

Il primo anno di CMS a LHC: dalla riscoperta dei fenomeni noti alla *terra incognita*

Come e' andato LHC

Alcune spiegazioni

Ricordando il Modello Standard

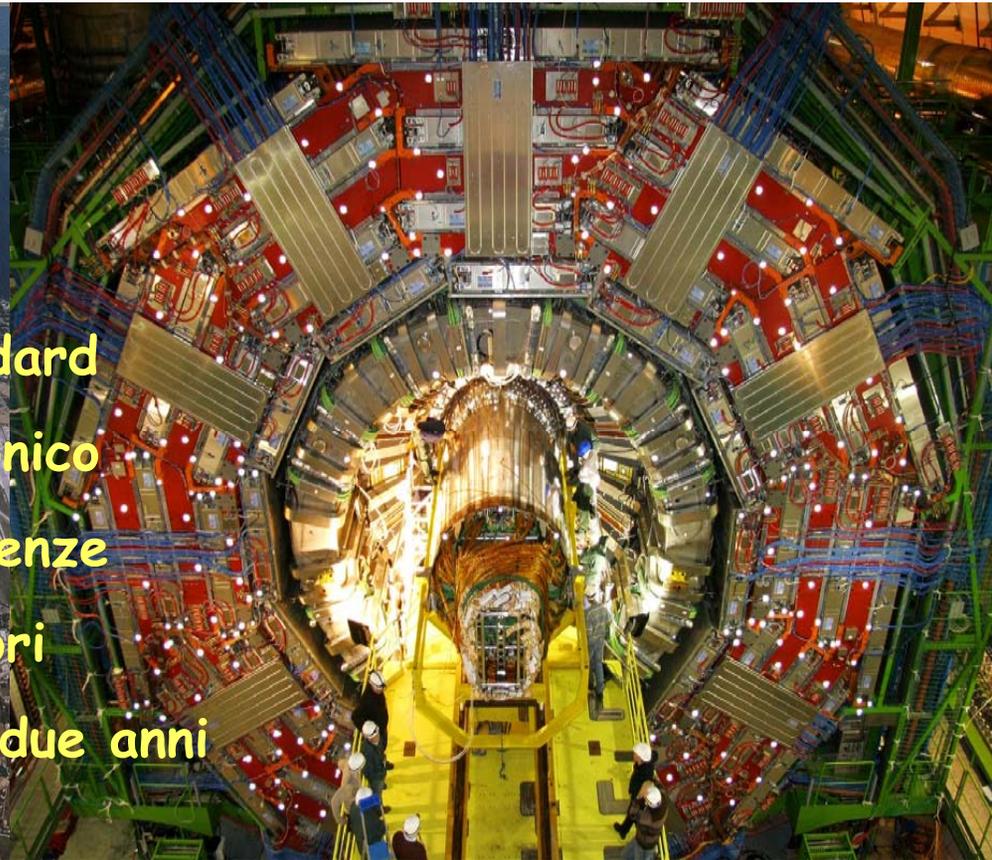
Ad un collisore adronico

Si ritrovano vecchie conoscenze

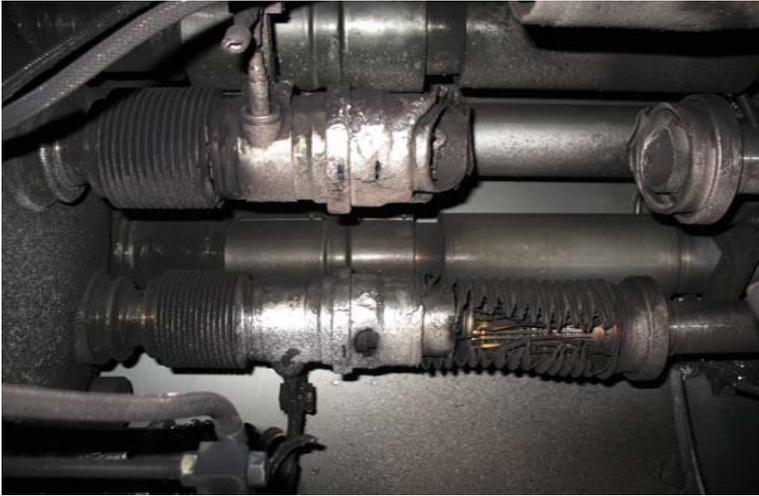
Partenza per i nuovi territori

Prospettive per i prossimi due anni

Conclusioni



Si partiva dal disastro del 2008:



Sicurezza della macchina prima priorit 

Non tutte le connessioni tra magneti sono state controllate



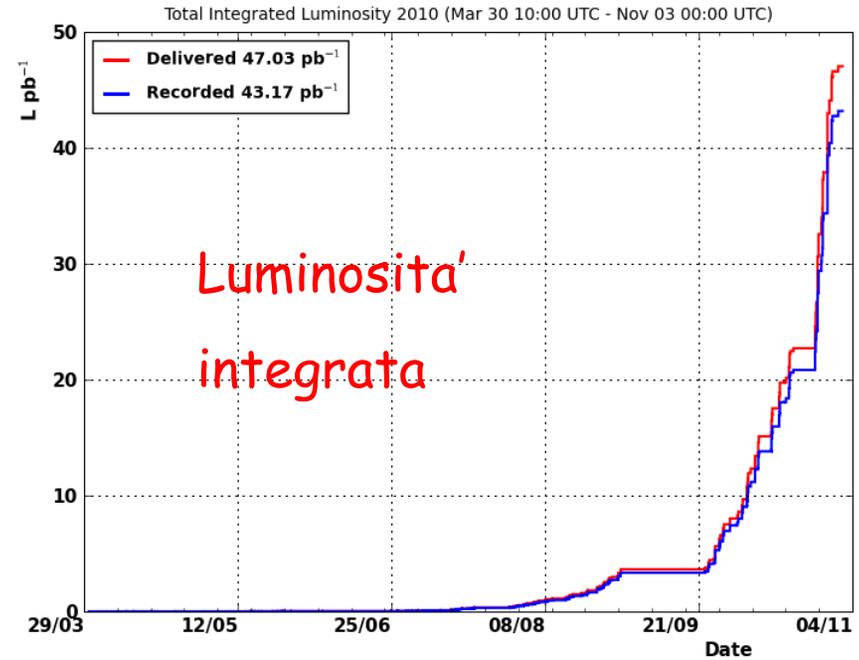
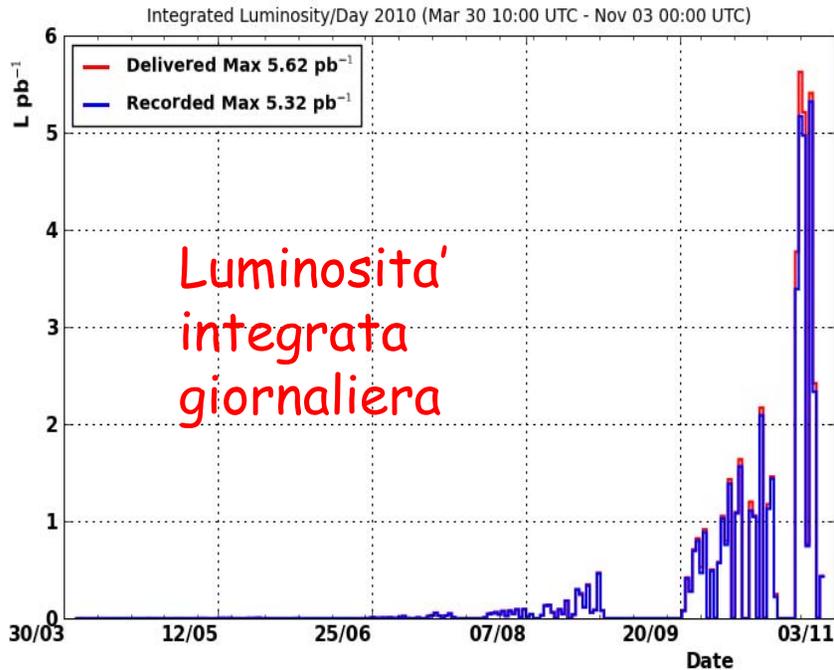
Dopo i primi dati (a 900 GeV) nel 2009...

deciso di operare ad energia pi  bassa: 3.5 TeV per fascio

nel 2010 LHC e' andato benissimo:

Cosa vuol dire?

Che la luminosita' e'
cresciuta secondo le
aspettative



Cos'e' la
luminosita'?

Alcune spiegazioni

Cos'e' la Luminosita'?



