **ricerca diretta** di nuova fisica ha dato **esiti negativi**

Qualche esempio:

Ricerca diretta di nuova fisica

Finora, la **ricerca diretta** di nuova fisica ha dato **esiti negativi**

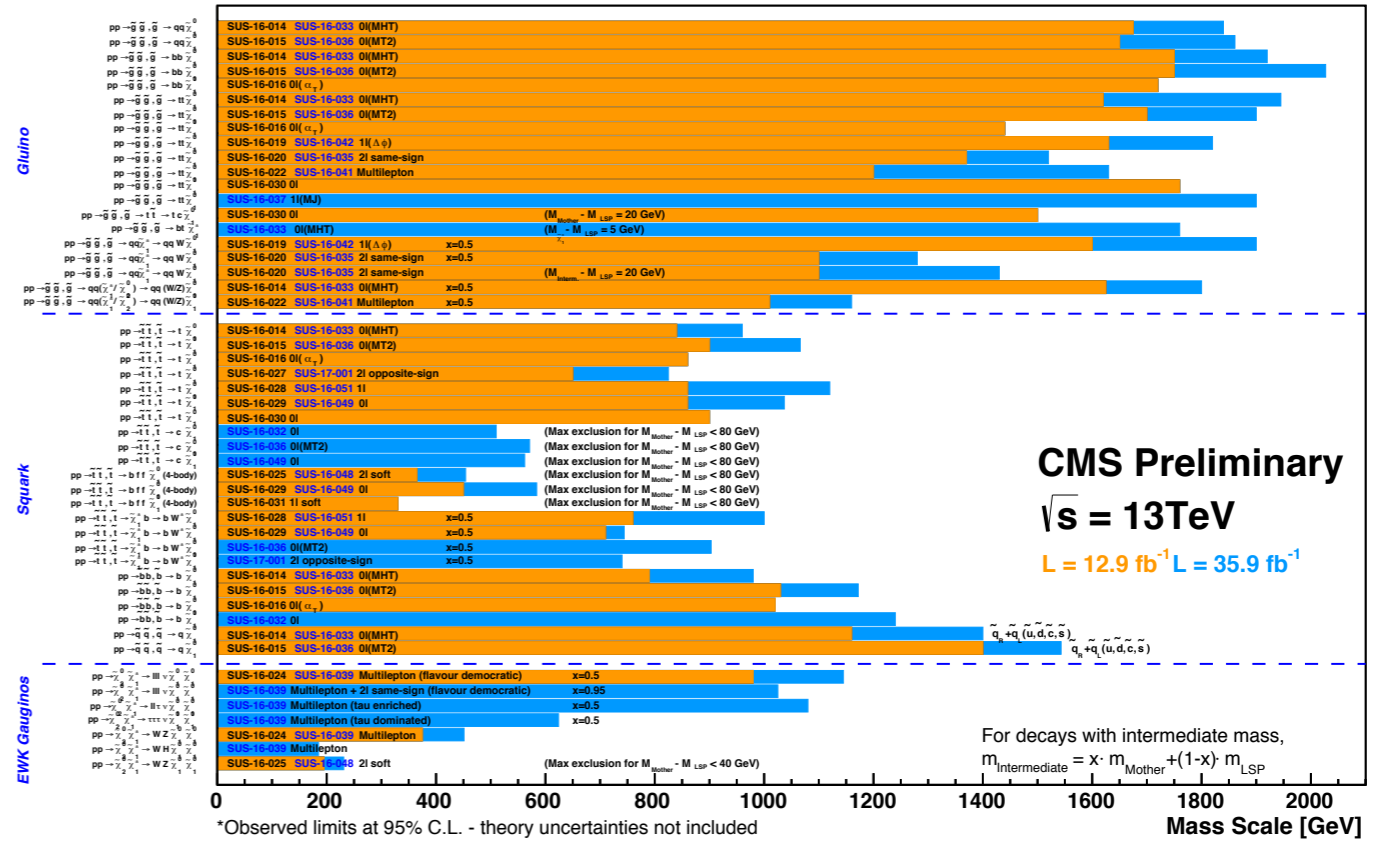
Qualche esempio:

Supersimmetria (MSSM)



Selected CMS SUSY Results* - SMS Interpretation

ICHEP '16 - Moriond '17



Ricerca diretta di nuova fisica

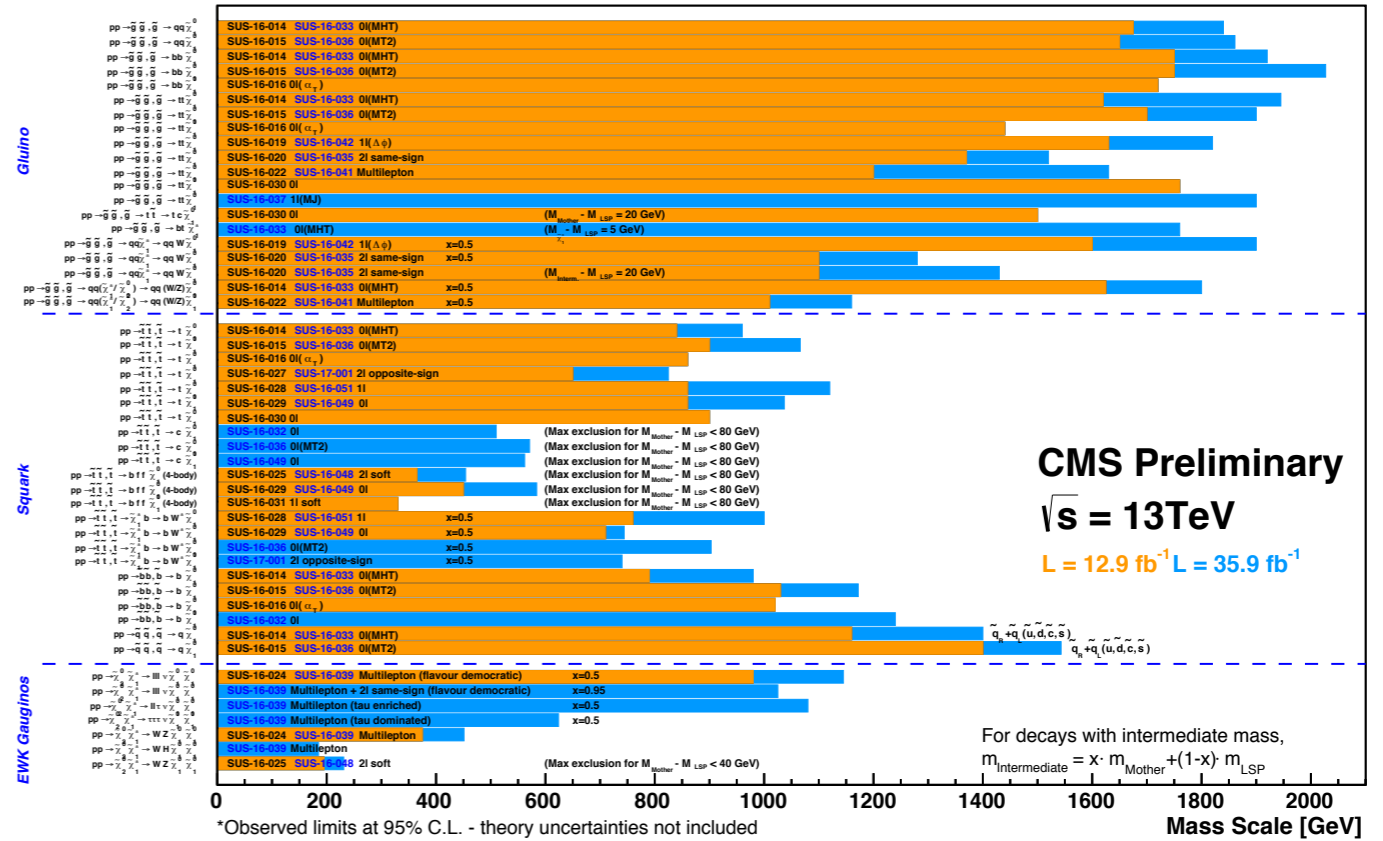
Finora, la **ricerca diretta** di nuova fisica ha dato **esiti negativi**
 Qualche esempio:

Supersimmetria (MSSM)



Selected CMS SUSY Results* - SMS Interpretation

ICHEP '16 - Moriond '17



Top-partners
Higgs compositi
Extra-dimensions
Quark eccitati
 ...



ATLAS Exotics Searches* - 95% CL Upper Exclusion Limits

Status: July 2017

ATLAS Preliminary
 $\int \mathcal{L} dt = (3.2 - 37.0) \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8, 13 \text{ TeV}$

Model	ℓ, γ	Jets†	$E_{\text{miss}}^{\dagger}$	$\int \mathcal{L} dt [\text{fb}^{-1}]$	Limit	Reference	
Extra dimensions	ADD $G_{KK} + g/q$	$0, e, \mu$	$1-4j$	Yes	36.1	M_{Pl} 7.75 TeV	$n=2$ ATLAS-CONF-2017-060
	ADD non-resonant $\gamma\gamma$	2γ	-	-	36.7	M_{Pl} 8.6 TeV	$n=3$ HLZ NLO CERN-EP-2017-132
	ADD QBH	-	$2j$	-	37.0	M_{Pl} 8.9 TeV	$n=6$ 1703.09217
	ADD BH high $\sum p_T$	$\geq 1, e, \mu$	$\geq 2j$	-	3.2	M_{Pl} 8.2 TeV	$n=6, M_D = 3 \text{ TeV}$, rot BH 1608.02265
	ADD BH multijet	-	$\geq 3j$	-	3.6	M_{Pl} 9.55 TeV	$n=6, M_D = 3 \text{ TeV}$, rot BH 1512.02586
Gauge bosons	RSt $G_{KK} \rightarrow \gamma\gamma$	2γ	-	-	36.7	G_{KK} mass 4.1 TeV	$k/M_{\text{Pl}} = 0.1$ CERN-EP-2017-132
	Bulk RS $G_{KK} \rightarrow WW \rightarrow qq\bar{q}\bar{q}$	$1, e, \mu$	$1j$	Yes	36.1	G_{KK} mass 1.75 TeV	$k/M_{\text{Pl}} = 1.0$ ATLAS-CONF-2017-051
	ZUED / RPP	$1, e, \mu$	$\geq 2b, \geq 3j$	Yes	13.2	KK mass 1.6 TeV	Tier (1,1), $\beta(A^{(1,1)} \rightarrow t\bar{t}) = 1$ ATLAS-CONF-2016-104
	SSM $Z' \rightarrow \ell\ell$	$2, e, \mu$	-	-	36.1	Z' mass 4.5 TeV	ATLAS-CONF-2017-027
	SSM $Z' \rightarrow \tau\tau$	2τ	-	-	36.1	Z' mass 2.4 TeV	ATLAS-CONF-2017-050
CI	CI $qqqq$	-	$2j$	-	37.0	A 21.8 TeV	η_{LL} ATLAS-CONF-2017-027
	CI $\ell\ell qq$	$2, e, \mu$	-	-	36.1	A 40.1 TeV	η_{LL} ATLAS-CONF-2017-027
	CI $uu\tau\tau$	$2(S\bar{S}) \geq 3, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 1j$	Yes	20.3	A 4.9 TeV	$ C_{\text{eff}} = 1$ 1504.04605
	Axial-vector mediator (Dirac DM)	$0, e, \mu$	$1-4j$	Yes	36.1	m_{DM} 1.5 TeV	$g_{\mu} = 0.25, g_{\tau} = 1.0, m(\chi) < 400 \text{ GeV}$ ATLAS-CONF-2017-060
	Vector mediator (Dirac DM)	$0, e, \mu, 1\gamma$	$\leq 1j$	Yes	36.1	m_{DM} 1.2 TeV	$g_{\mu} = 0.25, g_{\tau} = 1.0, m(\chi) < 480 \text{ GeV}$ 1704.03848
LO	Scalar LQ 1 st gen	$2, e, \mu$	$\geq 2j$	-	3.2	LQ mass 1.1 TeV	$\beta = 1$ 1605.06035
	Scalar LQ 2 nd gen	$2, e, \mu$	$\geq 2j$	-	3.2	LQ mass 1.05 TeV	$\beta = 1$ 1605.06035
	Scalar LQ 3 rd gen	$1, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 3j$	Yes	20.3	LQ mass 640 GeV	$\beta = 0$ 1508.04735
	VLO $TT \rightarrow Ht + X$	0 or $1, e, \mu$	$\geq 2b, \geq 3j$	Yes	13.2	T mass 1.2 TeV	$\beta(T \rightarrow Ht) = 1$ ATLAS-CONF-2016-104
	VLO $TT \rightarrow Zt + X$	$1, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 3j$	Yes	36.1	T mass 1.16 TeV	$\beta(T \rightarrow Zt) = 1$ 1705.10751
Excited fermions	Excited quark $q^* \rightarrow qg$	-	$2j$	-	37.0	q^* mass 6.0 TeV	only u' and d' , $\Lambda = m(q')$ 1703.09127
	Excited quark $q^* \rightarrow q\gamma$	1γ	$1j$	-	36.7	q^* mass 5.3 TeV	only u' and d' , $\Lambda = m(q')$ CERN-EP-2017-148
	Excited quark $b^* \rightarrow bg$	-	$1b, 1j$	-	13.3	b^* mass 2.3 TeV	ATLAS-CONF-2016-060
	Excited quark $b^* \rightarrow Wt$	1 or $2, e, \mu$	$1b, 2, 0j$	Yes	20.3	b^* mass 1.5 TeV	$f_{\ell} = f_t = f_b = 1$ 1510.02664
	Excited lepton ℓ^*	$3, e, \mu, \tau$	-	-	20.3	ℓ^* mass 3.0 TeV	$\Lambda = 3.0 \text{ TeV}$ 1411.2921
Other	Excited lepton ν^*	$3, e, \mu, \tau$	-	-	20.3	ν^* mass 1.6 TeV	$\Lambda = 1.6 \text{ TeV}$ 1411.2921
	LRSM Majorana ν	$2, e, \mu$	$2j$	-	20.3	ν^{\dagger} mass 2.0 TeV	$m(W_{\mu}) = 2.4 \text{ TeV}$, no mixing 1508.06020
	Higgs triplet $H^{\pm\pm} \rightarrow \ell\ell$	$2, 3, 4, e, \mu$ (SS)	-	-	36.1	$H^{\pm\pm}$ mass 870 GeV	DY production ATLAS-CONF-2017-053
	Higgs triplet $H^{\pm\pm} \rightarrow \ell\tau$	$3, e, \mu, \tau$	-	-	20.3	$H^{\pm\pm}$ mass 400 GeV	DY production, $\beta(H_{\tau}^{\pm\pm} \rightarrow \ell\tau) = 1$ 1411.2921
	Monotop (non-res prod)	$1, e, \mu$	$1b$	Yes	20.3	spin-1 invisible particle mass 637 GeV	$\lambda_{\text{non-res}} = 0.2$ 1410.5404
Multi-charged particles	-	-	-	20.3	multi-charged particle mass 795 GeV	DY production, $ q = 5e$ 1504.04188	
Magnetic monopoles	-	-	-	7.0	monopole mass 1.34 TeV	DY production, $ g = 1g_D$, spin 1/2 1509.08059	

*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown.

†Small-radius (large-radius) jets are denoted by the letter J (J).

Ricerca diretta di nuova fisica

Finora, la **ricerca diretta** di nuova fisica ha dato **esiti negativi**

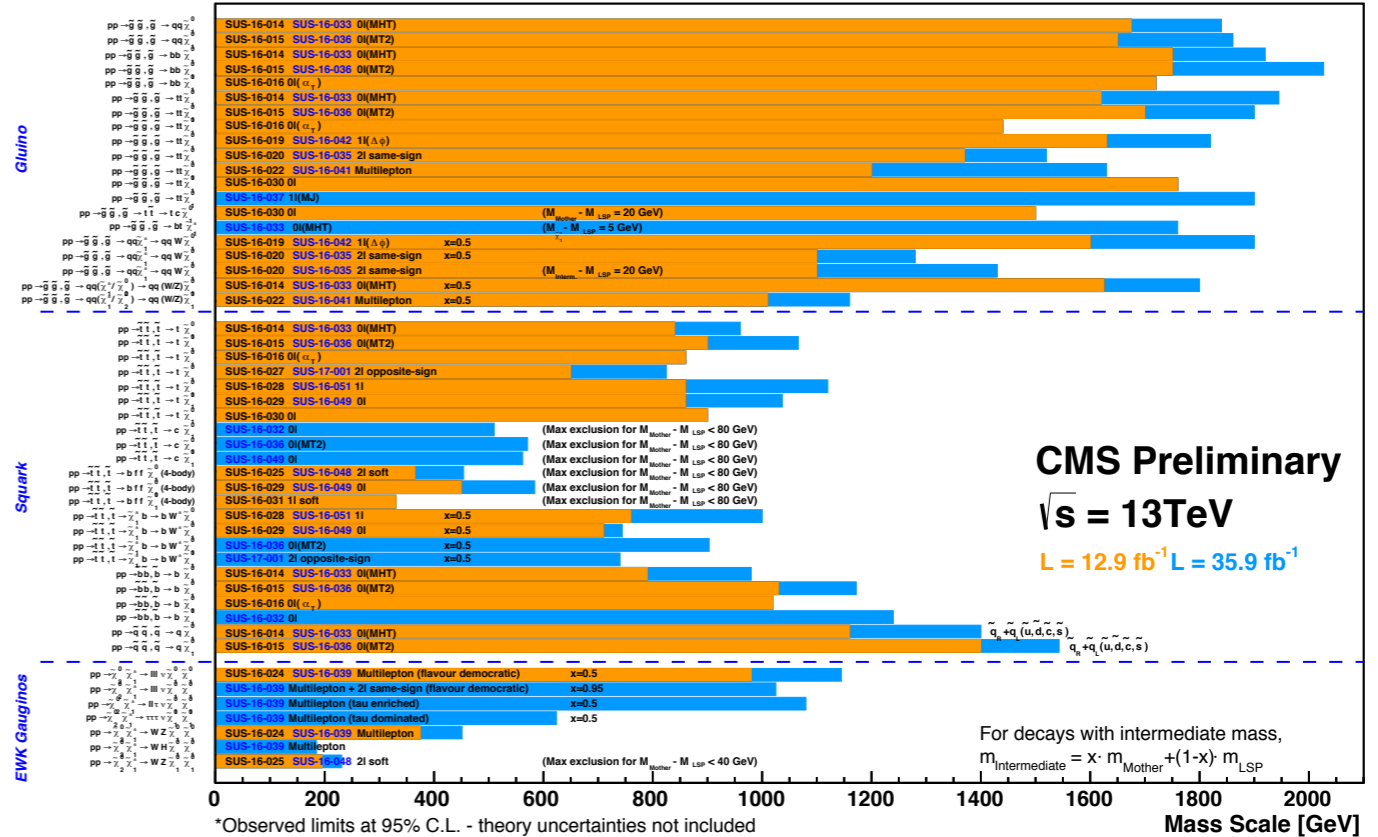
Qualche esempio:

Supersimmetria (MSSM)



Selected CMS SUSY Results* - SMS Interpretation

ICHEP '16 - Moriond '17



Top-partners
Higgs compositi
Extra-dimensions
Quark eccitati
 ...