Numero di collisioni di particelle che possono essere prodotte per unita' di area per unita' di tempo. Si misura in $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$

Frequenza di scontro dei pacchetti

$$L \sim f \cdot N^2 / (4 \cdot \pi \cdot \sigma^2)$$

o

$$L = f \cdot N_1 N_2 / (4\pi\sigma_x \sigma_y)$$

Che si riscrive come

$$L = f \cdot N^2 / (4 \cdot \varepsilon \cdot \beta^*)$$

Parametri fascio (emittanza e "amplitude function")

Luminosita' di progetto della fase iniziale di LHC: $L \sim 2 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$

A fine 2010 raggiunta $L \sim 2 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$

Interessa la luminosita' integrata (nel tempo)
Per comodita' si misura con l'inverso dell'unita' di misura della sezione d'urto (es. pb^{-1}) : $N_{ev} = L \times \text{sez.d'u.}$

$$L = \int L dt$$

Svariati motivi per poter raccogliere una Luminosita' molto piu' alta nel 2011 (e ancora di piu' nel 2012): si parte da 5 pb⁻¹ al giorno per ~200 giorni e possibilita' di guadagnare un fattore >3 sulla \mathcal{L} istantanea

Domanda: nel 2010 abbiamo raccolto 40 pb⁻¹, se nel 2011 ne raccogliessimo 50 volte di piu' raccoglieremmo

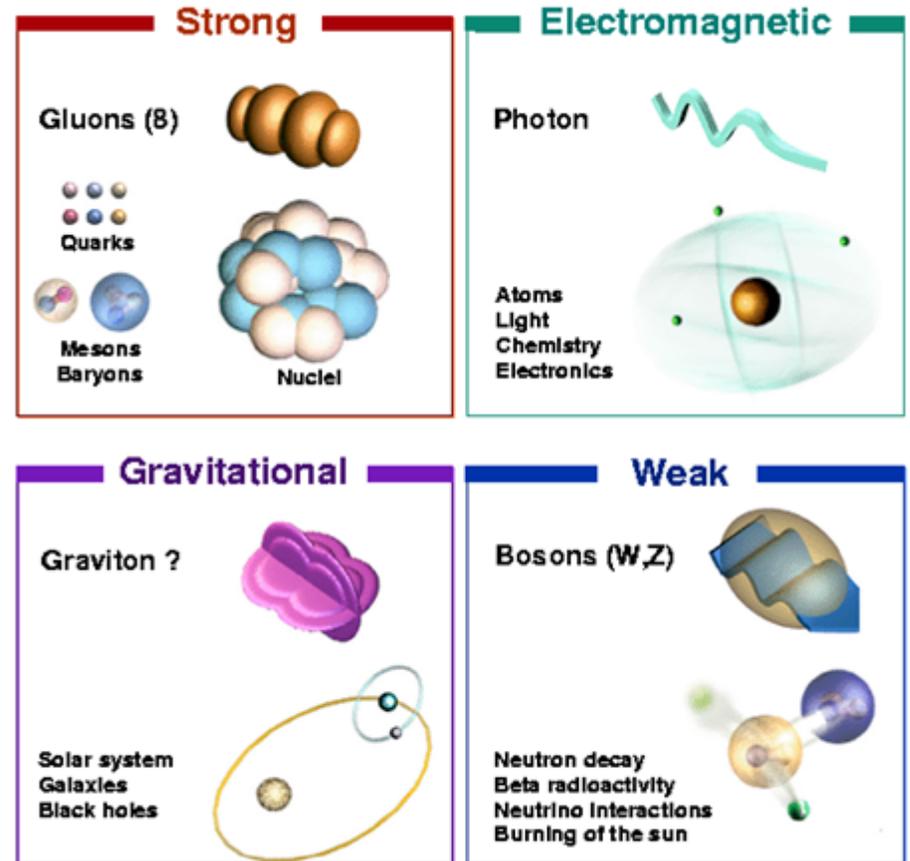
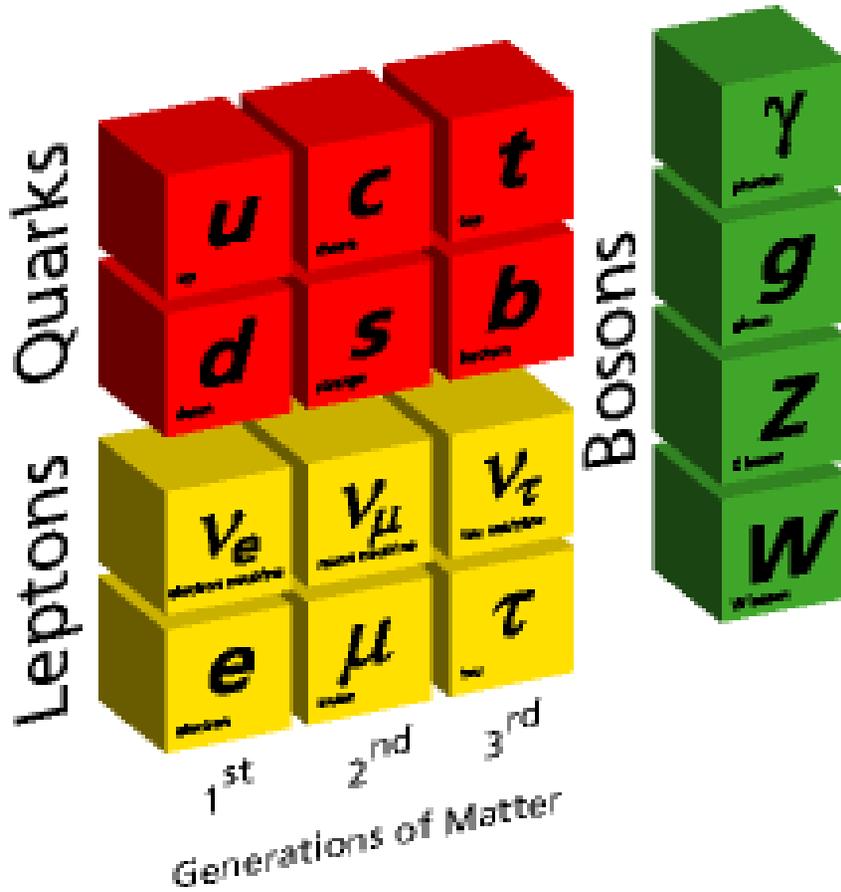
2

nb⁻¹

o

fb⁻¹ ?

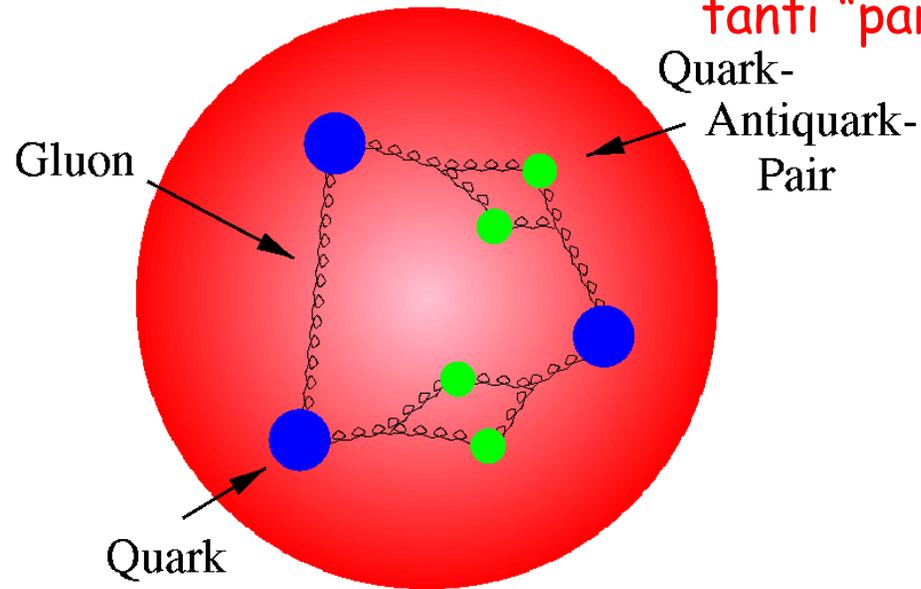
Elementary Particles



The particle drawings are simple artistic representations

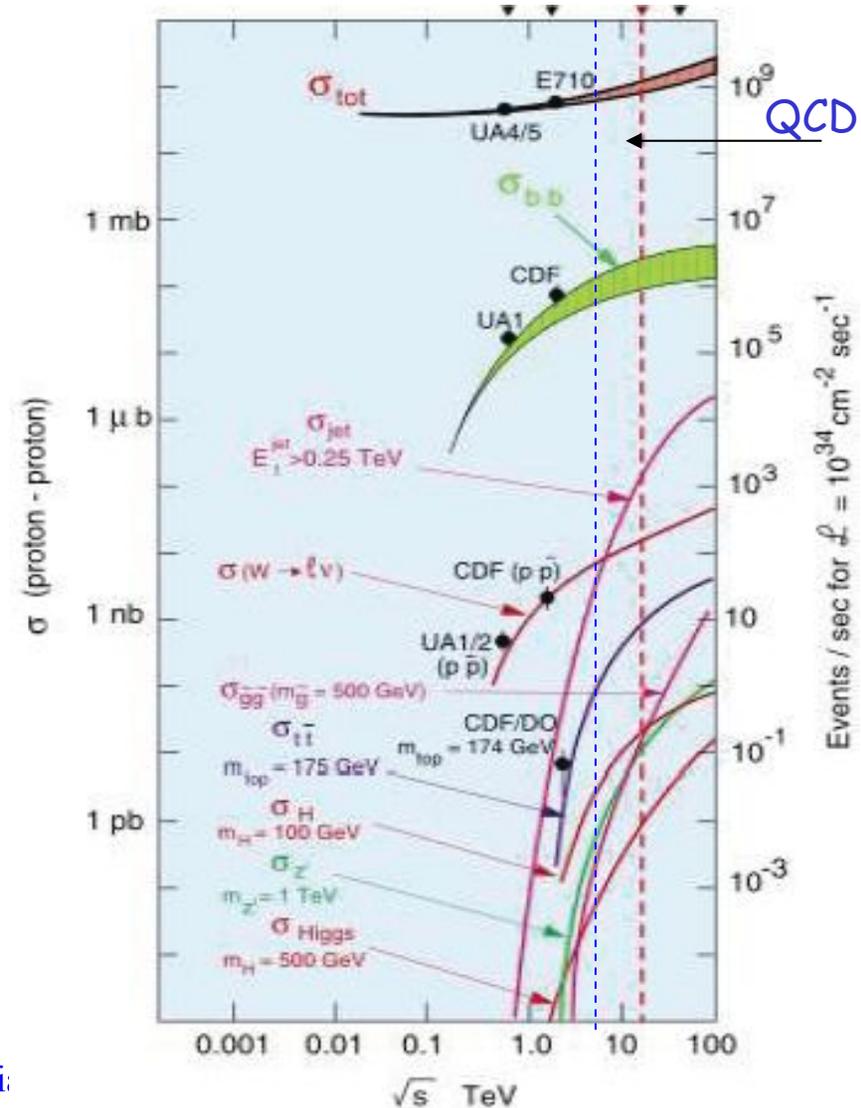
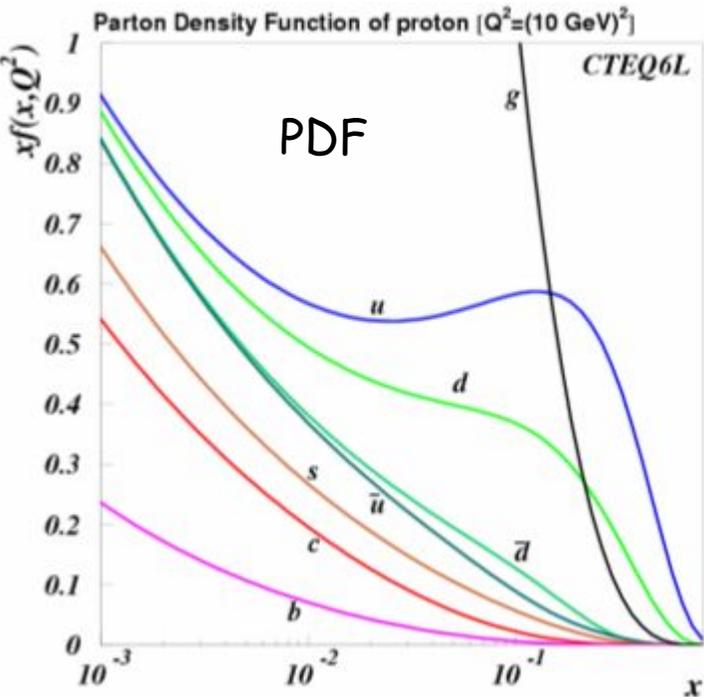
Ad un collisore adronico

Protoni: non si scontrano
"particelle elementari" ma
tanti "partoni"



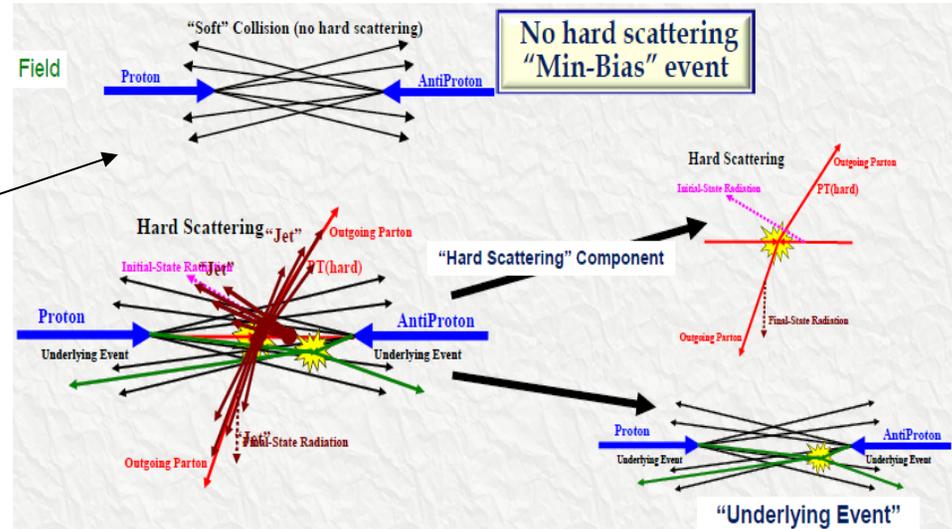
A seconda del "tipo" di
interazione piu' o meno dura
(anelastica) succedono e si
studiano fenomeni diversi

Le collisioni piu' dure le possiamo vedere come urti elementari tra oggetti singoli con una frazione x dell'impulso del p , che producono oggetti con grande impulso **TRASVERSO**

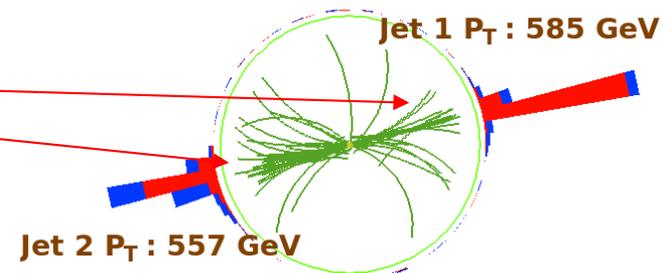


Cosa succede se un partone
e' colpito in modo "duro"?

1. Il resto del protone se ne va in avanti in modo del tutto simile a quando NON c'e' urto "duro"
2. Il partone, che per la QCD NON puo' andarsene nudo si "riveste" fino a trasformarsi in un fiotto di adroni: **jet**
3. Il partone puo' produrre qualcosa che decade in e, μ

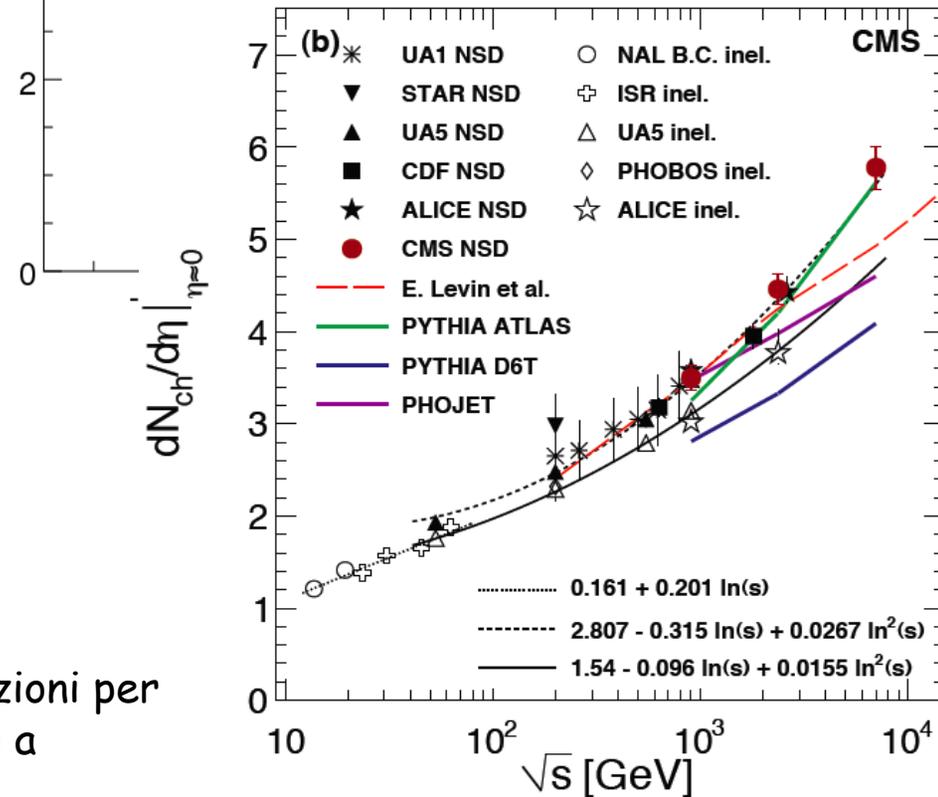
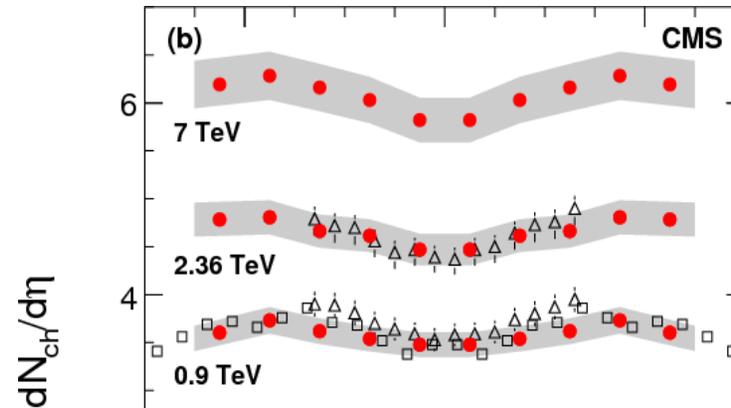
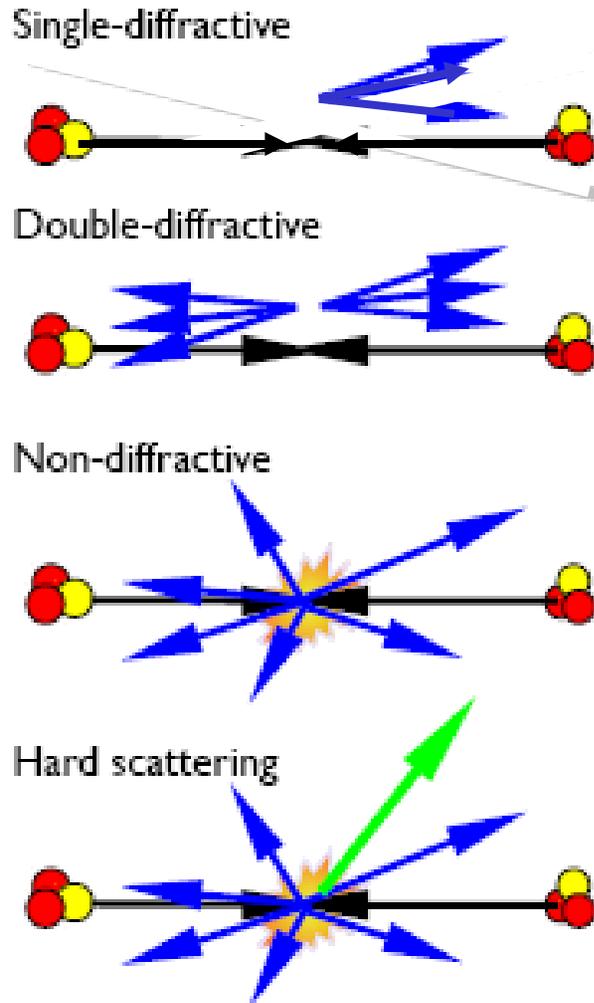