ATLAS Exotics Searches* - 95% CL Upper Exclusion Limits
 Status: July 2017

ATLAS Preliminary
 $\int \mathcal{L} dt = (3.2 - 37.0) \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8, 13 \text{ TeV}$

Search	Signature	Model	Upper Exclusion Limit	Notes
ADD dim-5	ADD $G_{KK} + g/q$	$0 < \mu, 1-4j$	36.1	M_{Pl} 7.75 TeV, $n=2$
	ADD QBH	$\geq 2j$	37.0	M_{BH} 8.9 TeV, $n=6$
	ADD BH high $\sum p_T$	$\geq 1 e, \mu, \geq 2j$	3.2	M_{BH} 8.2 TeV, $n=6, M_D = 3 \text{ TeV}$, rot BH
	ADD BH multijet	$\geq 3j$	3.6	M_{BH} 9.55 TeV, $n=6, M_D = 3 \text{ TeV}$, rot BH
Bulk RS	$G_{KK} \rightarrow WW \rightarrow qq\bar{q}\bar{q}$	$1 e, \mu, 1j$	36.1	$G_{KK} \text{ mass } 1.75 \text{ TeV}$
	ZUED / RPP	$\geq 2 b, \geq 3j$	13.2	$KK \text{ mass } 1.6 \text{ TeV}$
SUSY	$Z' \text{ mass}$	$2 e, \mu$	36.1	4.5 TeV
	$Z' \text{ mass}$	2τ	36.1	2.4 TeV
	$Z' \text{ mass}$	$\geq 2 b$	3.2	1.5 TeV
	$Z' \text{ mass}$	$1 e, \mu, \geq 1 b, \geq 1J/2$	3.2	2.0 TeV
W mass	$W \text{ mass}$	$1 e, \mu$	36.1	5.1 TeV
	$V \text{ mass}$	$0 e, \mu, 2j$	36.7	3.5 TeV

Esempio: modelli con Quantum Black Holes esclusi fino a masse del BH di ~ 10 TeV

10 TeV

Ricerca diretta di nuova fisica

Finora, la **ricerca diretta** di nuova fisica ha dato **esiti negativi**
 Qualche esempio:

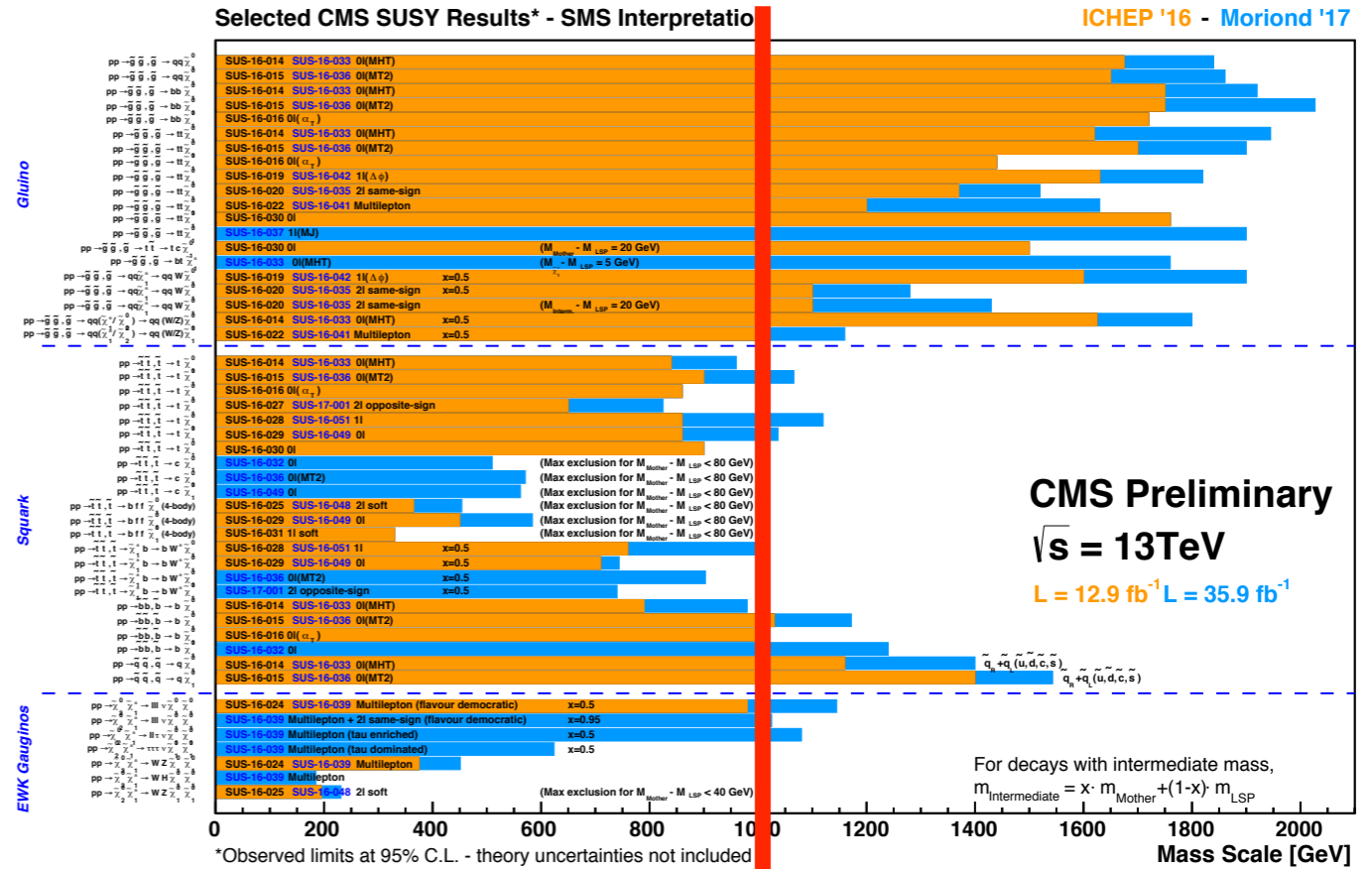
Supersimmetria (MSSM)



Top-partners
Higgs compositi
Extra-dimensions
Quark eccitati
 ...



...



ATLAS Exotics Searches* - 95% CL Upper Exclusion Limits
 Status: July 2017
 ATLAS Preliminary
 $\int \mathcal{L} dt = (3.2 - 37.0) \text{ fb}^{-1}$
 $\sqrt{s} = 8, 13 \text{ TeV}$

Model	ℓ, γ	Jets†	E_{miss}^T	$\int \mathcal{L} dt [\text{fb}^{-1}]$	Limit	Reference
Extra dimensions	ADD $G_{KK} + g/q$	$0, e, \mu$	$1-4j$	Yes	36.1	M_{KK} 7.75 TeV $n=2$
	ADD non-resonant $\gamma\gamma$	2γ	-	-	36.7	M_{KK} 8.6 TeV $n=3$ HLZ NLO
	ADD QBH	-	$2j$	-	37.0	M_{KK} 8.9 TeV $n=6$
	ADD BH high $\sum p_T$	$\geq 1, e, \mu$	$\geq 2j$	-	3.2	M_{KK} 8.2 TeV $n=6, M_D = 3 \text{ TeV}$, rot BH
Gauge bosons	SSM $Z' \rightarrow \ell\ell$	$2, e, \mu$	-	-	36.1	Z' mass 4.5 TeV
	SSM $Z' \rightarrow \tau\tau$	2τ	-	-	36.1	Z' mass 2.4 TeV
	Leptophobic $Z' \rightarrow bb$	-	$2b$	-	3.2	Z' mass 1.9 TeV
	Leptophobic $Z' \rightarrow tt$	$1, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 1J/2j$	Yes	3.2	Z' mass 2.0 TeV
	SSM $W' \rightarrow \ell\nu$	$1, e, \mu$	-	Yes	36.1	W' mass 5.1 TeV
	HVT $V' \rightarrow WV \rightarrow qq\bar{q}\bar{q}$ model B	$0, e, \mu$	$2j$	-	36.7	V' mass 3.5 TeV
	HVT $V' \rightarrow WH/ZH$ model B	multi-channel	-	-	36.1	V' mass 2.93 TeV
	LRSM $W'_\mu \rightarrow tb$	$1, e, \mu$	$2b, 0-1j$	Yes	20.3	W' mass 2.1 TeV
	LRSM $W'_\mu \rightarrow tb$	$0, e, \mu$	$\geq 1b, 1j$	Yes	20.3	W' mass 1.7 TeV
	CI	CI $qqqq$	-	$2j$	-	37.0
CI $\ell\ell qq$		$2, e, \mu$	-	-	36.1	A 40.1 TeV η_{LL}
CI $uu\tau\tau$		$2(S\bar{S}) \geq 3, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 1j$	Yes	20.3	A 4.9 TeV $ C_{\text{eff}} = 1$
DM	Axial-vector mediator (Dirac DM)	$0, e, \mu$	$1-4j$	Yes	36.1	m_{DM} 1.5 TeV
	Vector mediator (Dirac DM)	$0, e, \mu, 1\gamma$	$\leq 1j$	Yes	36.1	m_{DM} 1.2 TeV
	$VV_{\chi\chi}$ EFT (Dirac DM)	$0, e, \mu, 1j, \leq 1j$	Yes	3.2	M_{DM} 700 GeV	
LO	Scalar LQ 1 st gen	$2, e, \mu$	$\geq 2j$	-	3.2	LQ mass 1.1 TeV
	Scalar LQ 2 nd gen	$2, e, \mu$	$\geq 2j$	-	3.2	LQ mass 1.05 TeV
	Scalar LQ 3 rd gen	$1, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 3j$	Yes	20.3	LQ mass 640 GeV
Heavy quarks	VLO $TT \rightarrow Ht + X$	0 or $1, e, \mu$	$\geq 2b, \geq 3j$	Yes	13.2	T mass 1.2 TeV
	VLO $TT \rightarrow Zt + X$	$1, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 3j$	Yes	36.1	T mass 1.16 TeV
	VLO $TT \rightarrow Wb + X$	$1, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 1J/2j$	Yes	36.1	T mass 1.35 TeV
	VLO $BB \rightarrow Hb + X$	$1, e, \mu$	$\geq 2b, \geq 3j$	Yes	20.3	B mass 700 GeV
	VLO $BB \rightarrow Zb + X$	$2j \geq 3, e, \mu$	$\geq 2j \geq 1b$	-	20.3	B mass 790 GeV
	VLO $BB \rightarrow Wt + X$	$1, e, \mu$	$\geq 1b, \geq 1J/2j$	Yes	36.1	B mass 1.25 TeV
Excited fermions	Excited quark $q^* \rightarrow qg$	-	$2j$	-	37.0	q^* mass 6.0 TeV
	Excited quark $q^* \rightarrow q\gamma$	1γ	$1j$	-	36.7	q^* mass 5.3 TeV
	Excited quark $b^* \rightarrow bg$	-	$1b, 1j$	-	13.3	b^* mass 2.3 TeV
	Excited quark $b^* \rightarrow Wt$	1 or $2, e, \mu$	$1b, 2-0j$	Yes	20.3	b^* mass 1.5 TeV
	Excited lepton ℓ^*	$3, e, \mu, \tau$	-	-	20.3	ℓ^* mass 3.0 TeV
Other	LRSM Majorana ν	$2, e, \mu$	$2j$	-	20.3	ν^c mass 0.7 TeV
	Higgs triplet $H^{\pm\pm} \rightarrow \ell\ell$	$2, 3, 4, e, \mu$ (SS)	-	-	36.1	$H^{\pm\pm}$ mass 870 GeV
	Higgs triplet $H^{\pm\pm} \rightarrow \ell\tau$	$3, e, \mu, \tau$	-	-	20.3	$H^{\pm\pm}$ mass 400 GeV
	Monotop (non-res prod)	$1, e, \mu$	$1b$	Yes	20.3	spin-1 invisible particle mass 637 GeV
	Multi-charged particles	-	-	-	20.3	multi-charged particle mass 795 GeV
	Magnetic monopoles	-	-	-	7.0	monopole mass 1.34 TeV

*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown.
 †Small-radius (large-radius) jets are denoted by the letter j (J).

1 TeV

Ricerca diretta di nuova fisica

Finora, la **ricerca diretta** di nuova fisica ha dato **esiti negativi**

Qualche esempio:

Supersimmetria (MSSM)

Top-partners
Higgs compositi
Extra-dimensions
Quark eccitati

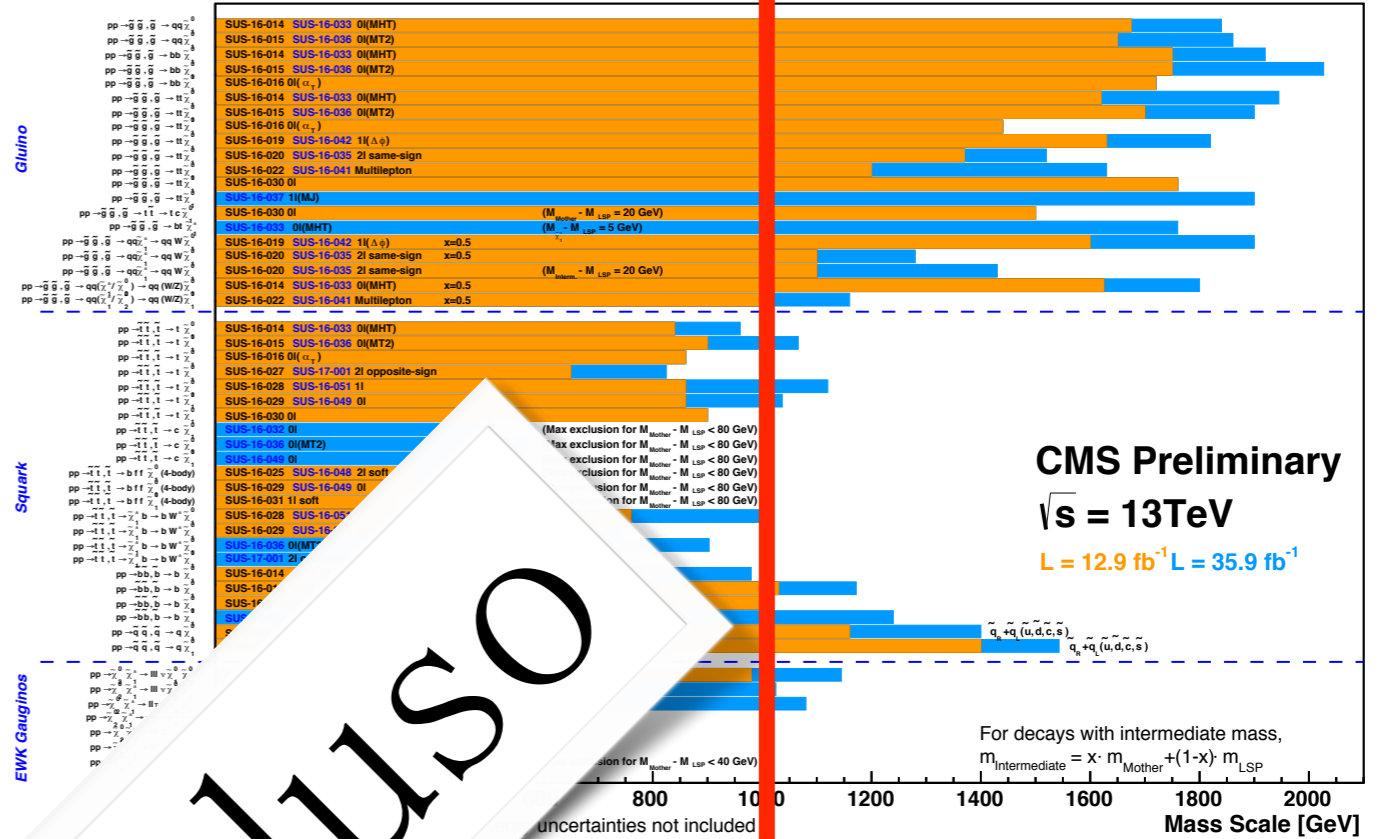
...