Run : 138919
Event : 32253996
Dijet Mass : 2.130 TeV



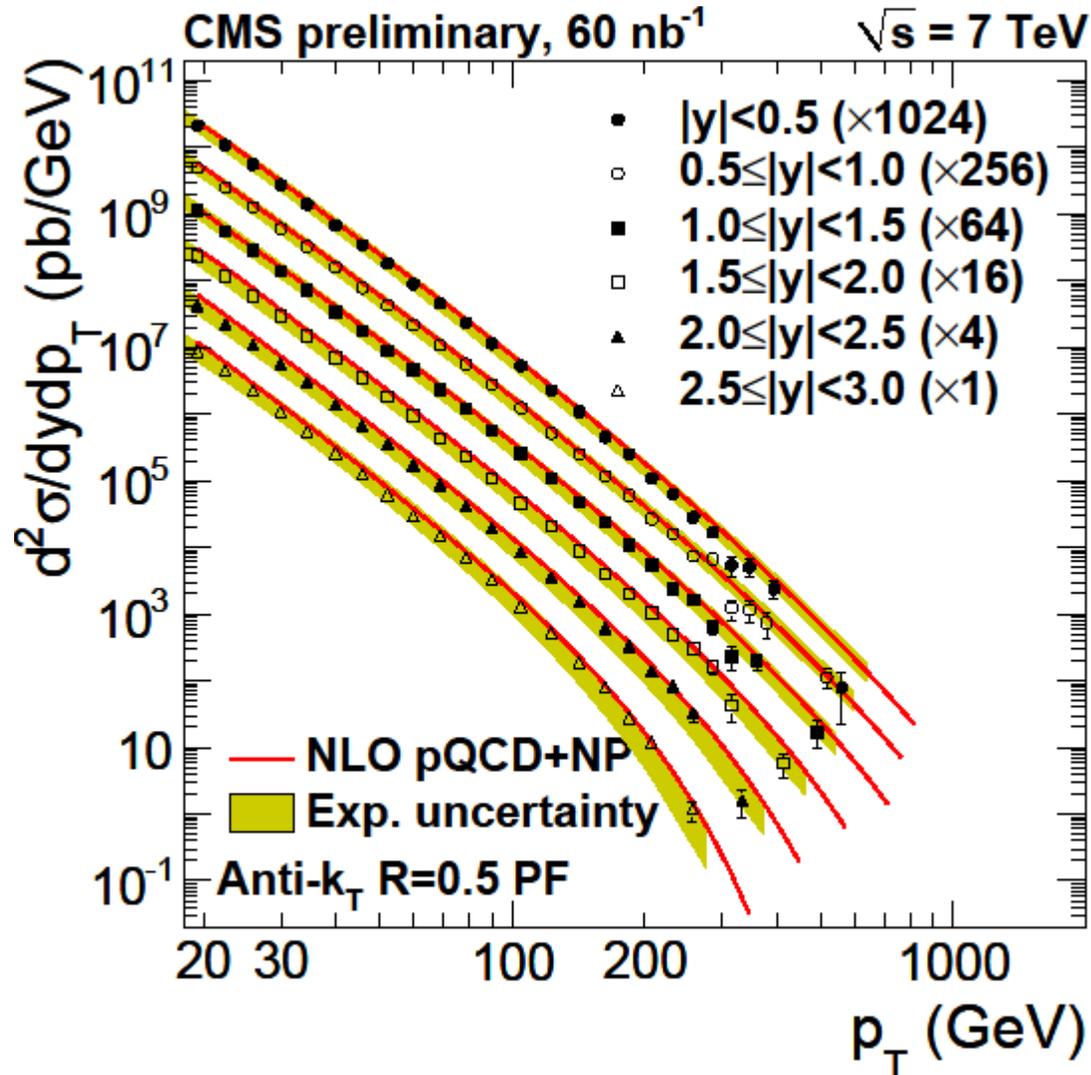
Ad un collisore adronico

QCD: basso p_+



Molto importante studiare queste distribuzioni per conoscerne l'andamento quando si andranno a studiare fenomeni nuovi

Sezione d'urto inclusiva di jet in accordo con le previsioni teoriche

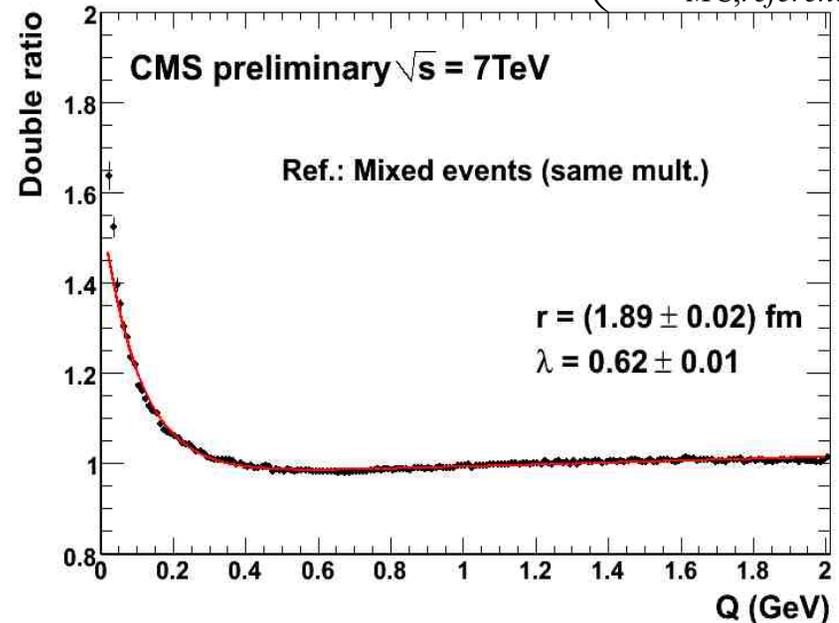
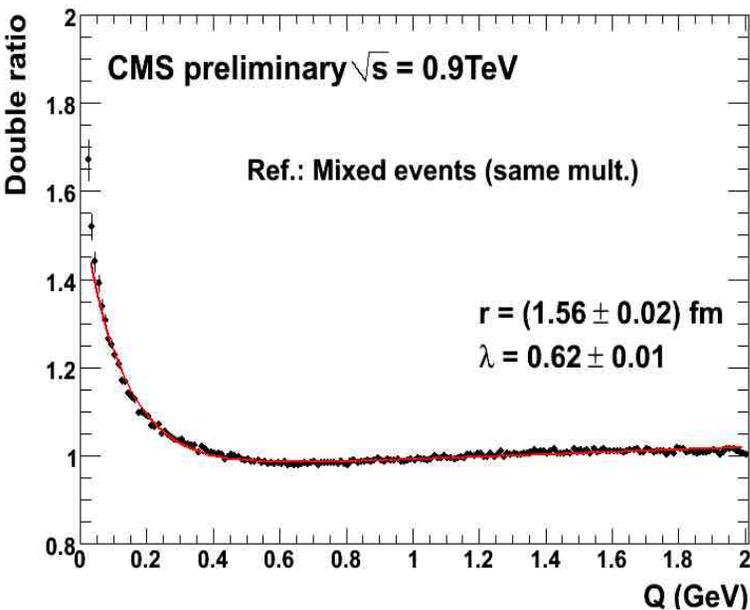


Correlazione di Bose-Einstein

PRL 105 (2010) 032001

arXiv:11013518v1 (2011)

$$\mathcal{R} = \frac{R}{R_{MC}} = \frac{\left(\frac{dN_{signal}/dQ}{dN_{reference}/dQ} \right)}{\left(\frac{dN_{MC,signal-like}/dQ}{dN_{MC,reference}/dQ} \right)}$$



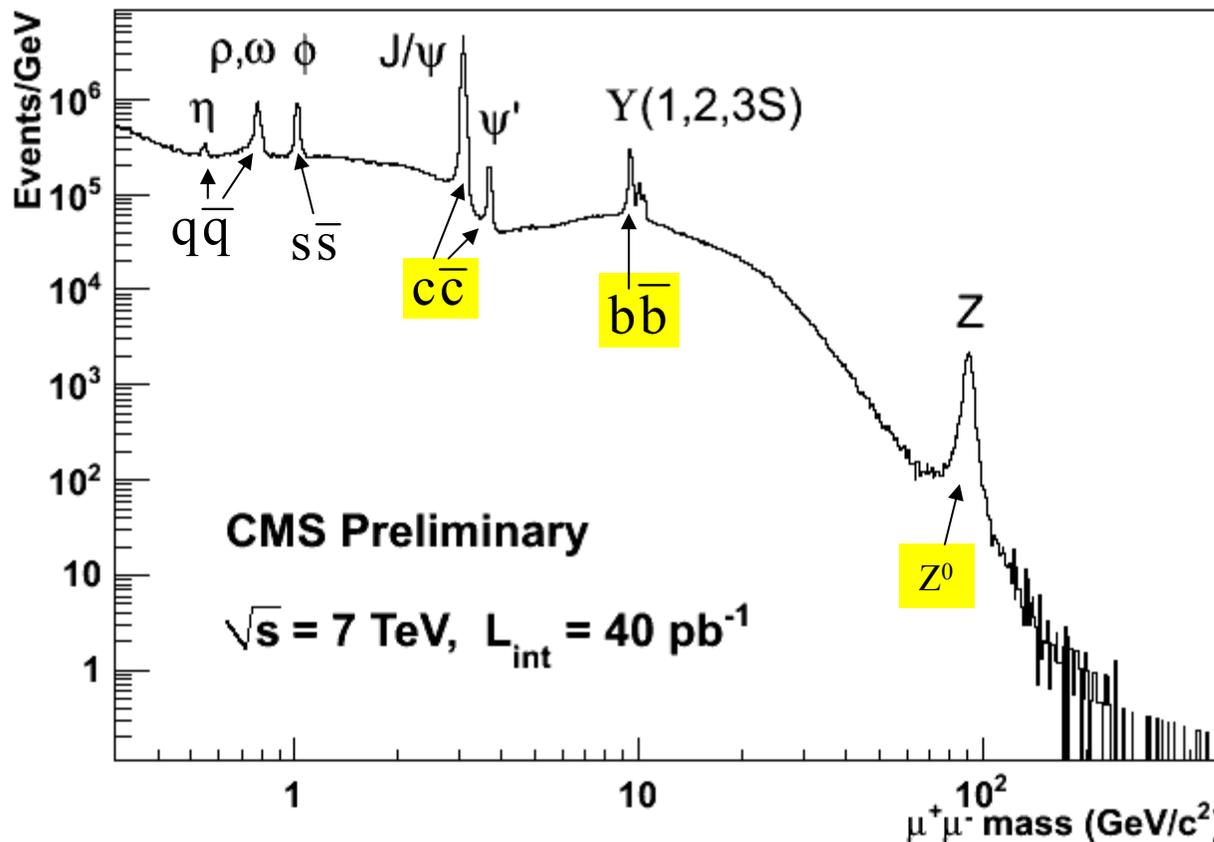
Particolare soddisfazione: due lavori tutti padovani
e una tesi triennale

Si ritrovano vecchie conoscenze



Regola generale di qualsiasi esperimento di Fisica:
tutto quanto e' stato gia' trovato e misurato con precisione
deve venir riprodotto dal nuovo esperimento

es.: $X \rightarrow \mu^+ \mu^-$ dove $X \dots$



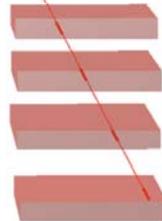
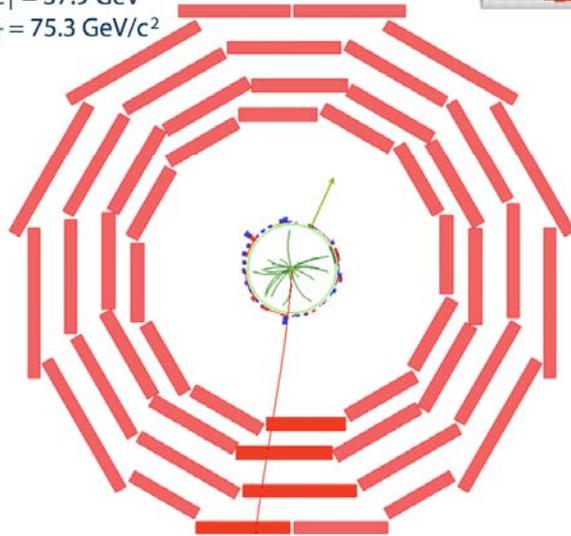
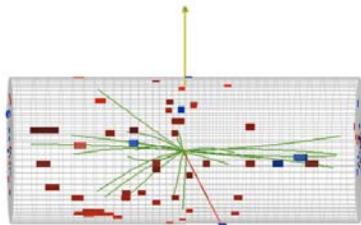
Gia' visto
all'inizio
dell'estate
con 3.1 pb^{-1}

$W \rightarrow \mu\nu$



CMS Experiment at LHC, CERN
 Run 133875, Event 1228182
 Lumi section: 16
 Sat Apr 24 2010, 09:08:46 CEST

Muon $p_T = 38.7$ GeV/c
 $ME_T = 37.9$ GeV
 $M_T = 75.3$ GeV/c²

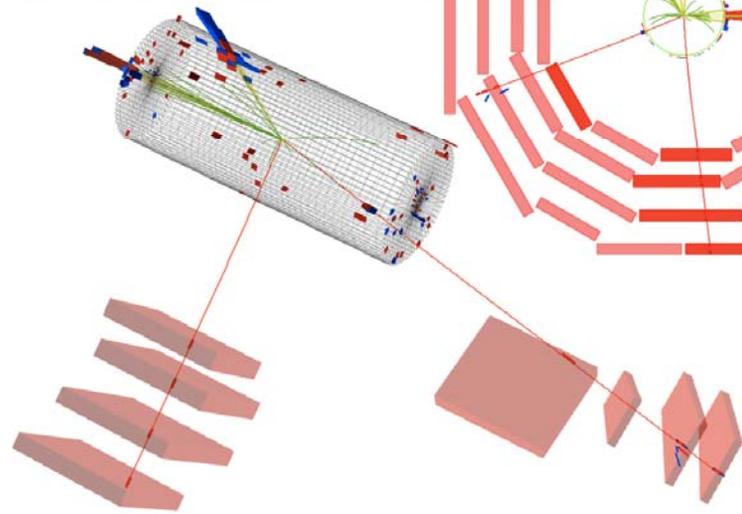
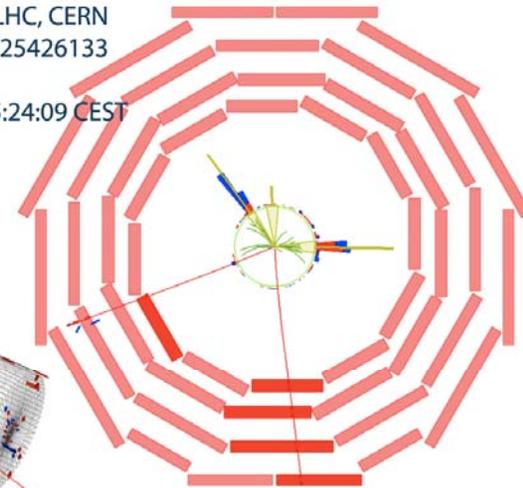


$Z \rightarrow \mu\mu$



CMS Experiment at LHC, CERN
 Run 135149, Event 125426133
 Lumi section: 1345
 Sun May 09 2010, 05:24:09 CEST