ESCLUSO

Selected CMS SUSY Results* - SMS Interpretation

ICHEP '16 - Moriond '17



CMS Preliminary
 $\sqrt{s} = 13\text{TeV}$
 $L = 12.9\text{ fb}^{-1}$ $L = 35.9\text{ fb}^{-1}$

For decays with intermediate mass,
 $m_{\text{intermediate}} = x \cdot m_{\text{Mother}} + (1-x) \cdot m_{\text{LSP}}$

uncertainties not included

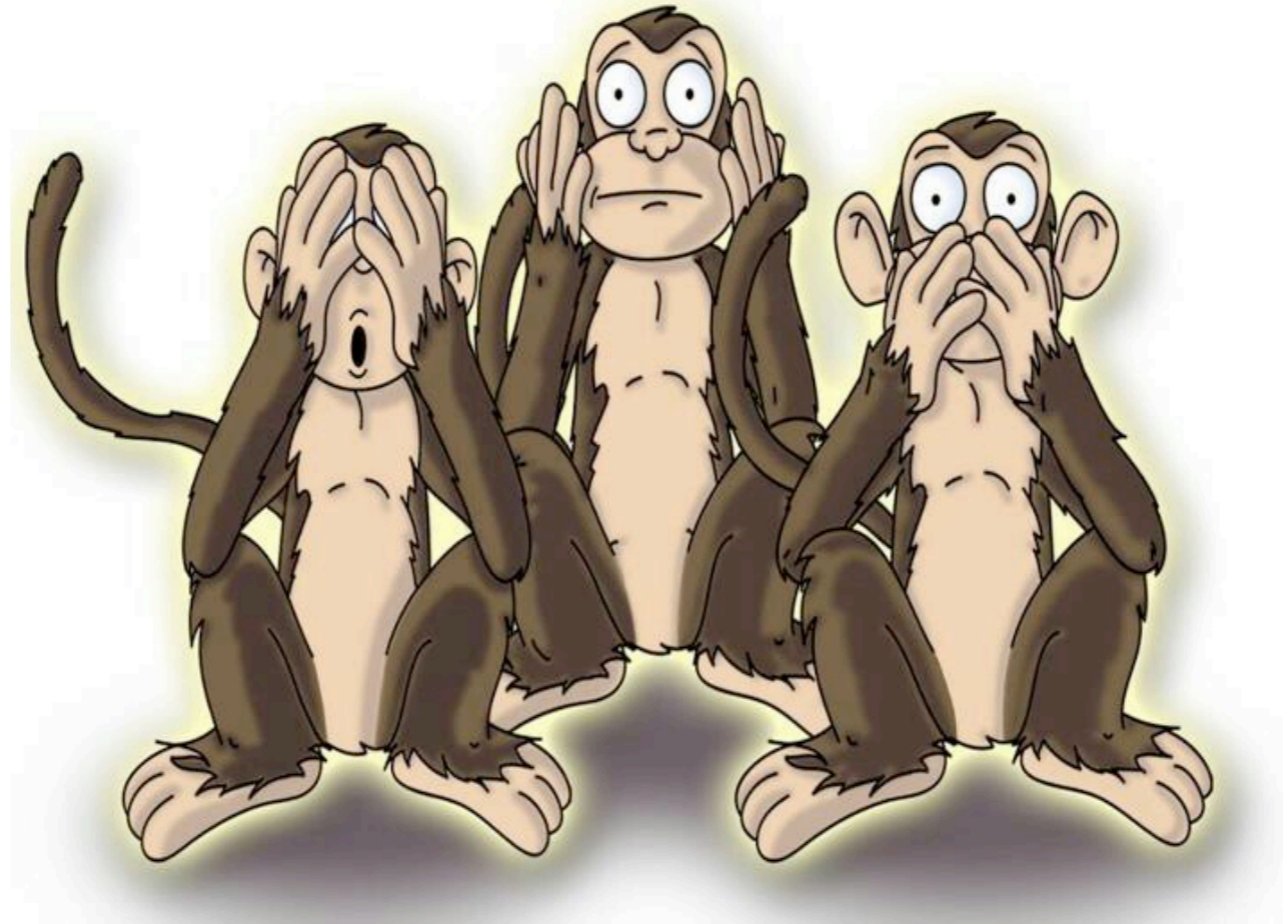
Upper Exclusion Limits

Model	Decay Channel	Limit [TeV]	Reference
Gluino	$\tilde{g} \rightarrow q\bar{q}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow t\bar{t}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow b\bar{b}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow W\bar{W}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow Z\bar{Z}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow \gamma\gamma$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow \tau\bar{\tau}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow \mu\bar{\mu}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow e\bar{e}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{g} \rightarrow \nu\bar{\nu}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
Squark	$\tilde{q} \rightarrow q\bar{q}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow t\bar{t}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow b\bar{b}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow W\bar{W}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow Z\bar{Z}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow \gamma\gamma$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow \tau\bar{\tau}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow \mu\bar{\mu}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow e\bar{e}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{q} \rightarrow \nu\bar{\nu}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
EWK Gauginos	$\tilde{W} \rightarrow W\bar{W}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{W} \rightarrow Z\bar{Z}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{W} \rightarrow \gamma\gamma$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{W} \rightarrow \tau\bar{\tau}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{W} \rightarrow \mu\bar{\mu}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{W} \rightarrow e\bar{e}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{W} \rightarrow \nu\bar{\nu}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{Z} \rightarrow Z\bar{Z}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{Z} \rightarrow \gamma\gamma$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014
	$\tilde{Z} \rightarrow \tau\bar{\tau}$	1.8 TeV	ATLAS-CONF-2016-014

1 TeV

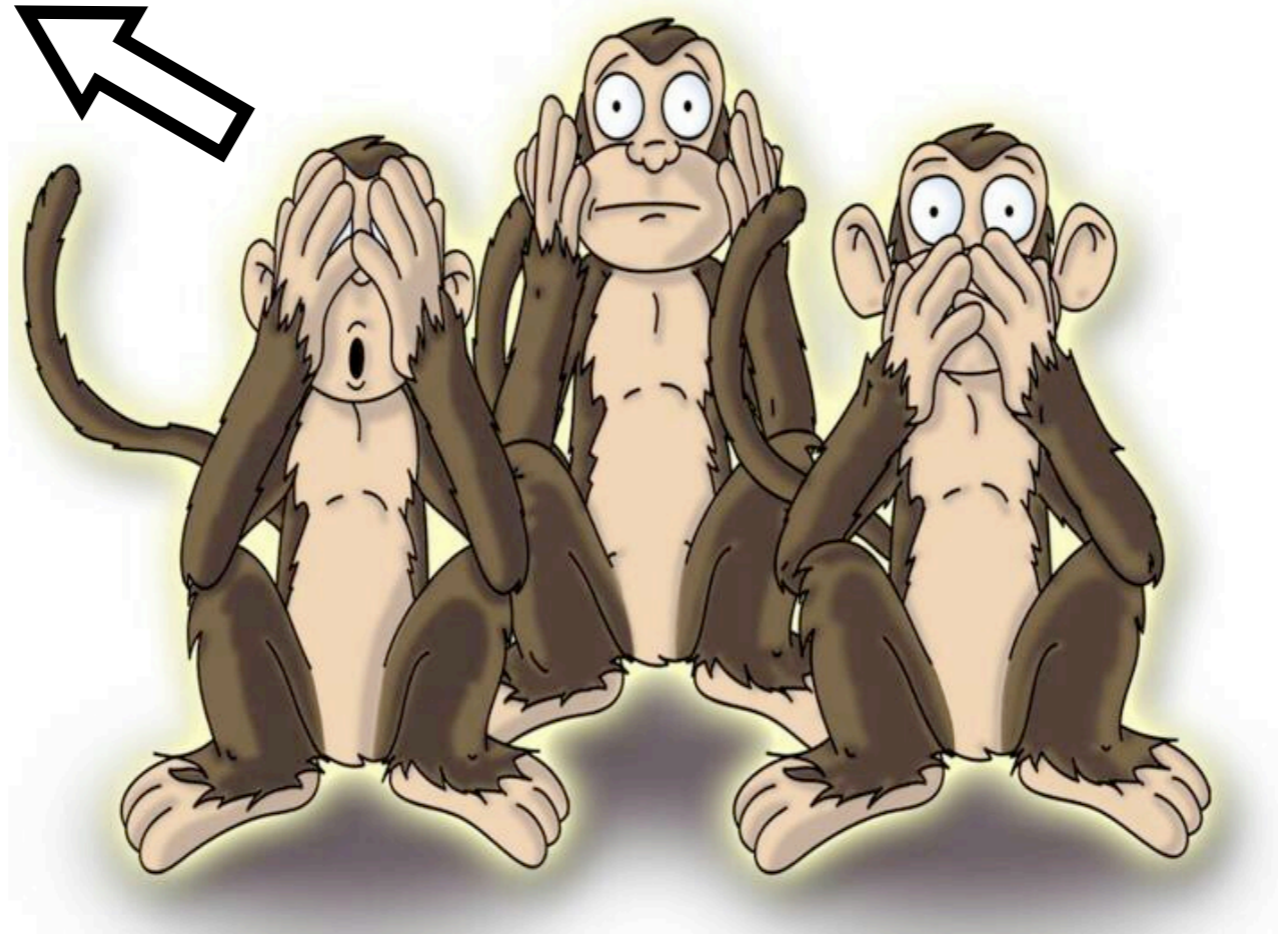
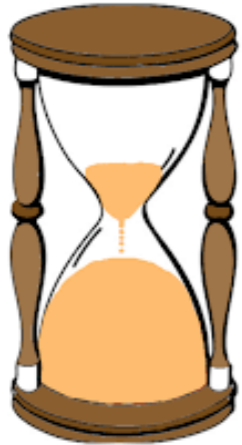
*Only a selection of the available mass limits on new states or phenomena is shown.
 †Small-radius (large-radius) jets are denoted by the letter j (J).

Where is everybody?



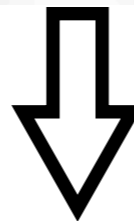
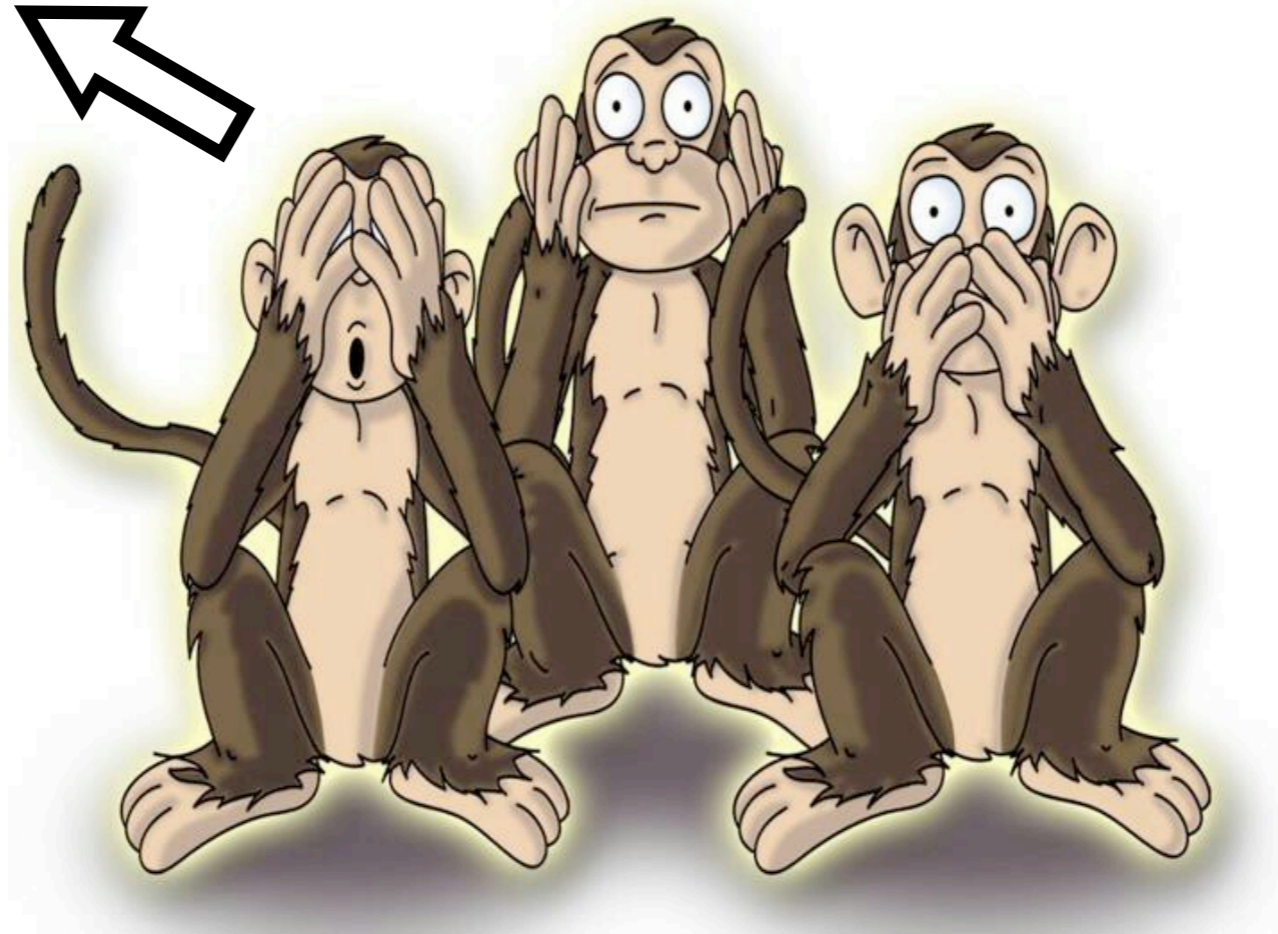
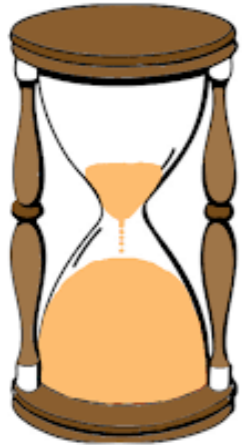
Where is everybody?

Il paradigma é giusto: la **nuova fisica al TeV esiste**, la scopriremo a breve!



Where is everybody?

Il paradigma é giusto: la **nuova fisica al TeV esiste**, la scopriremo a breve!

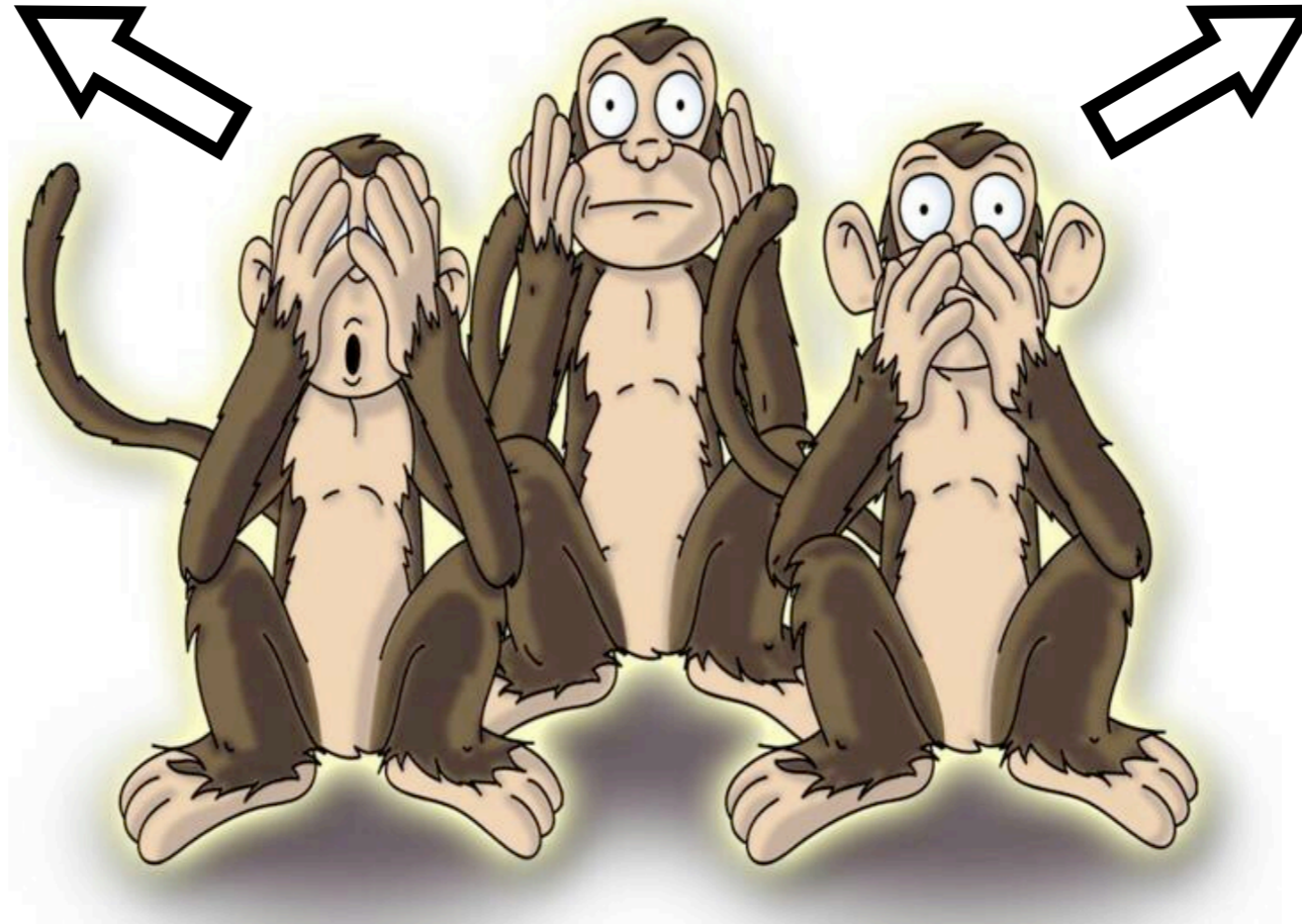
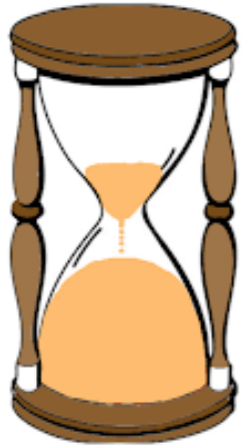


Il paradigma è giusto: la **nuova fisica al TeV esiste**, ma é appena fuori dalla portata di LHC. Tuttavia lascia briciole (“**anomalie**”) da varie parti!

Where is everybody?

Il paradigma é giusto: la **nuova fisica al TeV esiste**, la scopriremo a breve!

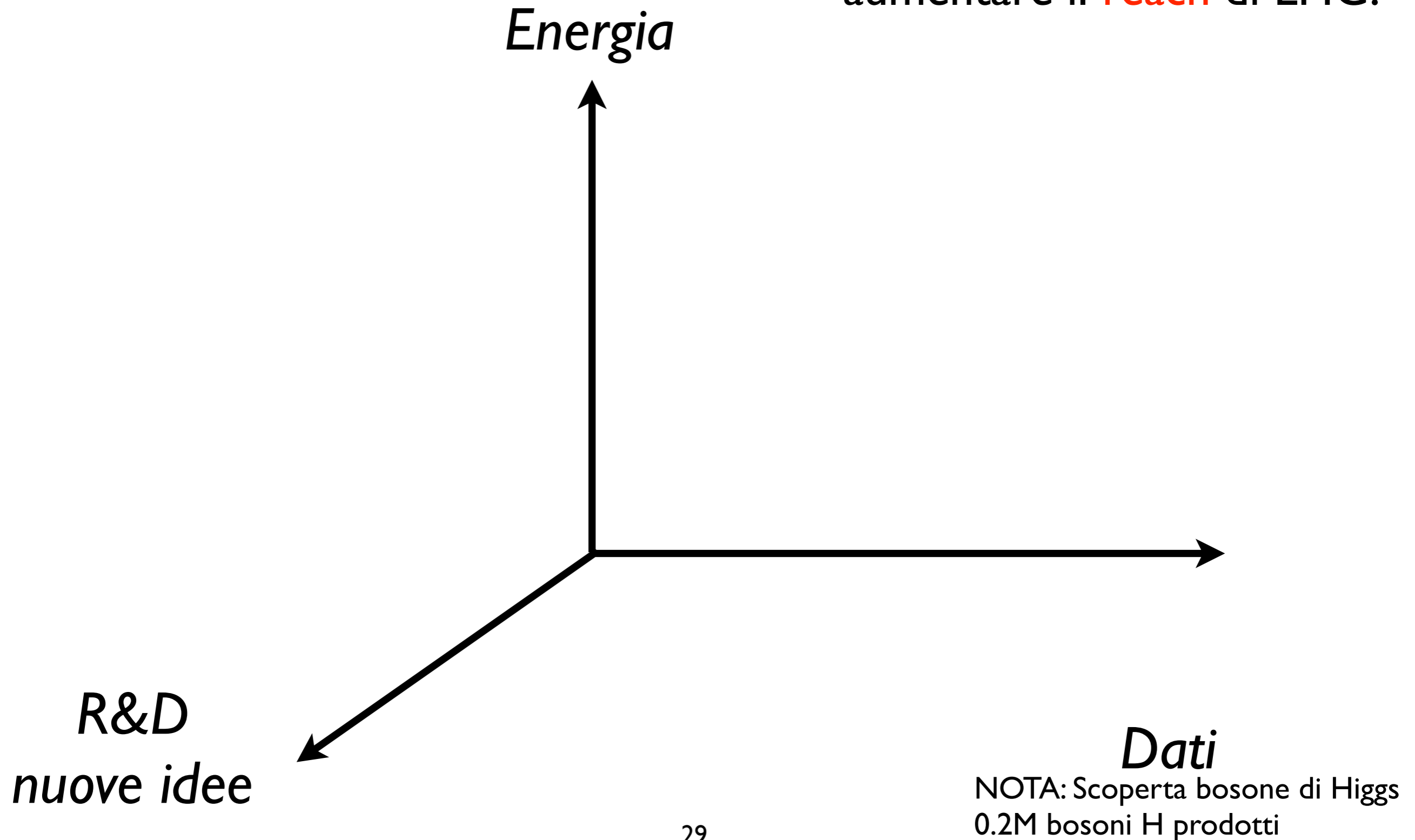
Il problema é mal posto, o semplicemente va accettato: **non c'è nuova fisica al TeV**



Il paradigma è giusto: la **nuova fisica al TeV esiste**, ma é appena fuori dalla portata di LHC. Tuttavia lascia briciole (“**anomalie**”) da varie parti!