Muon $p_T = 67.3, 50.6$ GeV/c
 Inv. mass = 93.2 GeV/c²



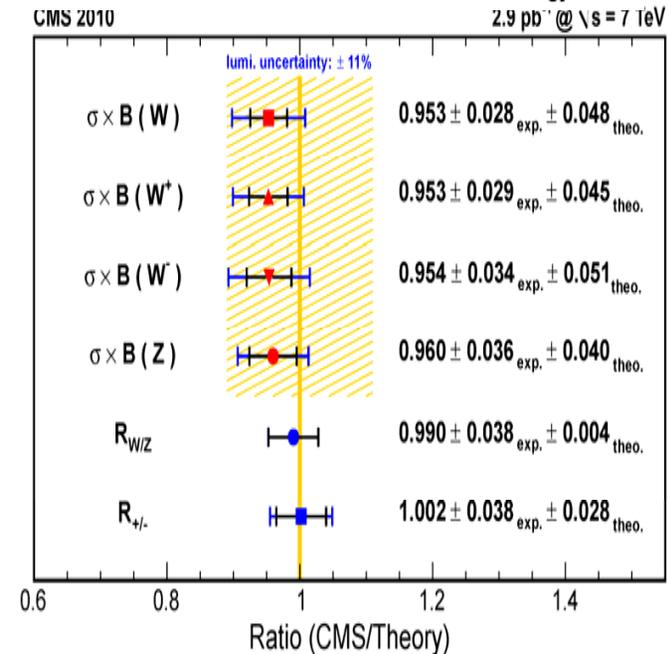
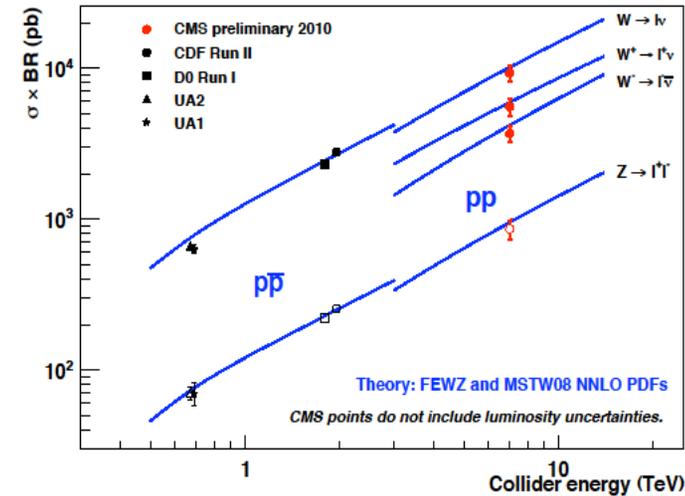
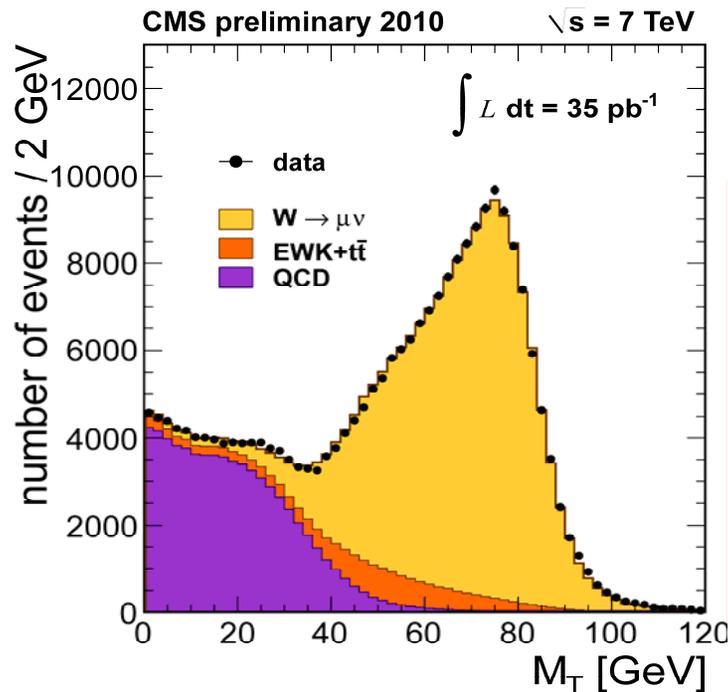
Si ritrovano vecchie conoscenze

Misure elettrodeboli: sezioni d'urto W/Z e



$W \rightarrow \mu\nu$

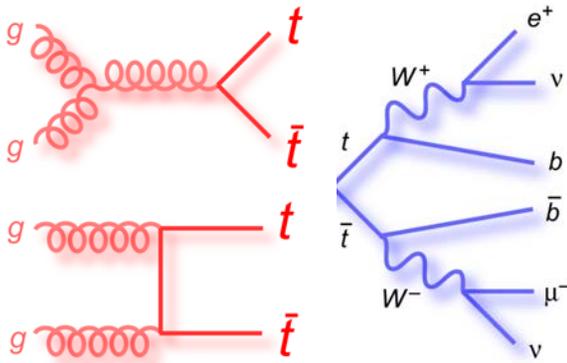
NB: in questo caso non e' possibile ricostruire la massa invariante ma si puo' ricostruire $E_T(\nu)$ come E_T mancante (\cancel{E}_T)



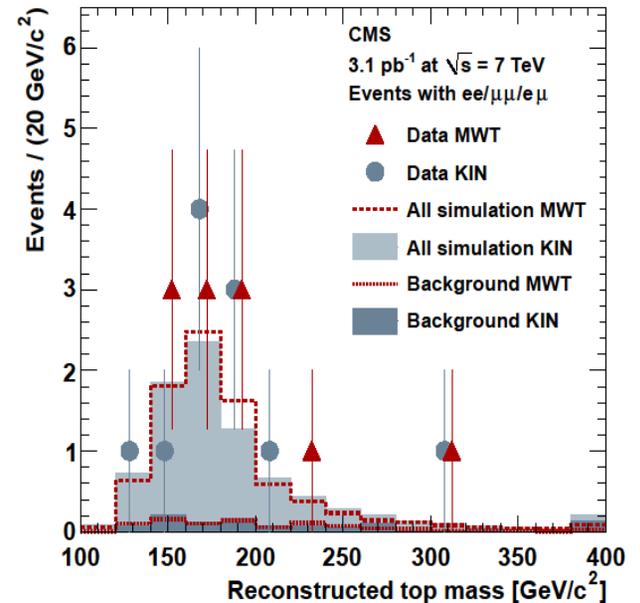
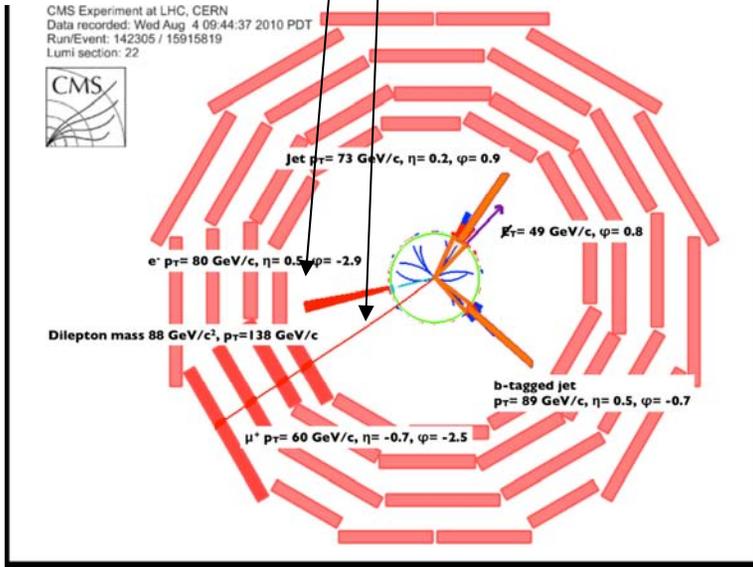
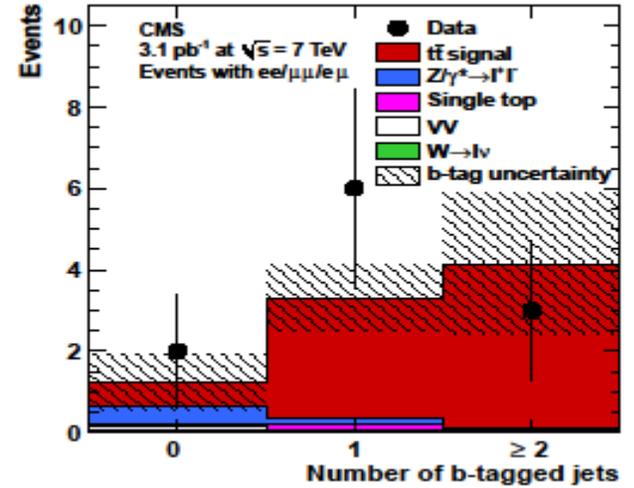
Si ritrovano vecchie conoscenze

...top

$$\sigma(pp \rightarrow t\bar{t}) = 194 \pm 72(\text{stat}) \pm 24(\text{syst}) \pm 21(\text{lumi}) \text{ pb}$$

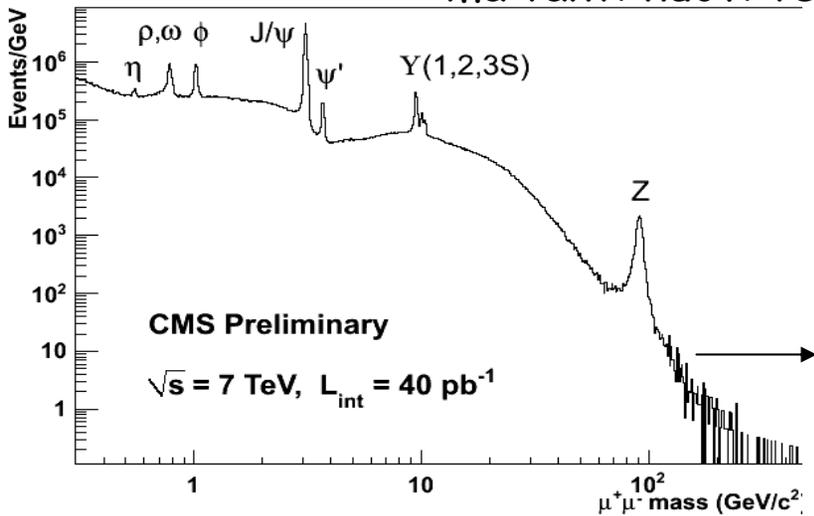


Stato finale con
2 leptoni (e, μ) e 2 jet e E_T



Partenza per i nuovi territori

Tanti motivi per non fermarci al M.S.
ma tanti nuovi territori da esplorare



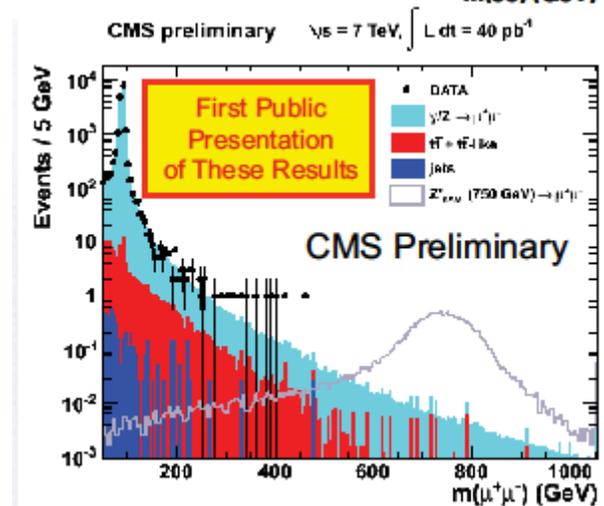
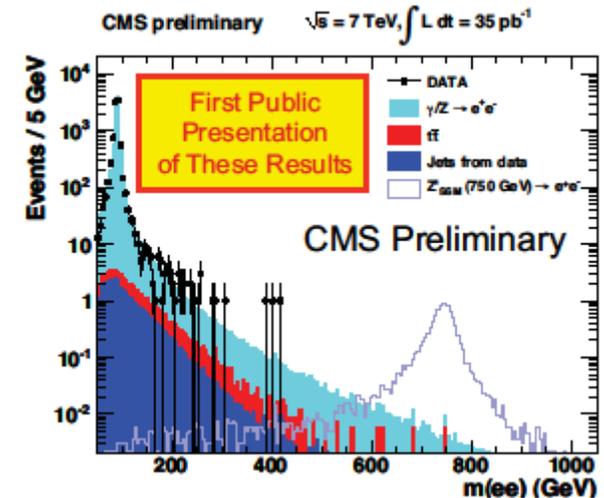
Hic sunt



Si puo' cercare con "mente aperta"
oppure andare a vedere se e' vera
qualche predizione specifica.

Ad es. se esiste uno Z'

se non si trova e si e' piu' sensibili di
precedenti esp. si sposta il limite e
della "terra incognita"



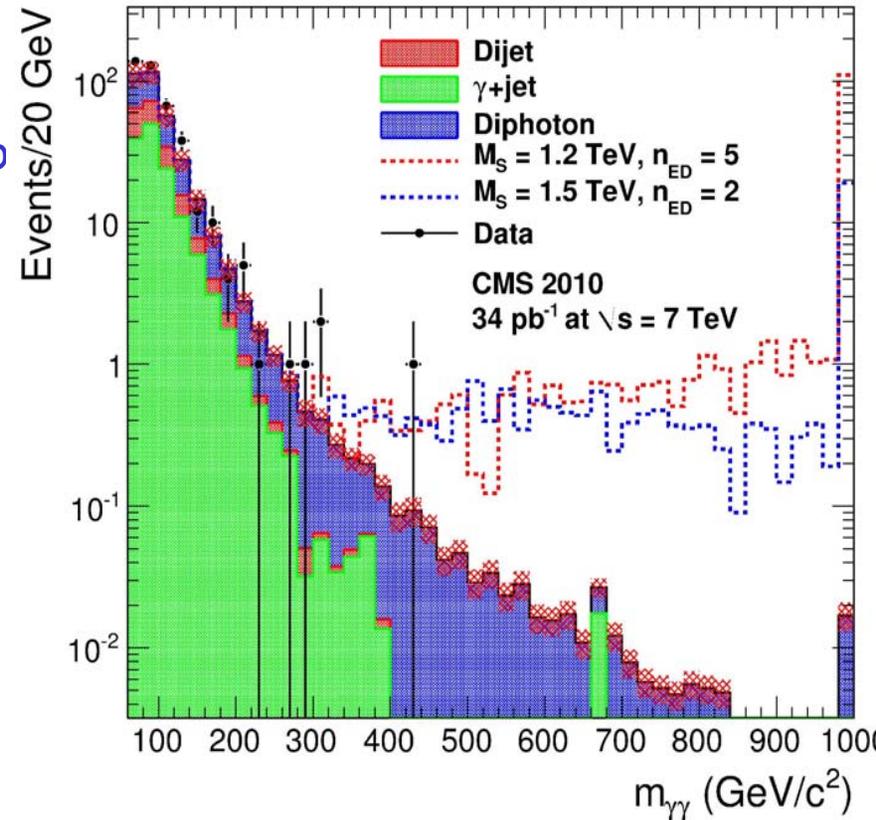
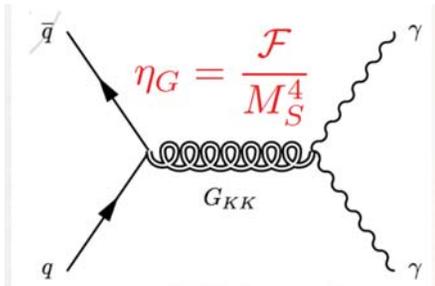
Partenza per i nuovi territori



Ad es.: ricerche di nuove dimensioni EXTRA
nell'ambito della relativita' quantistica

Un modo per trattare quantisticamente la gravita' potrebbe prevedere l'esistenza di dimensioni ulteriori dove solo la gravita' (il suo "quanto" il Gravitone) puo' propagarsi.

In tal caso i suoi effetti potrebbero essere visibili ad energie molto piu' "basse" di quelle ($\sim 10^{16}$ TeV: scala di Planck) dove gravita' e Mecc. Quant. si "toccano"



Si vanno a cercare due fotoni NON risonanti

per $M_{\gamma\gamma} > 500$ GeV: $\sigma < 0.118$ pb @ 95% C.L.
che si traduce in limite sulle masse

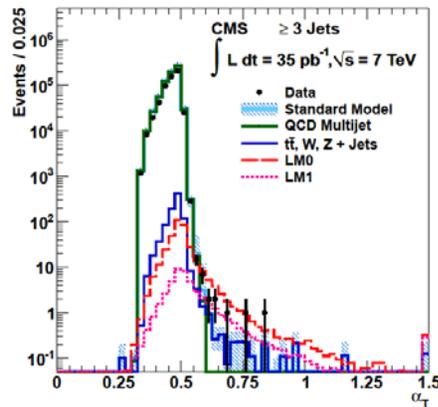
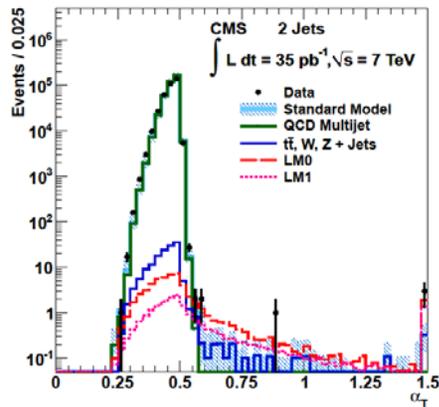
GRW	Hewett		HLZ (limits in TeV)					
	$\lambda > 0$	$\lambda < 0$	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	n=7
1.93	1.72	1.70	1.88	2.29	1.93	1.74	1.62	1.53
1.82			1.79	2.22	1.82	1.61	1.45	1.29