Aumentare il *reach*: un'opportunità per voi!

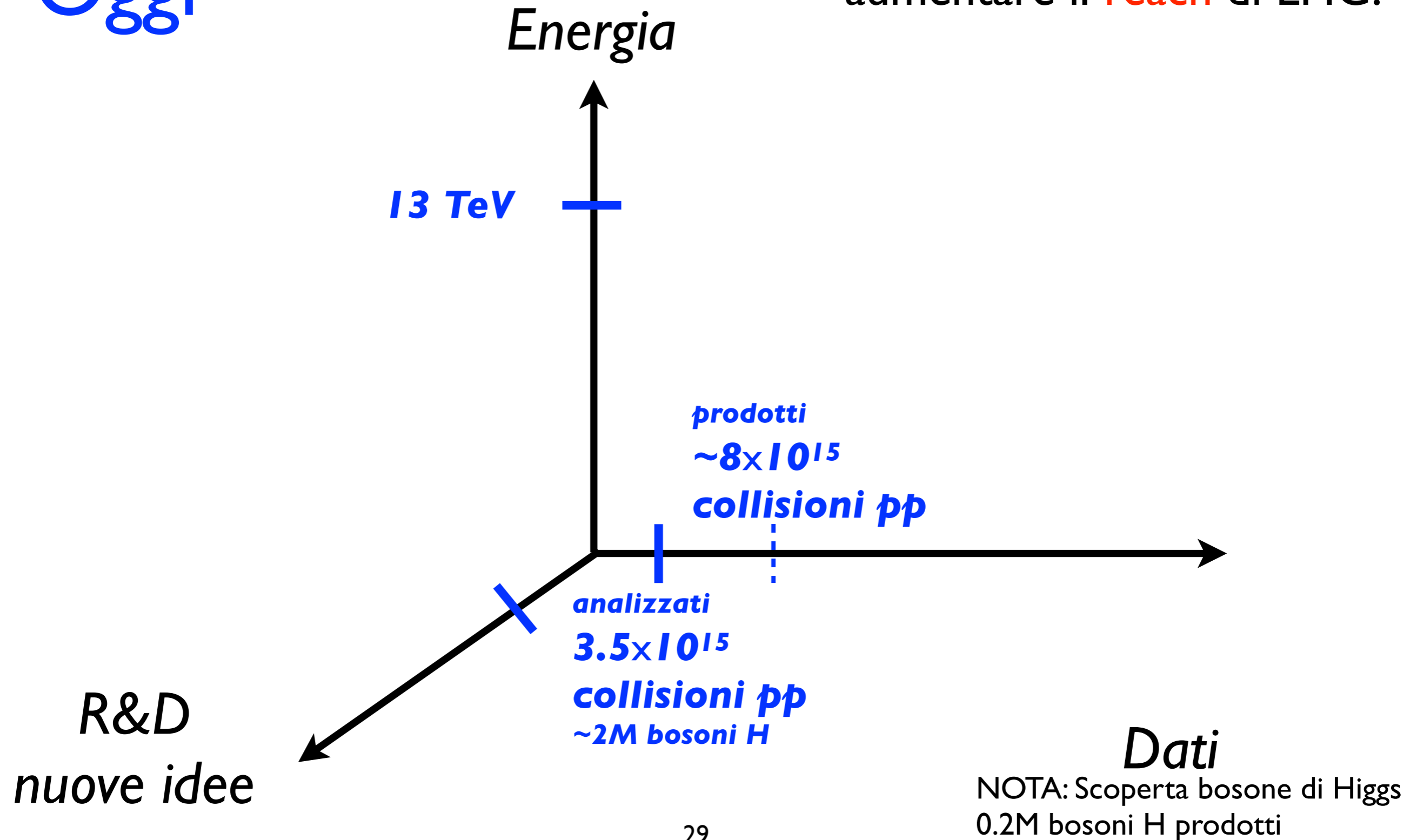
Tre direzioni da seguire per aumentare il *reach* di LHC!



Aumentare il *reach*: un'opportunità per voi!

Oggi

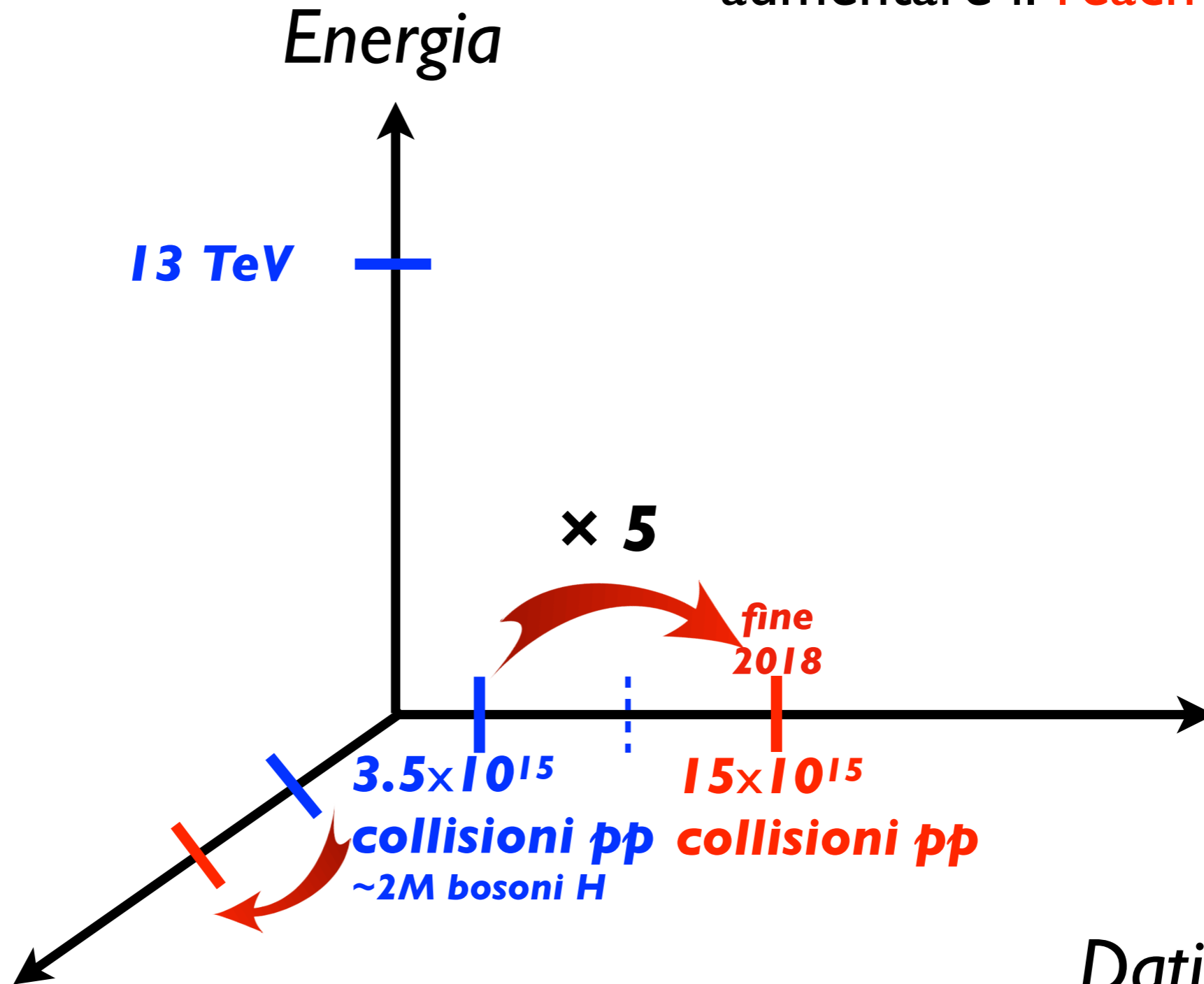
Tre direzioni da seguire per aumentare il *reach* di LHC!



Aumentare il *reach*: un'opportunità per voi!

Oggi
Master

Tre direzioni da seguire per aumentare il *reach* di LHC!

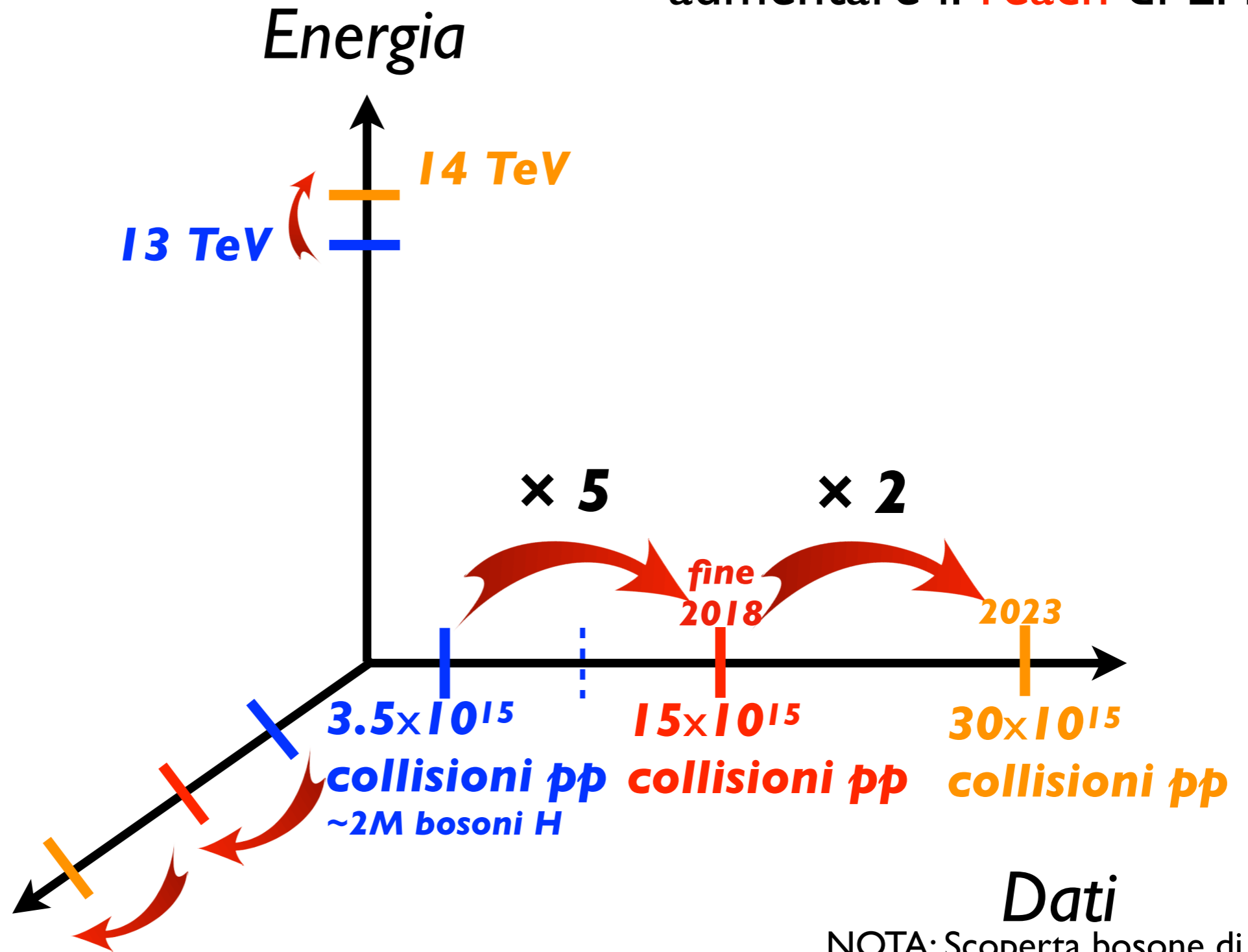


NOTA: Scoperta bosone di Higgs
0.2M bosoni H prodotti

Aumentare il *reach*: un'opportunità per voi!

Oggi
Master
PhD

Tre direzioni da seguire per aumentare il *reach* di LHC!



NOTA: Scoperta bosone di Higgs
0.2M bosoni H prodotti

Aumentare il *reach*: un'opportunità per voi!

Oggi

Master

PhD

Postdoc

Tre direzioni da seguire per aumentare il *reach* di LHC!



Energia

13 TeV
14 TeV

$\times 5$

$\times 2$

$\times 10$

fine
2018

2023

3.5×10^{15}
collisioni pp
~2M bosoni H

15×10^{15}
collisioni pp

30×10^{15}
collisioni pp

R&D
nuove idee

Dati

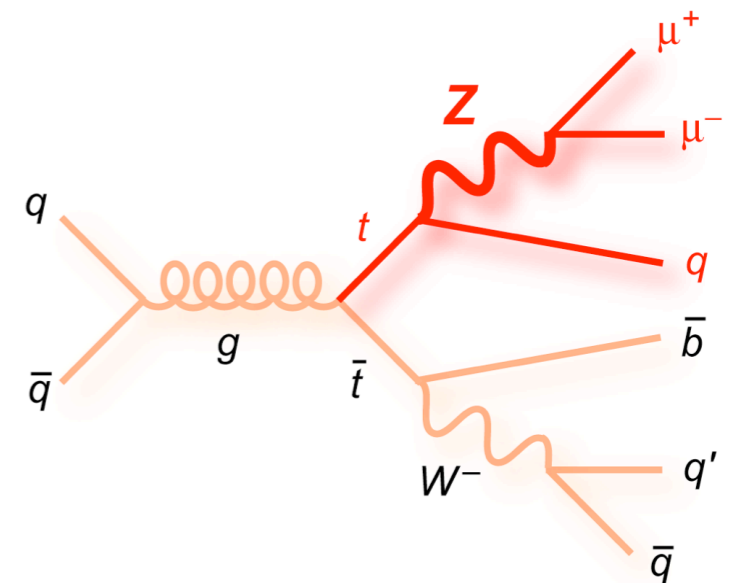
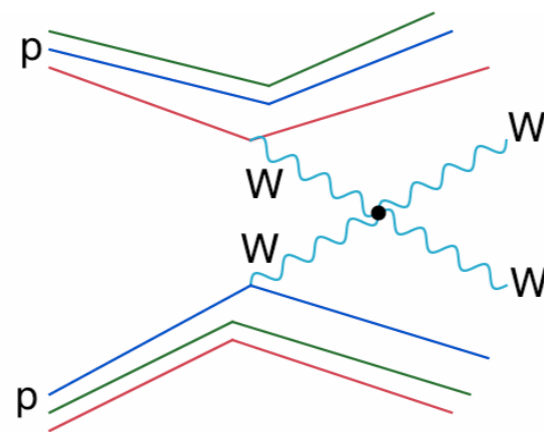
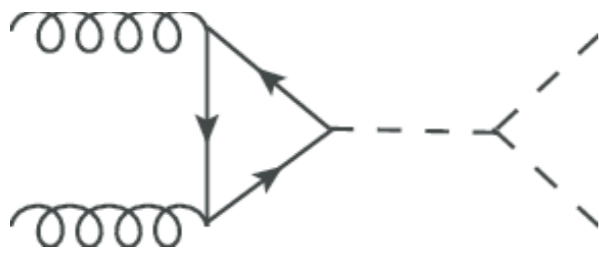
NOTA: Scoperta bosone di Higgs
0.2M bosoni H prodotti

Misure! Misure! Misure!

Con **10 volte** i dati analizzati finora, cose prima non visibili, saranno per la prima volta **misurabili!**

La vostra tesi potrebbe essere una di queste misure!

Nuove idee possono avere effetti dirompenti e rendere l'invisibile visibile. Ad esempio, con idee brillanti per ognuna di queste misure potreste veramente **fare la differenza!**



Misure! Misure! Misure!

Con **10 volte** i dati analizzati finora, cose prima non visibili, saranno per la prima volta **misurabili!**

La vostra tesi potrebbe essere una di queste misure!

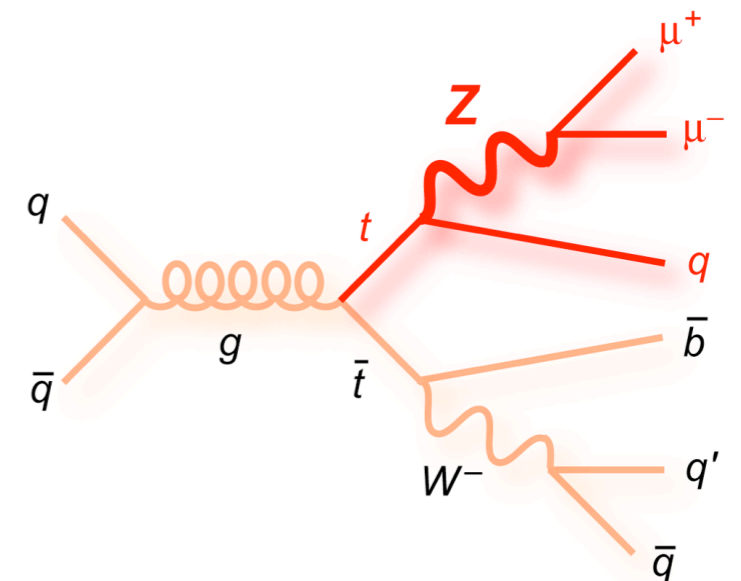
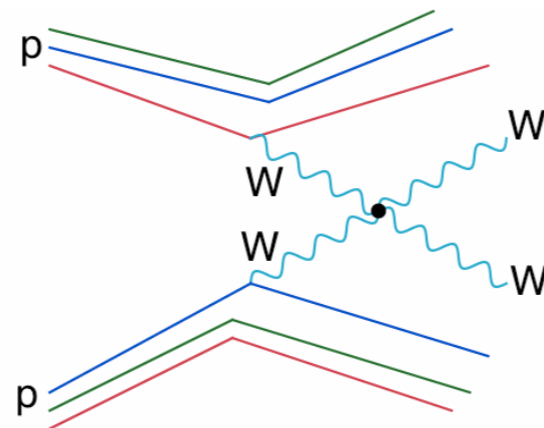
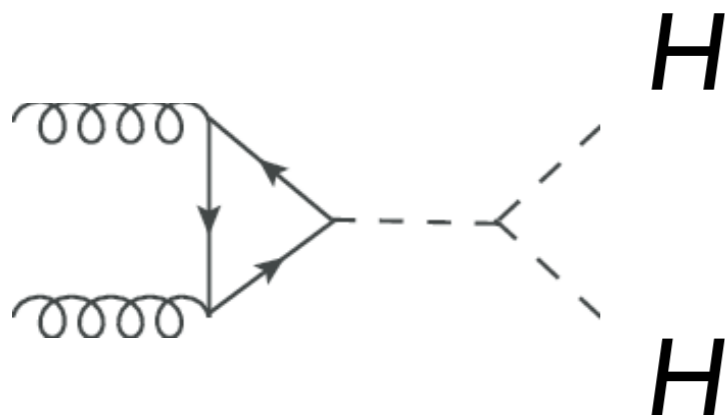
Nuove idee possono avere effetti dirompenti e rendere l'invisibile visibile. Ad esempio, con idee brillanti per ognuna di queste misure potreste veramente **fare la differenza!**

$$H \rightarrow bb$$

$$H \rightarrow \mu\mu$$

$$H \rightarrow Z\gamma$$

...



Nuove tecnologie digitali

7/2017: CERN Data Center ha superato 200 PB di dati archiviati

Era del Big Data

Problemi & soluzioni di data analysis
spesso in comune con industria TECH
(Google, FB, Amazon, Microsoft, ...)

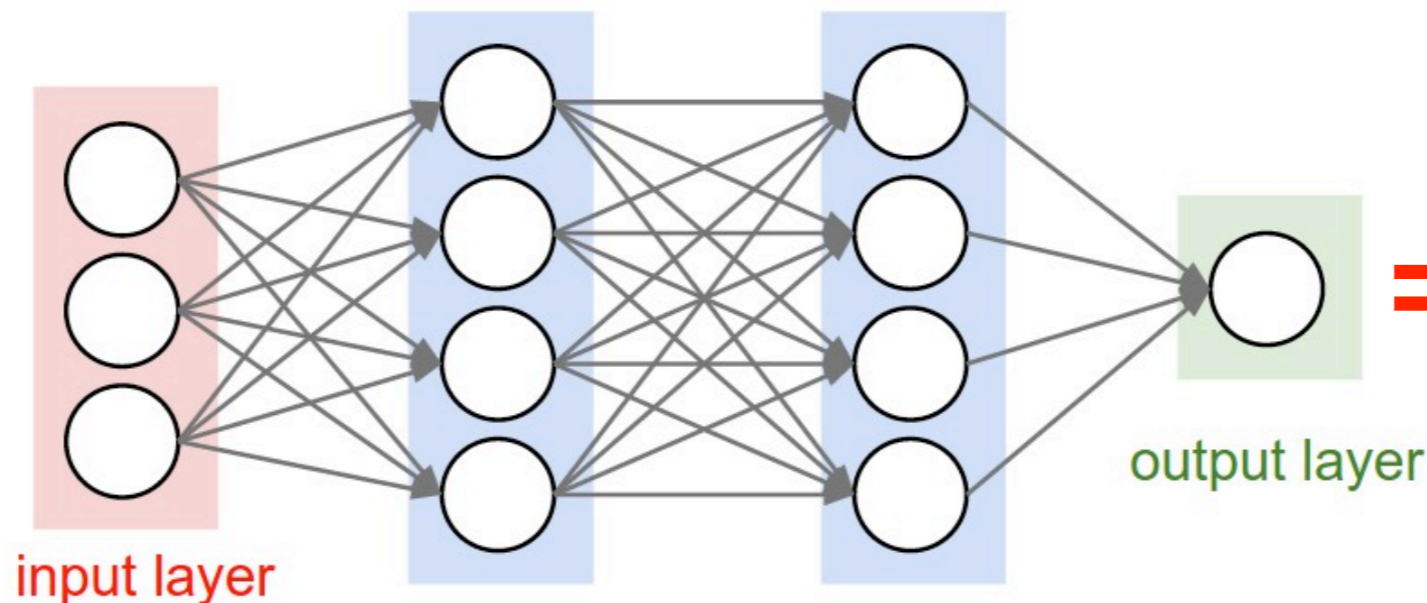
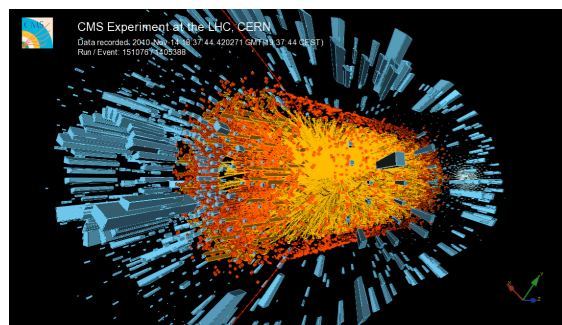


L'uso di tecniche avanzate di **Machine Learning** si é diffuso con grande successo.
Potenzialità enormi e solo in parte esplorate!

1 MB

Idealmente...

1 bit



⇒ S or B?

Nuove tecnologie strumentali

Per operare alle alte luminosità, i detector del futuro dovranno essere **leggeri**, **radiation-hard**, e operati con **elettronica veloce!**

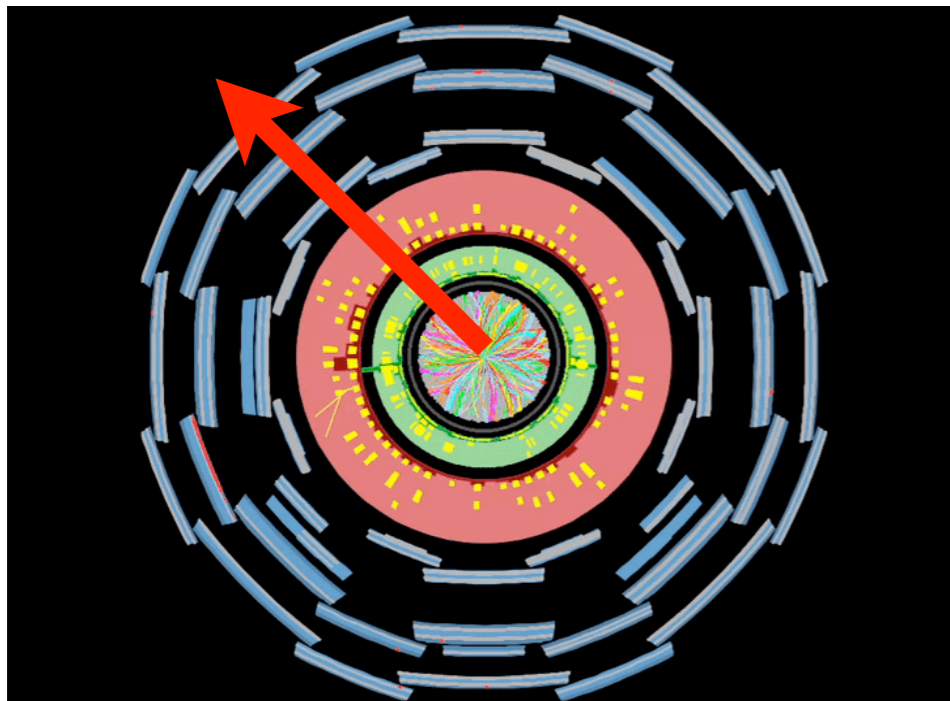
Sapete cosa succede in un detector durante il run?

Nuove tecnologie strumentali

Per operare alle alte luminosità, i detector del futuro dovranno essere **leggeri**, **radiation-hard**, e operati con **elettronica veloce!**

Sapete cosa succede in un detector durante il run?

$$\Delta T = L/c = 40 \text{ ns}$$



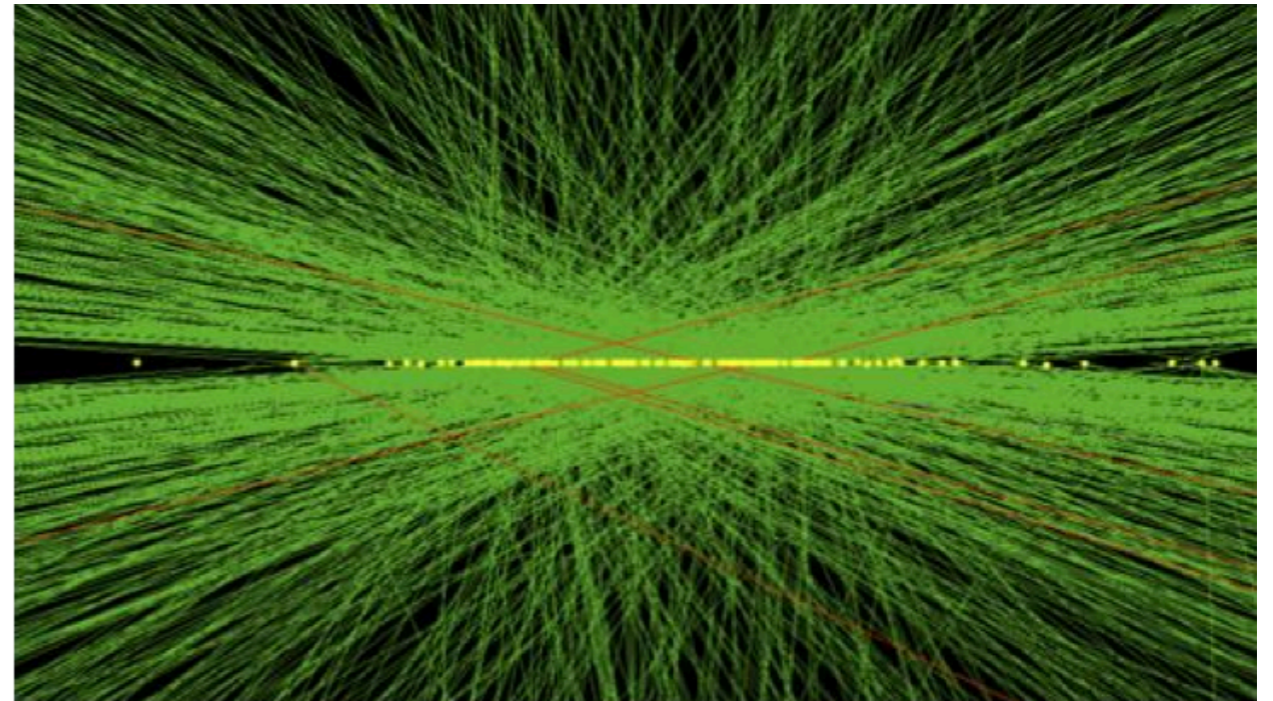
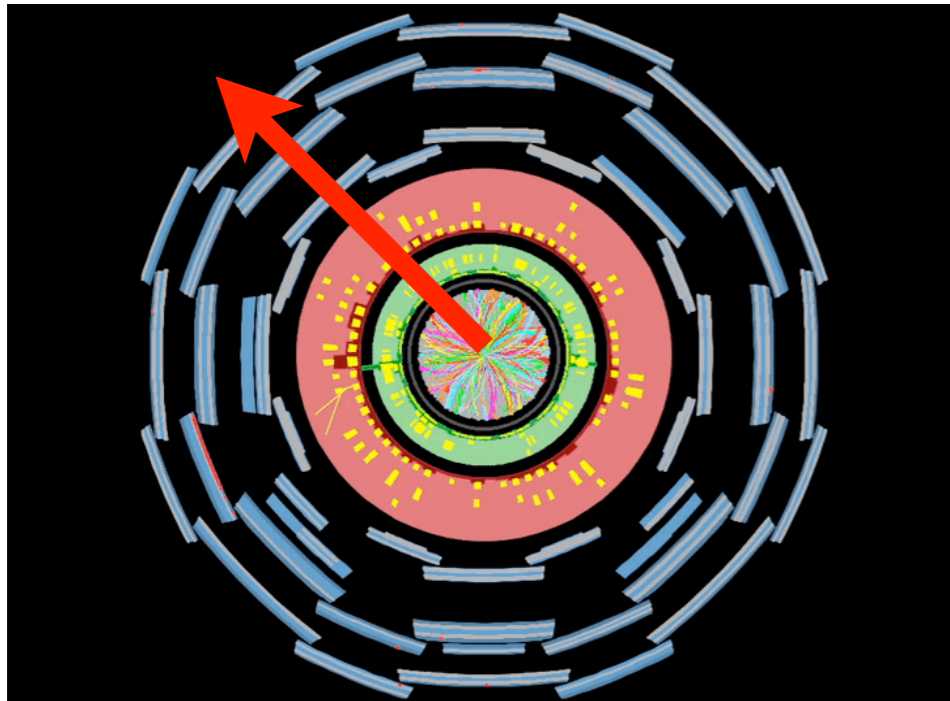
Nuove tecnologie strumentali

Per operare alle alte luminosità, i detector del futuro dovranno essere **leggeri**, **radiation-hard**, e operati con **elettronica veloce!**

Sapete cosa succede in un detector durante il run?

$$\Delta T = L/c = 40 \text{ ns}$$

... ogni **25 ns** succederà questo:



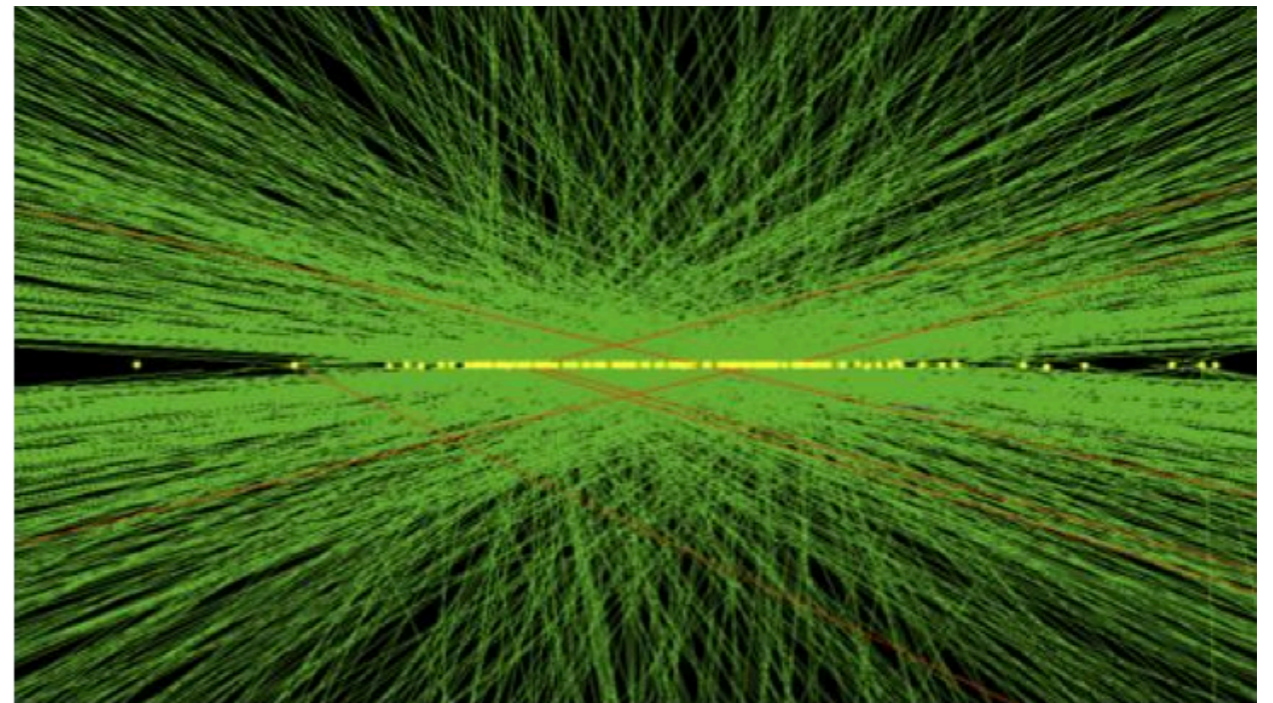
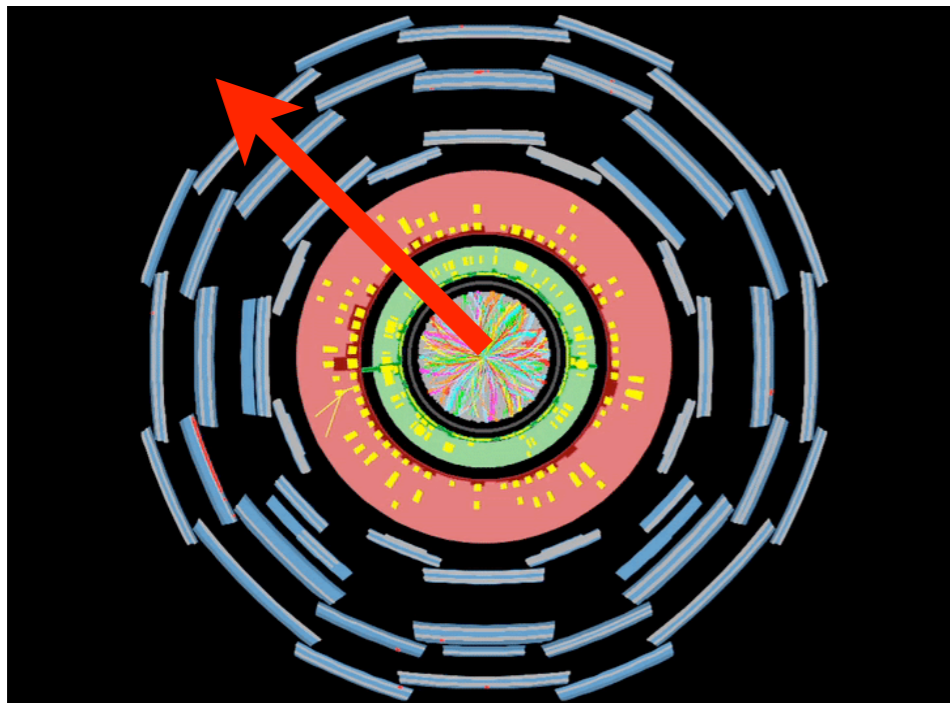
Nuove tecnologie strumentali

Per operare alle alte luminosità, i detector del futuro dovranno essere **leggeri**, **radiation-hard**, e operati con **elettronica veloce!**

Sapete cosa succede in un detector durante il run?

$$\Delta T = L/c = 40 \text{ ns}$$

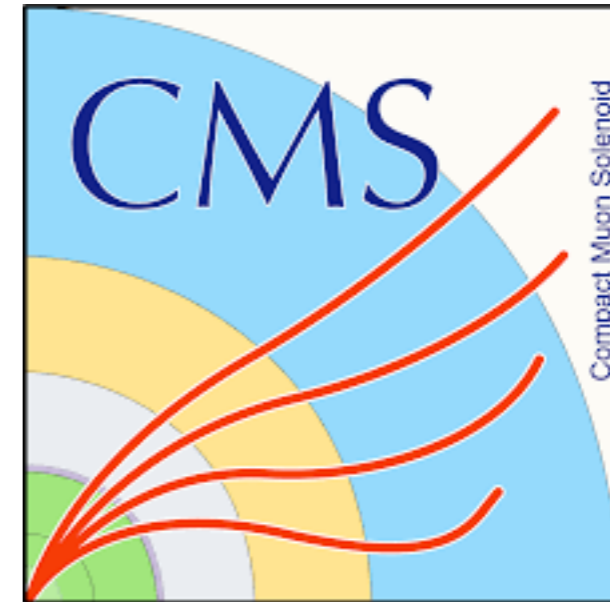
... ogni **25 ns** succederà questo:



R&D di detector sarà essenziale!

⇒ imparare a **costruire**, **programmare** e **gestire** un detector

Attività dei gruppi ATLAS e CMS di Pisa



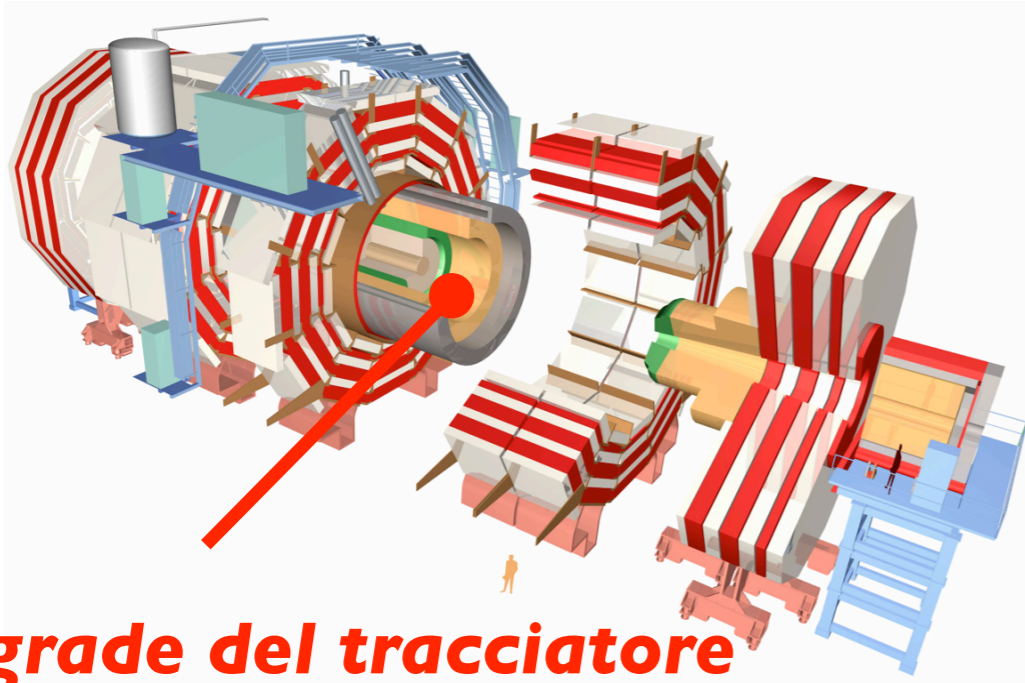
~15 persone



~30 persone

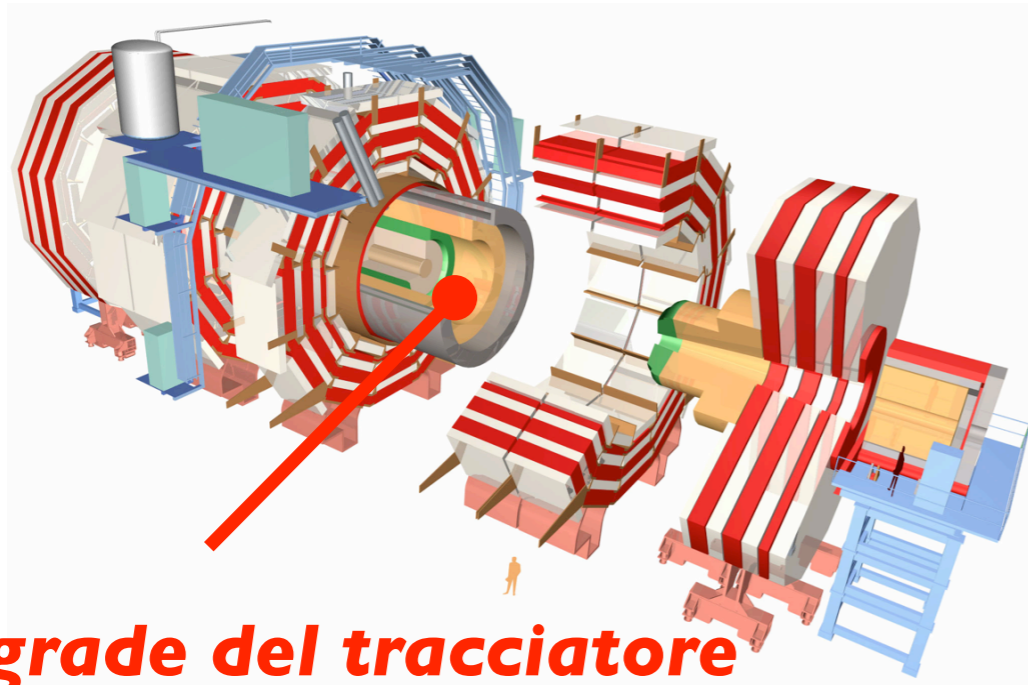
Attività dei gruppi ATLAS e CMS di Pisa

Attività dei gruppi ATLAS e CMS di Pisa



**Upgrade del tracciatore
di CMS**

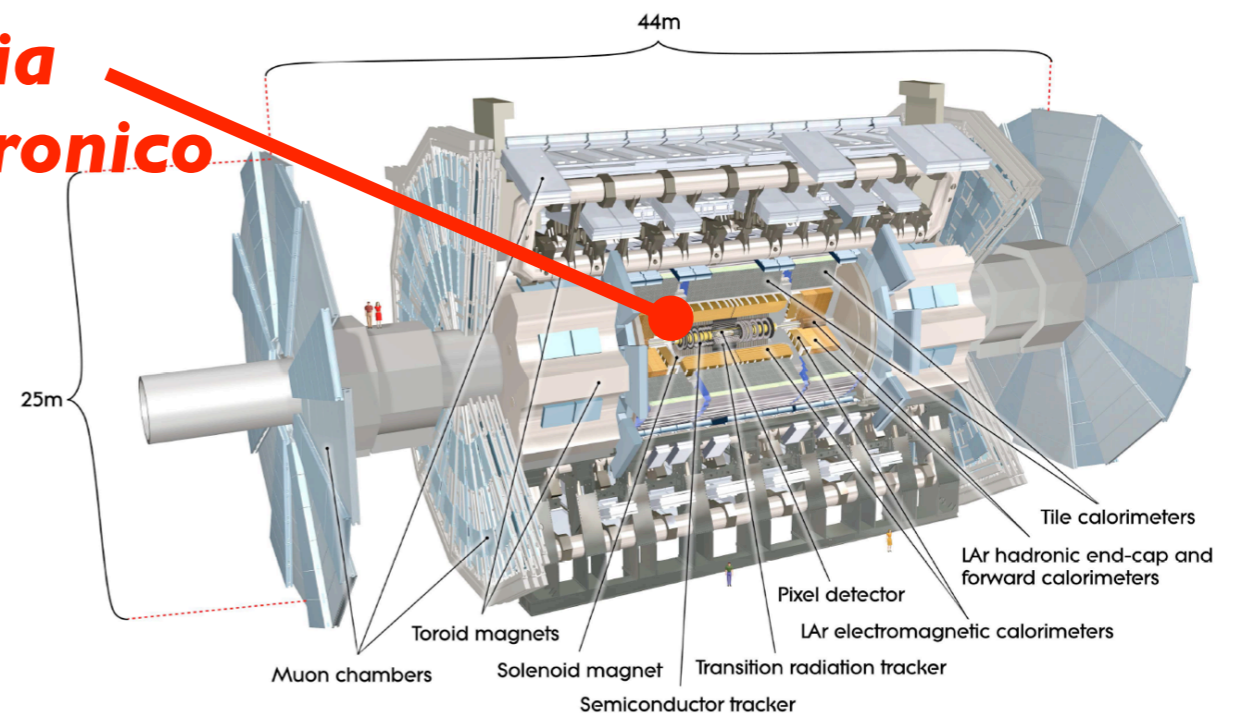
Attività dei gruppi ATLAS e CMS di Pisa



Upgrade del tracciatore di CMS

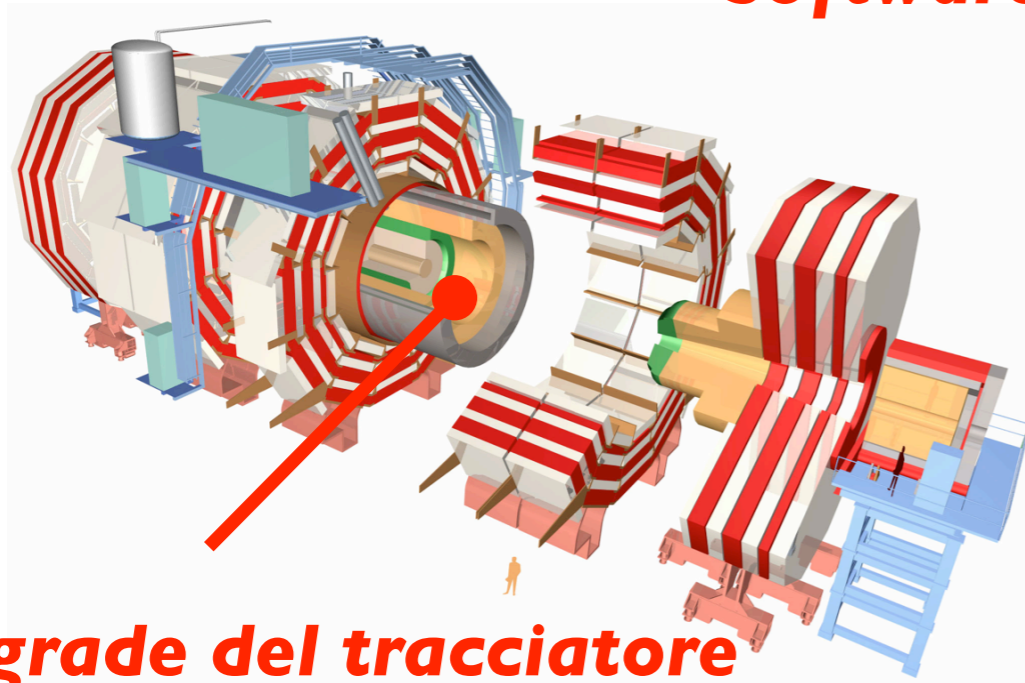
Upgrade in ATLAS di

- **trigger di traccia**
- **calorimetro adronico**



Attività dei gruppi ATLAS e CMS di Pisa

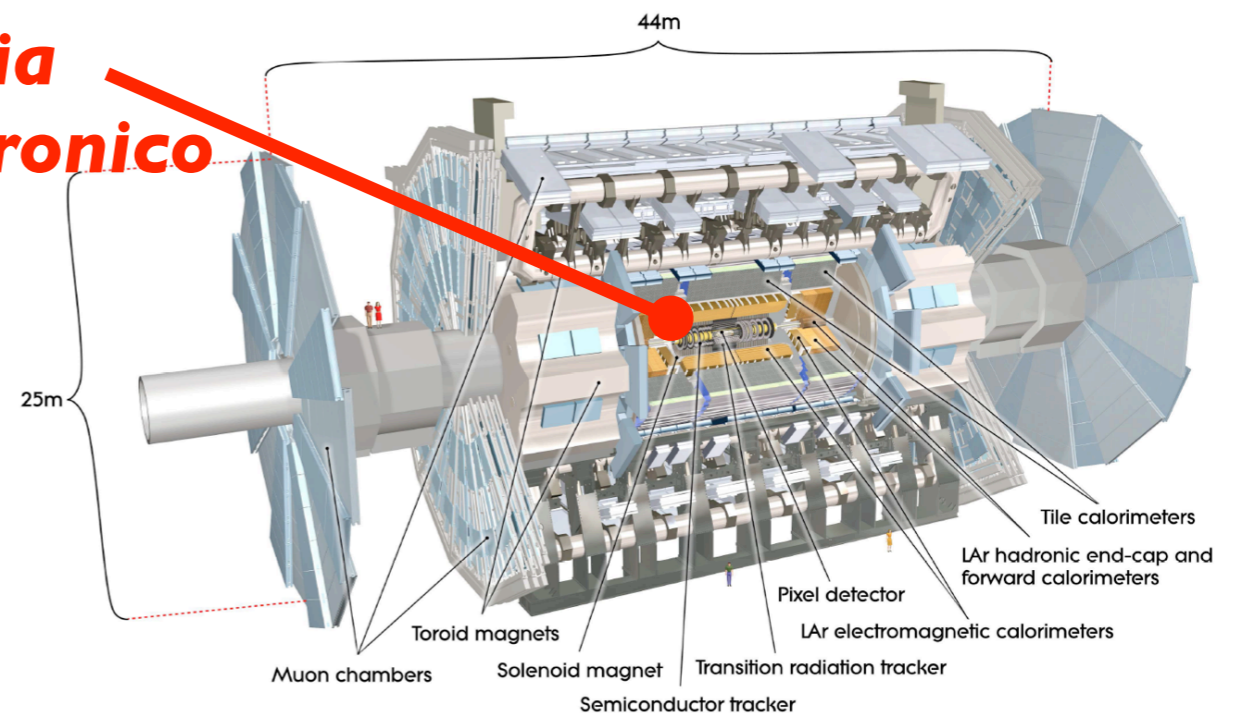
Software, computing



Upgrade del tracciatore di CMS

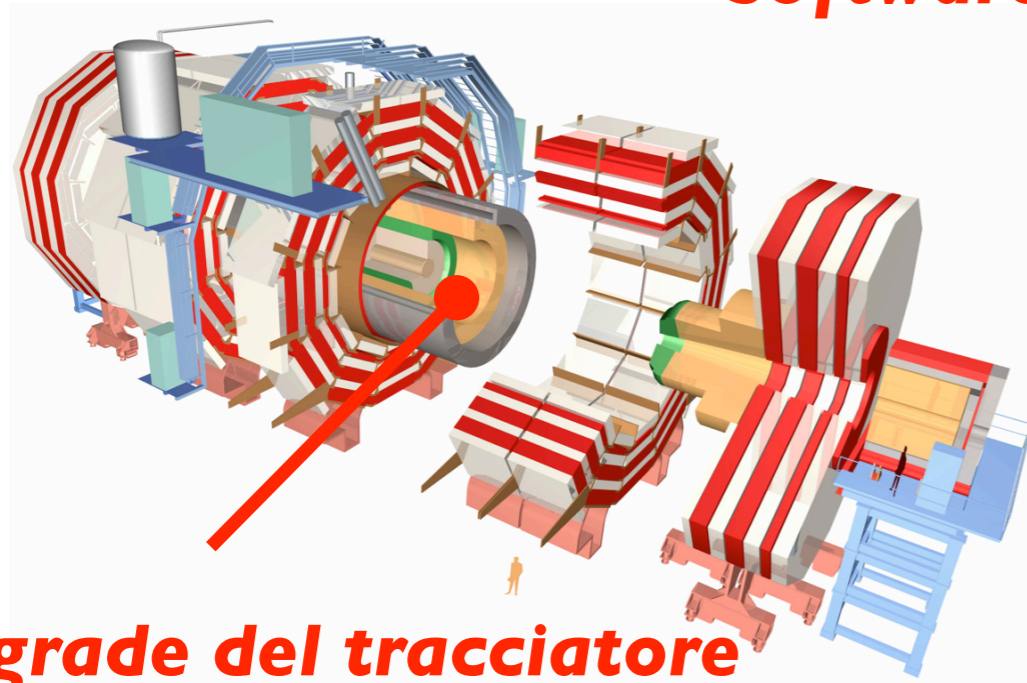
Upgrade in ATLAS di

- **trigger di traccia**
- **calorimetro adronico**



Attività dei gruppi ATLAS e CMS di Pisa

Software, computing



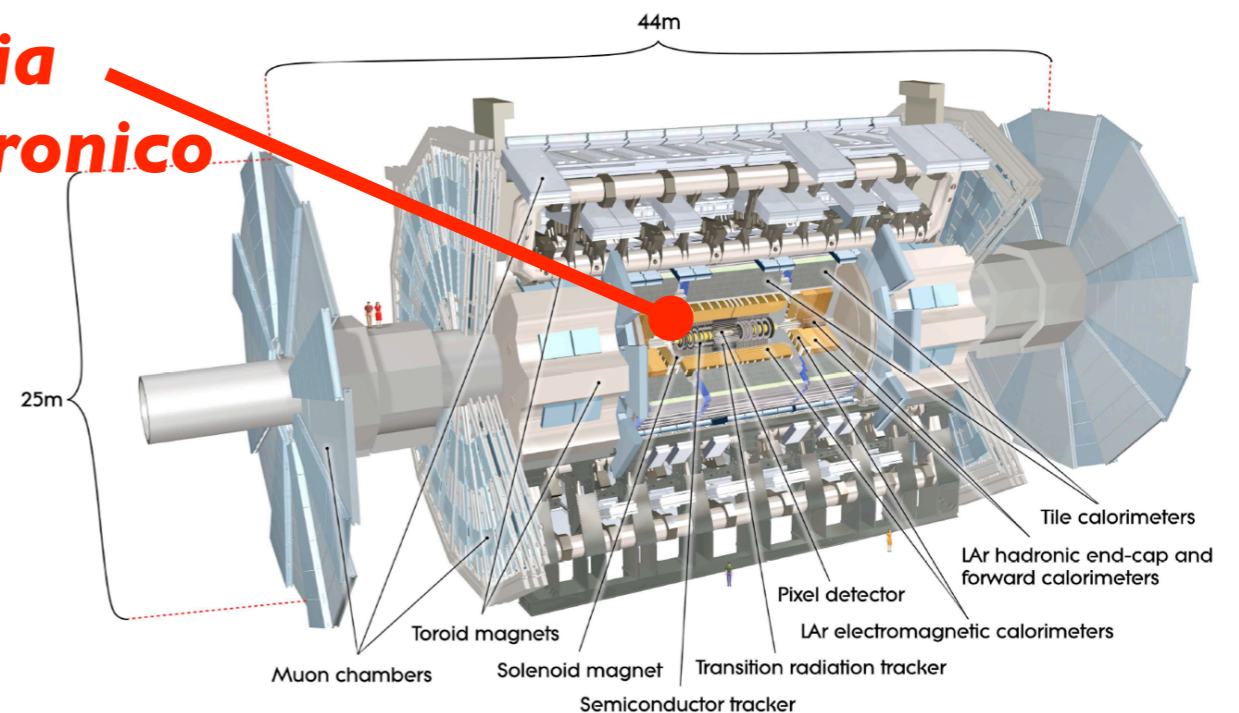
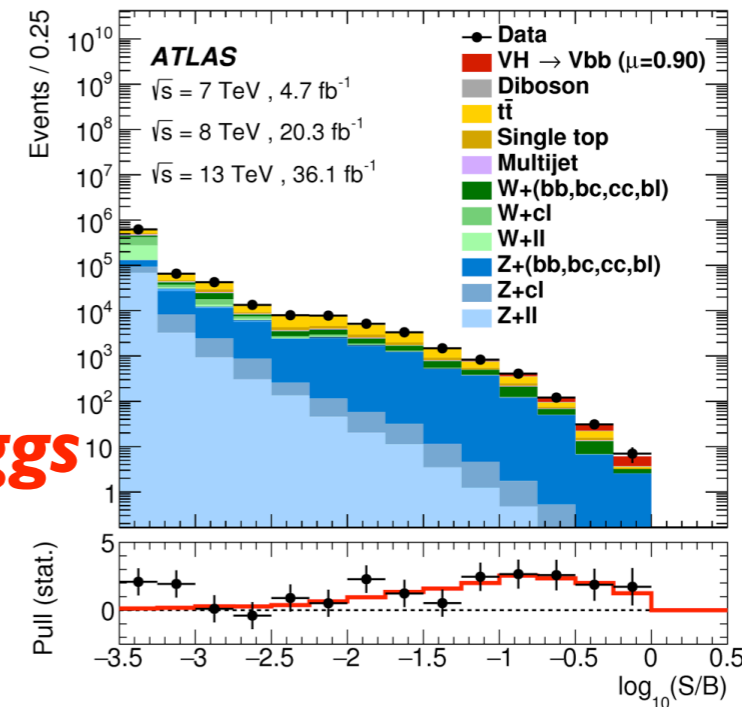
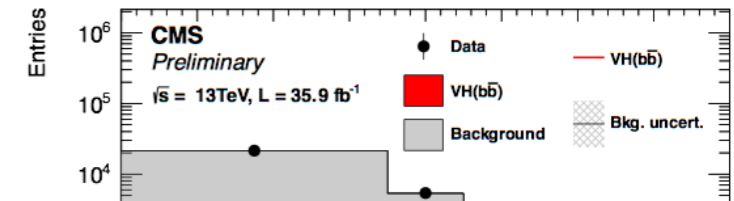
Upgrade del tracciatore di CMS



Fisica dell'Higgs

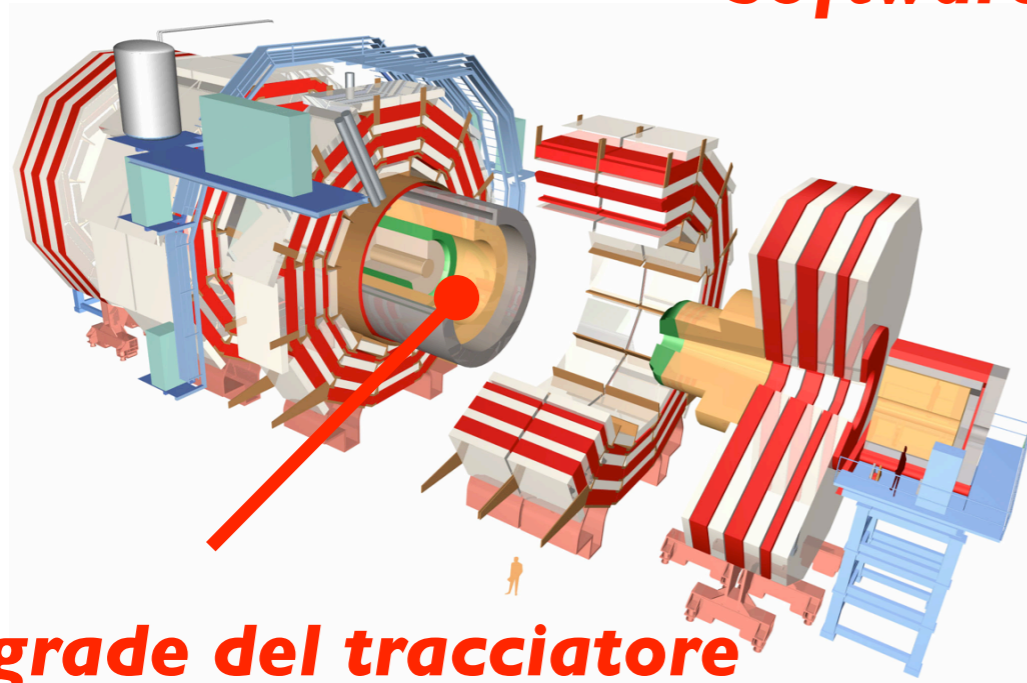
Upgrade in ATLAS di

- trigger di traccia
- calorimetro adronico



Attività dei gruppi ATLAS e CMS di Pisa

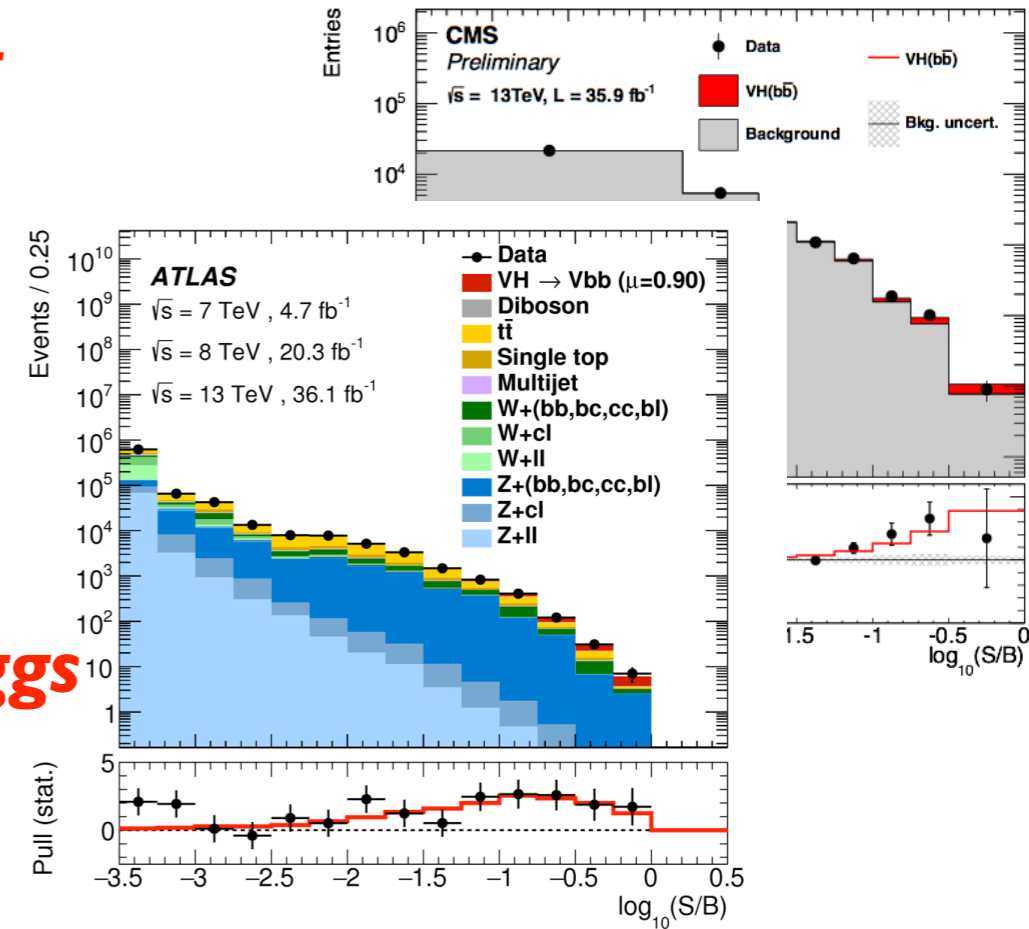
Software, computing



Upgrade del tracciatore di CMS



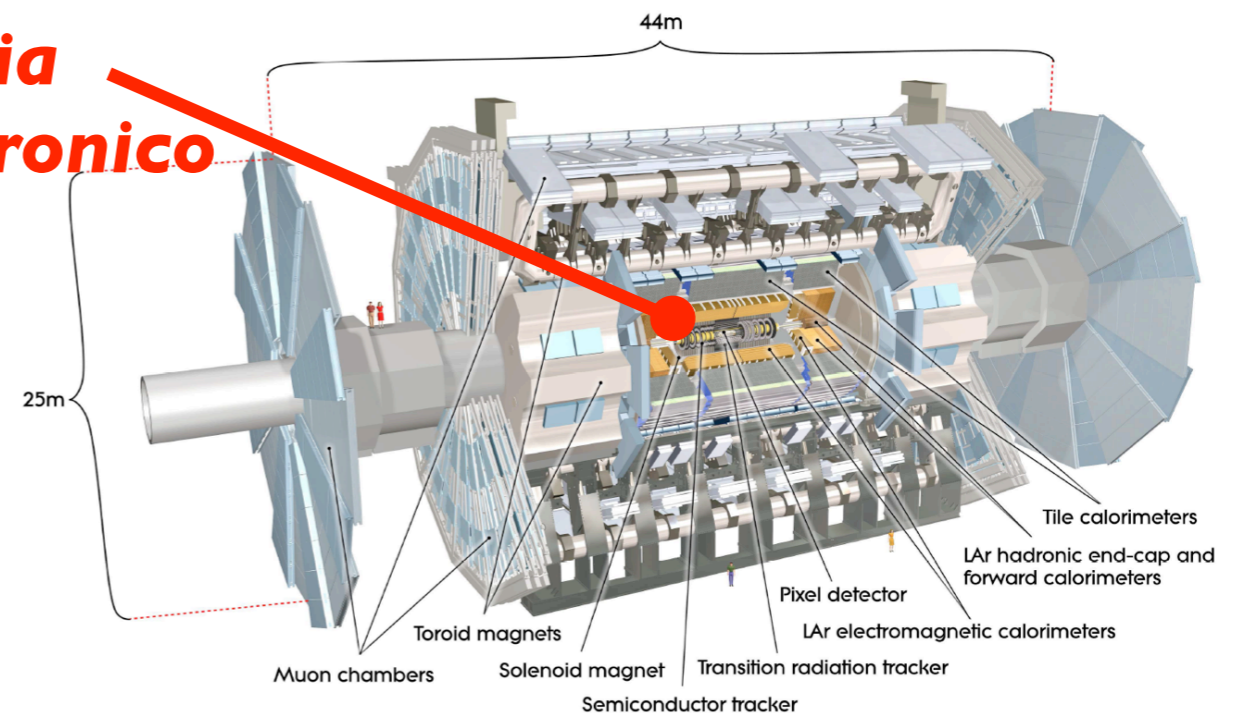
Fisica dell'Higgs



Upgrade in ATLAS di

- trigger di traccia
- calorimetro adronico

Misure di fisica elettrodebole (massa W, vector-boson scattering, produzione dibosons,...)



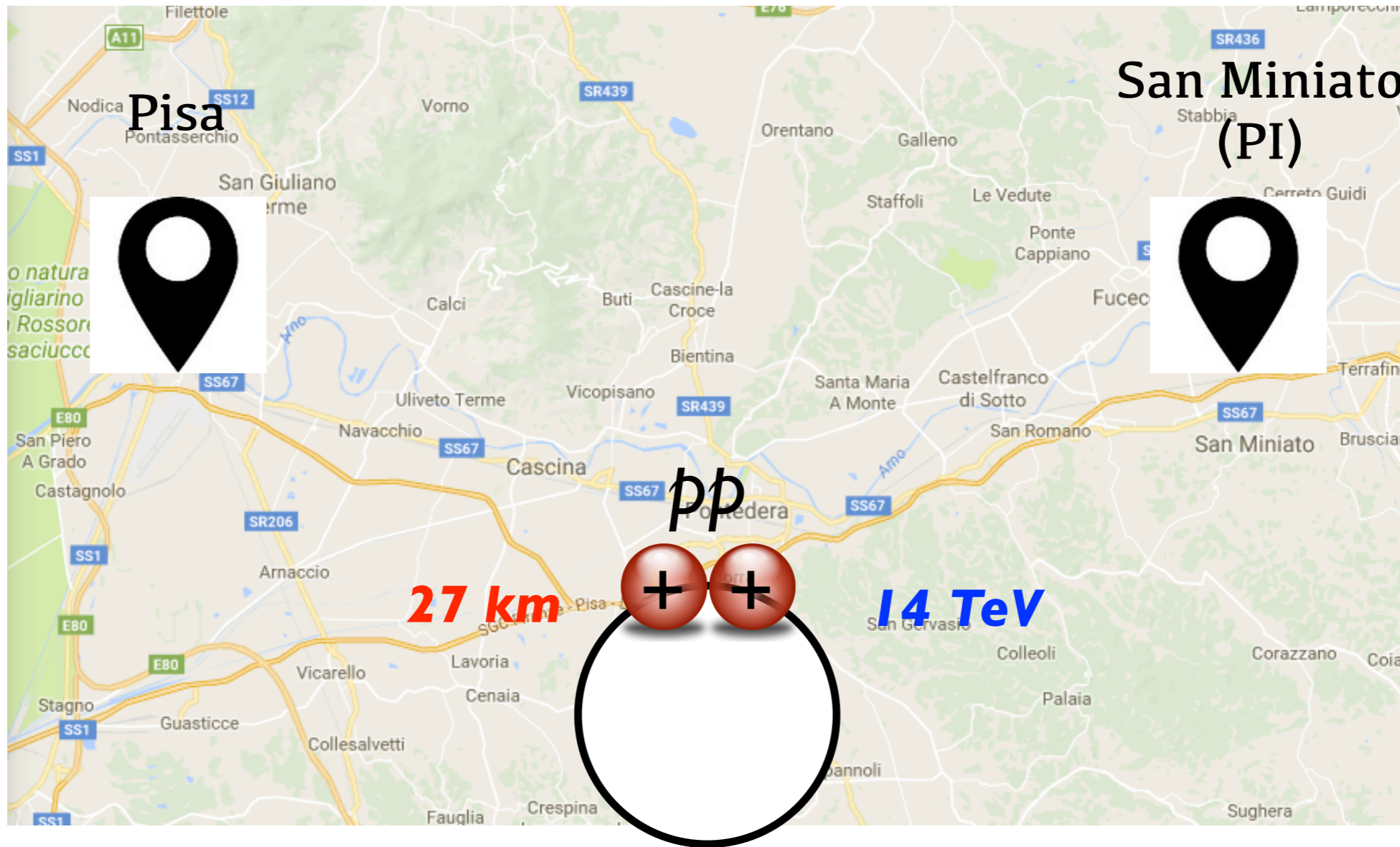
Il futuro delle alte energie

In attesa di nuovi “**input**” da LHC, la comunità si sta organizzando per il futuro

- ▶ un programma di **collider futuri** é in divenire. **Molte opzioni!**
- ▶ impegno in **R&D di detector futuri** e sviluppo di **nuovi acceleratori**

Uno sguardo al futuro...

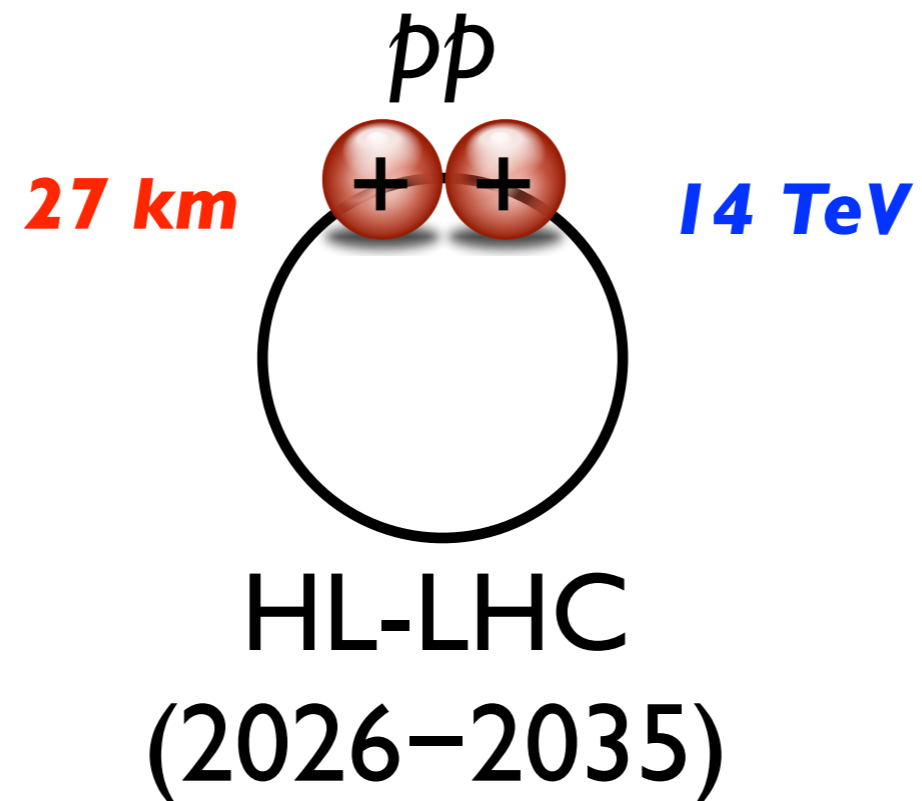
Il futuro delle alte energie



LHC
(2010 - 2023)

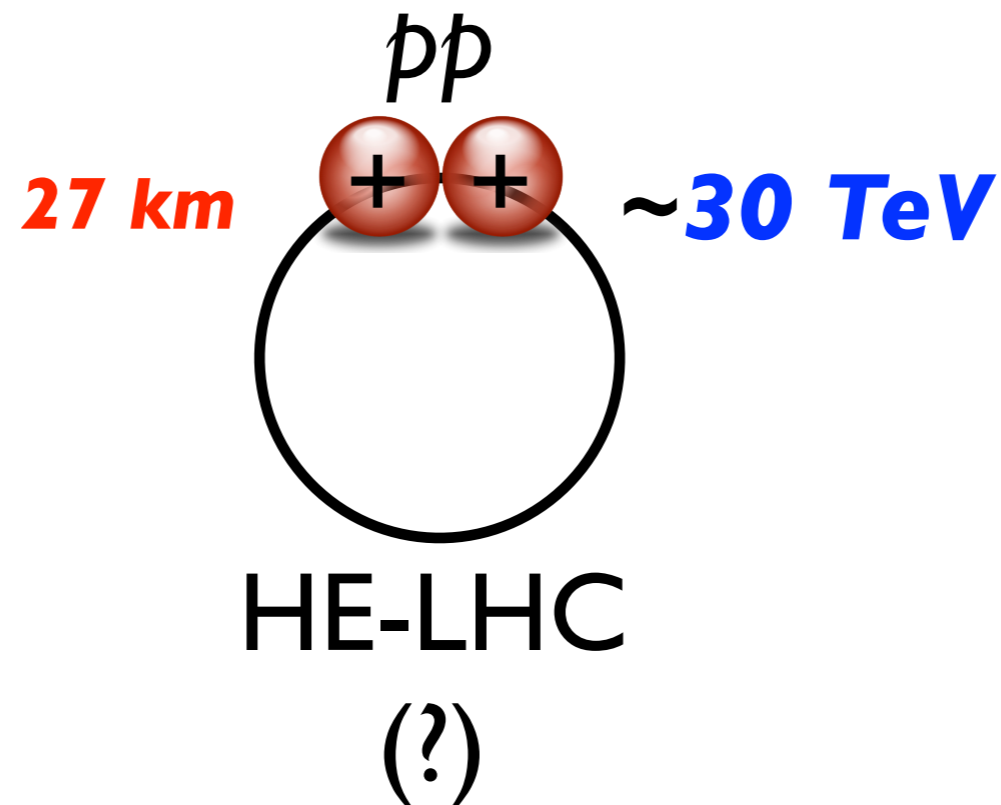
Il futuro delle alte energie

HL-LHC = stessa energia ma 2÷3 volte rate collisioni



Il futuro delle alte energie

HE-LHC = 2 volte energia del centro di massa



Il futuro delle alte energie

FCC-ee (?) **90–350 GeV**

→ FCC-hh (?) **100 TeV**

100 km

CepC (2028 ?) **240 GeV**

→ SppC (2042 ?) **70 TeV**

54 km

27 km

HL-LHC (2026–2035)

14 TeV

33 TeV

0.3 km

CLIC (?) **380 GeV – 3 TeV**

48 km

muon collider (?) **125 GeV**

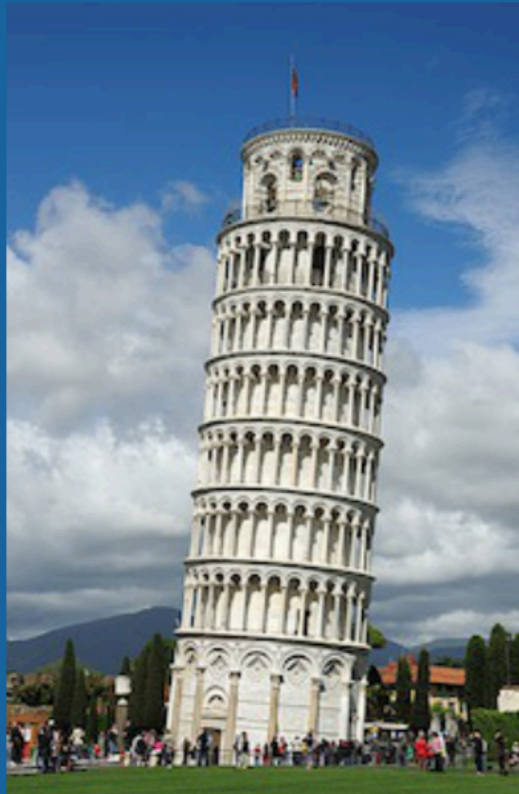
11 km

31 km

50 km

ILC (?) **250–500 GeV**

Per approfondire...



Pisa Future Collider School 2018

per Master students e Ph.D. students

17-21 September 2018

Pisa

Europe/Zurich timezone



Overview

Timetable

Contribution List

Speaker List

Registration

Participant List

Travel informations



Starts 17 Sep 2018, 10:00

Ends 21 Sep 2018, 18:00

Europe/Zurich



Pisa

Aula Fratelli Pontecorvo

Università di Pisa

Polo Didattico Fibonacci

Edificio E

Largo Bruno Pontecorvo, 3

I-56127 Pisa

<https://indico.cern.ch/event/669093/>

That's all folks?

No

Oltre all'Higgs, esistono molti altri motivi di insoddisfazione, sia **sperimentali** che **estetici**:

That's all folks?

No

Oltre all'Higgs, esistono molti altri motivi di insoddisfazione, sia **sperimentali** che **estetici**:

- ***Gravità: come includerla?***
- ***Materia oscura: cosa è?***
- ***Energia oscura: cosa è?***
- ***Dove è l'antimateria?***
-

That's all folks?

No

Oltre all'Higgs, esistono molti altri motivi di insoddisfazione, sia **sperimentali** che **estetici**:

- **Gravità: come includerla?**
 - **Quantizzazione carica**
- **Materia oscura: cosa è?**
 - **Perché solo queste forze?**
- **Energia oscura: cosa è?**
 - **Perché tre generazioni di materia?**
- **Dove è l'antimateria?**
 - ••
- ••

That's all folks?

No

Oltre all'Higgs, esistono molti altri motivi di insoddisfazione, sia **sperimentali** che **estetici**:

- **Gravità: come includerla?**
 - **Quantizzazione carica**
- **Materia oscura: cosa è?**
 - **Perché solo queste forze?**
- **Energia oscura: cosa è?**
 - **Perché tre generazioni di materia?**
- **Dove è l'antimateria?**
 - ● ●
- ● ●

Tuttavia, (quasi) tutti i **problemi** del Modello Standard hanno a che fare col **bosone di Higgs**.

Studiarlo con precisione ci offrirà un'opportunità enorme!

Conclusioni

L'esistenza del **bosone di Higgs** offre fondate ragioni di credere all'esistenza di nuova fisica alla portata di LHC (ma non esiste un teorema...)

Il Run 2 di LHC é in corso. Tra un anno, avremo **5 volte i dati** analizzati finora, con possibilità di **misure nuove** e potenzialità di **scoperte**.

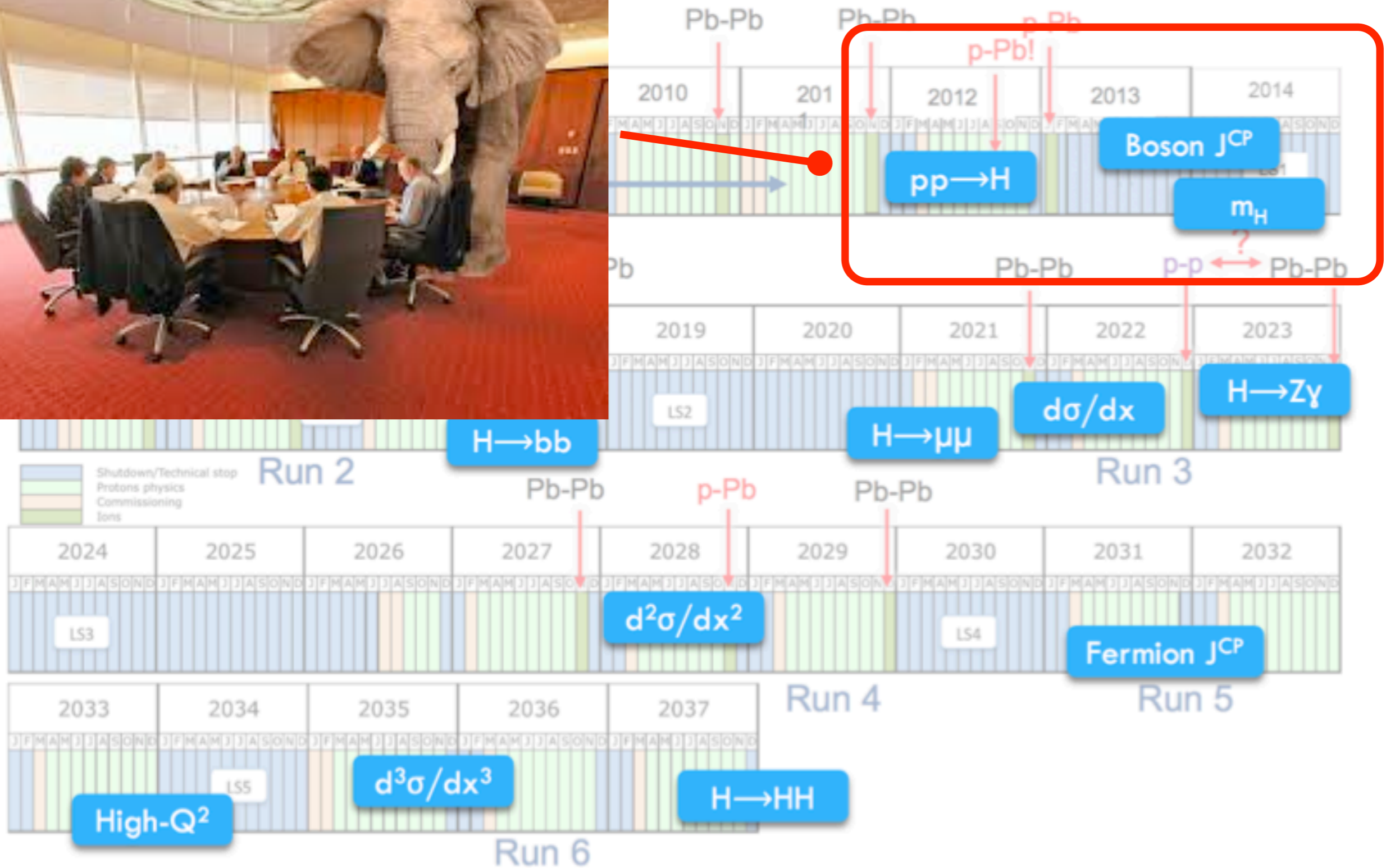
Nuove idee/tecnologie cruciali per sfruttare al meglio le collisioni di LHC!

Un settore in divenire che offre grandi potenzialità di crescita.

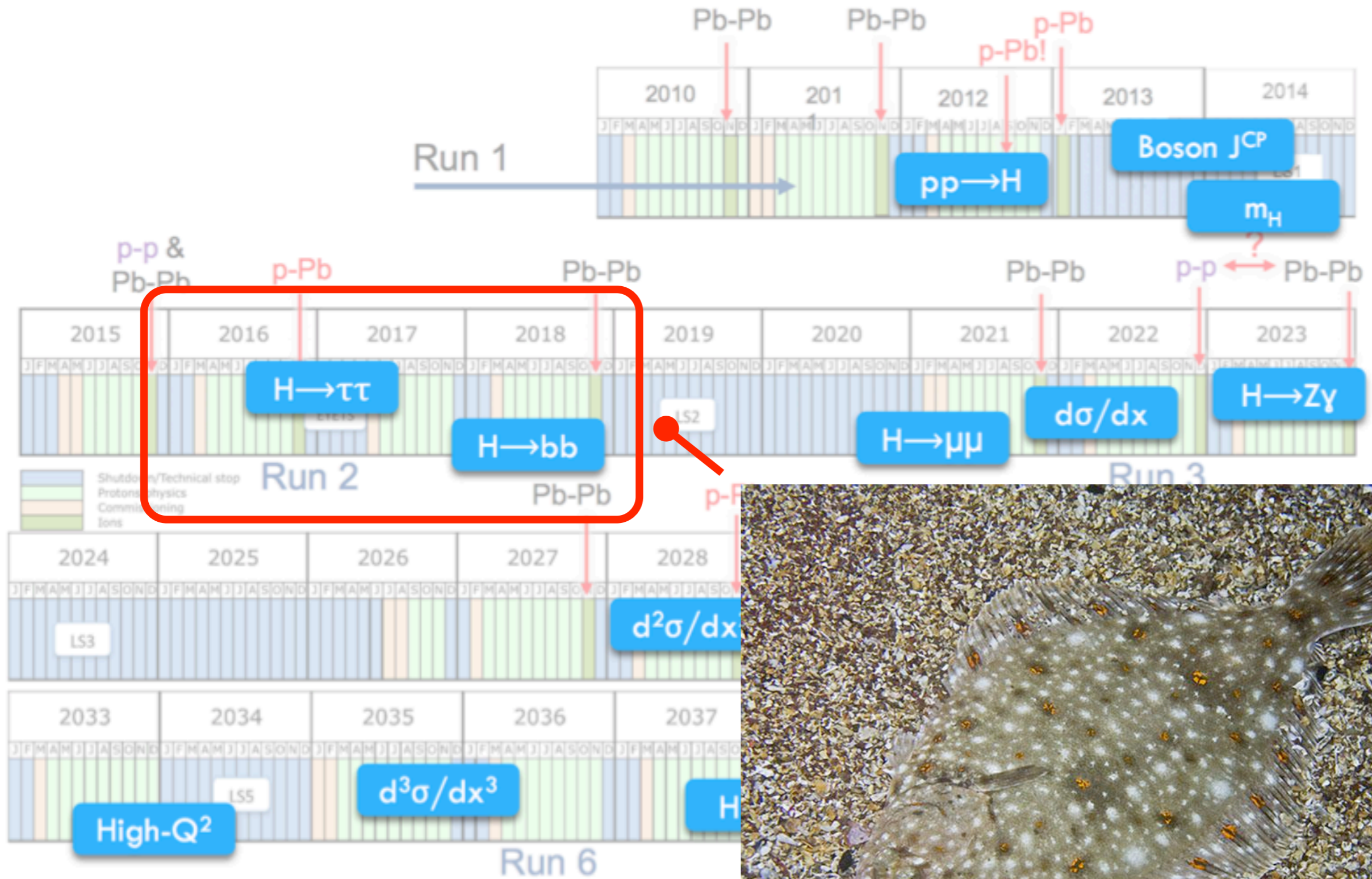
Grazie per l'attenzione!



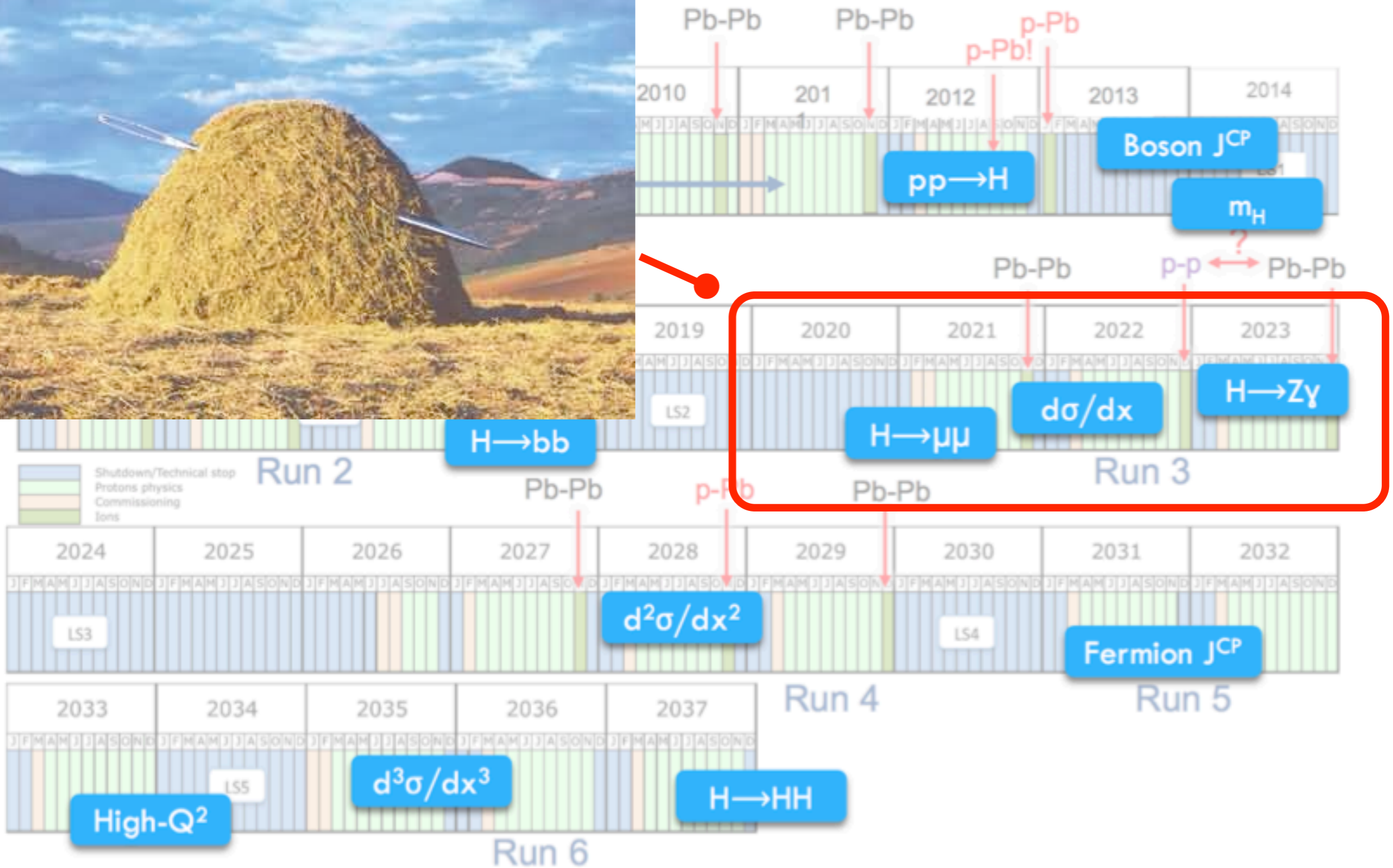
Higgs: Quo vadis?



Higgs: Quo vadis?



Higgs: Quo vadis?



Higgs: Quo vadis?