Partenza per i nuovi territori

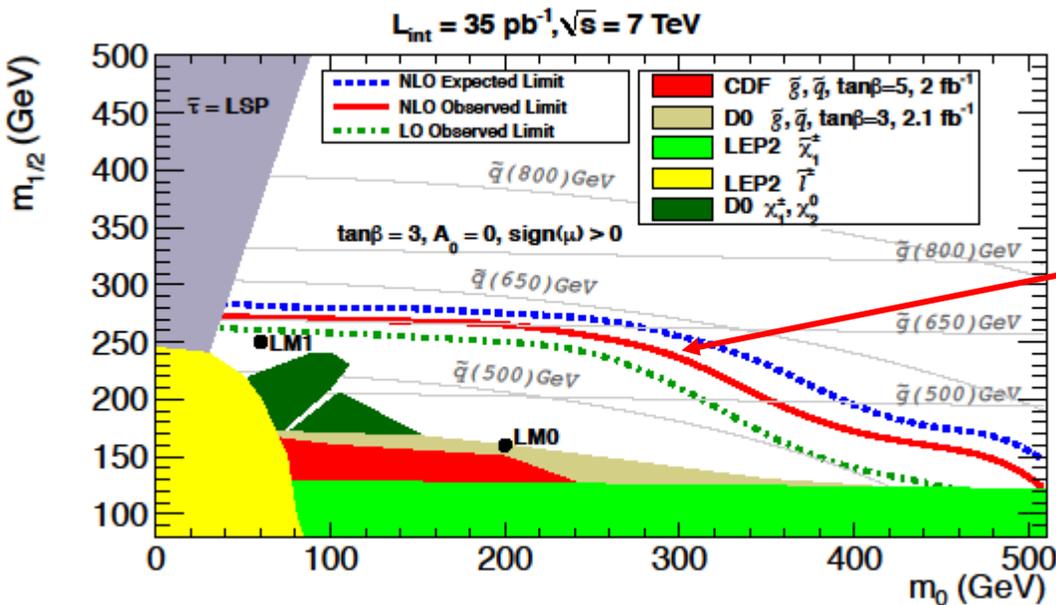


Ad es. (ovviamente) alla ricerca di SUSY

In eventi con jet e E_T mancante



$\alpha_T = E_T j^2 / M_T$
"sbilanciamento"
tra i due jet

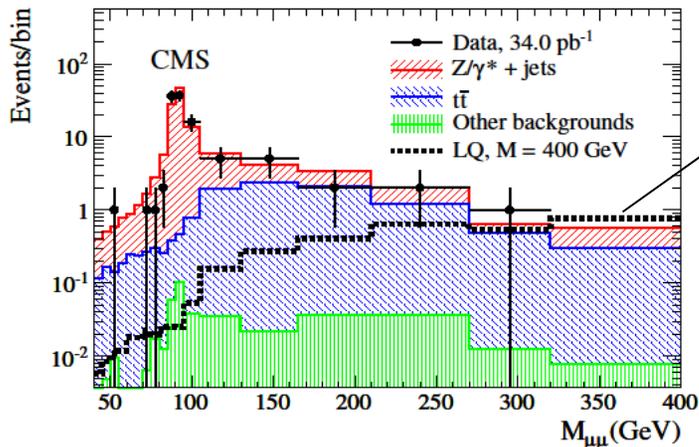


Ampiamente
superata la
sensibilita' del
Tevatron

Prospettive per i prossimi due anni

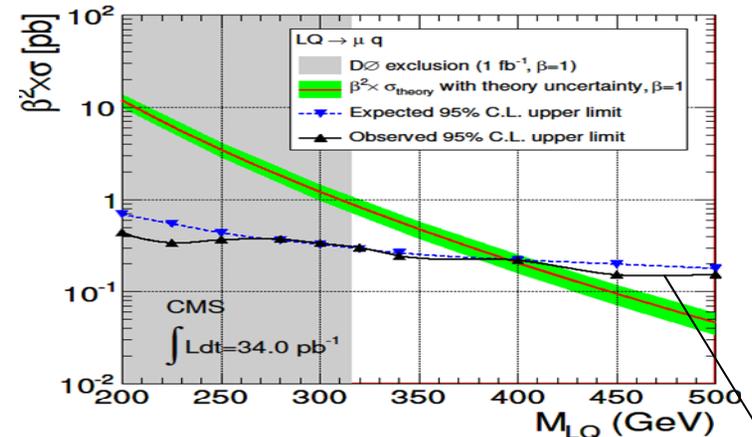
Pur rimanendo a energie inferiori a quanto previsto nel progetto di LHC (14 TeV), la possibilita' di aumentare di un fattore 50 la Luminosita' (dati) nel 2011 e di un altro fattore 2-3 nel 2012 aprira' veramente il campo a nuove scoperte di tutti i tipi, sia perche' si potranno scoprire fenomeni molto piu' rari, che perche' si potra' arrivare ad essere sensibili ad Energie maggiori.

Ad es. Ricerca di Leptoquarks (pubblicata quest'anno)



Cresce il numero di eventi aspettati per masse piu' grandi

Il territorio incognito potra' essere esplorato in lungo e in largo a partire da quest'anno alla fine dell'anno prossimo*

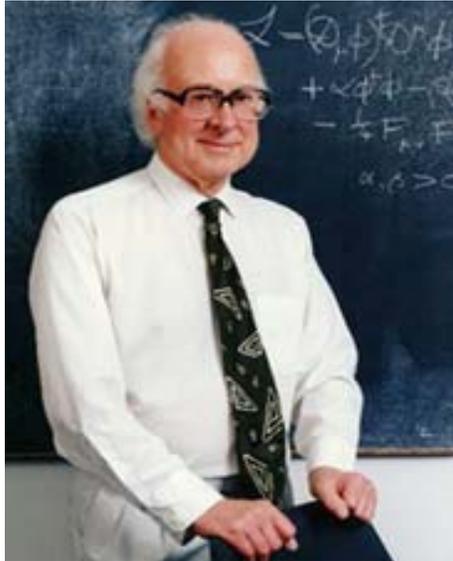


Cala la sez. d'urto del processo che si puo' scoprire

Prospettive per i prossimi due anni

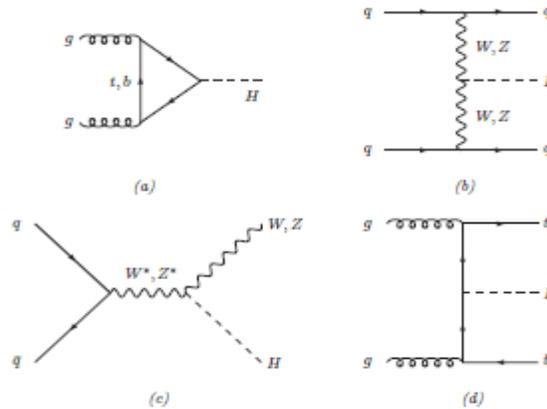
MA NON ABBIAMO ANCORA PARLARLATO DI LUI!!!

Mr Higgs:

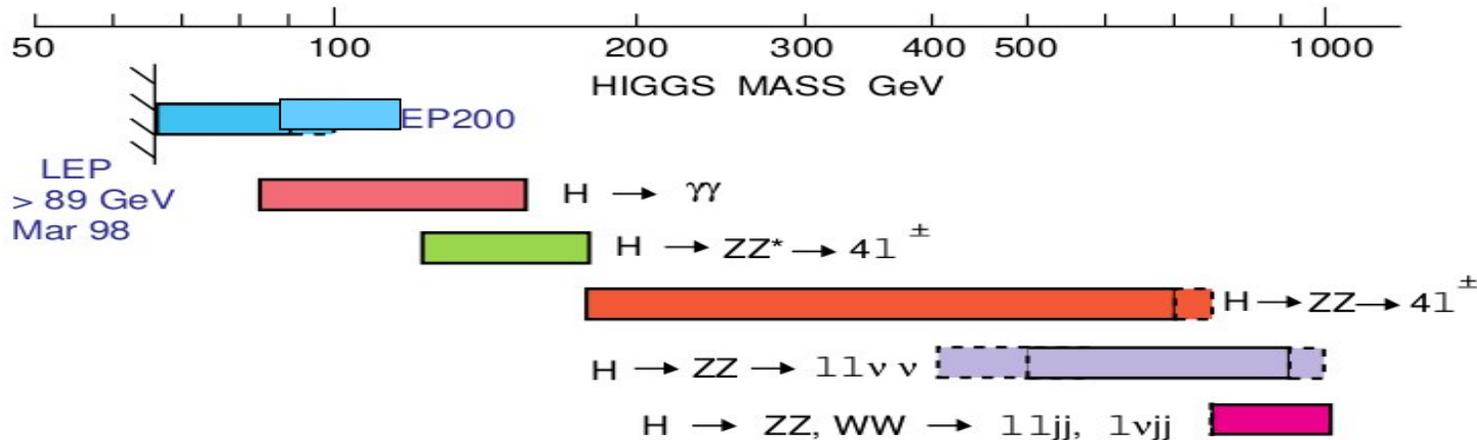
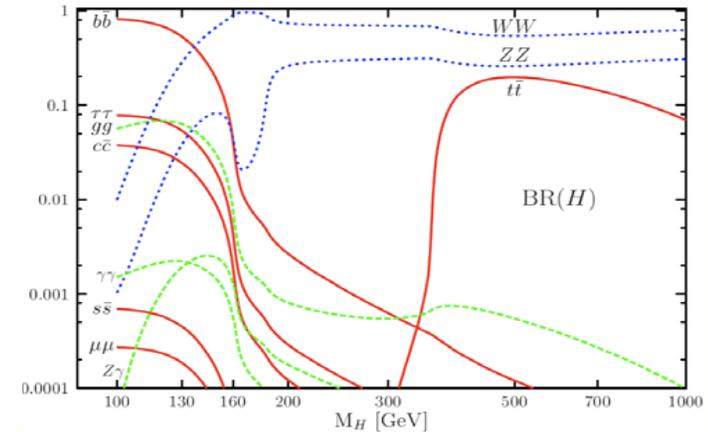


Il Bosone di Higgs e' l'ultimo componente del MS ancora mancante (e la sua massa l'ultimo parametro ancora ignoto)

produzione:

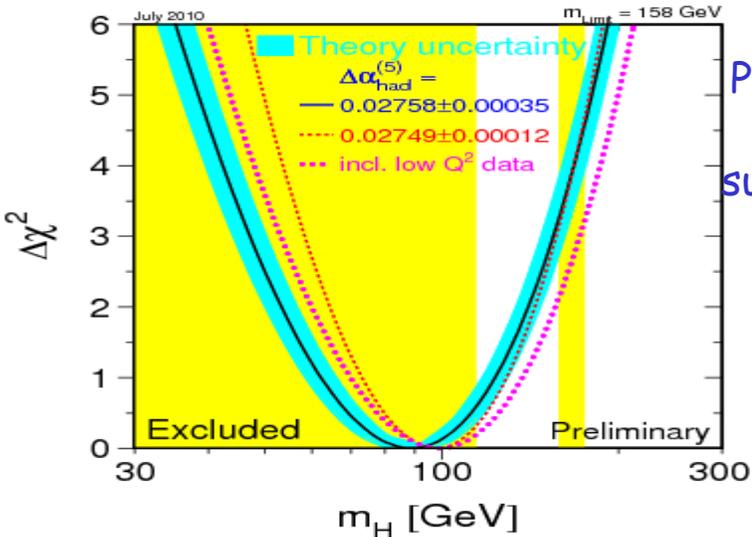


decadimento:



Si parte da qui:

Previsioni da fit al M.S.

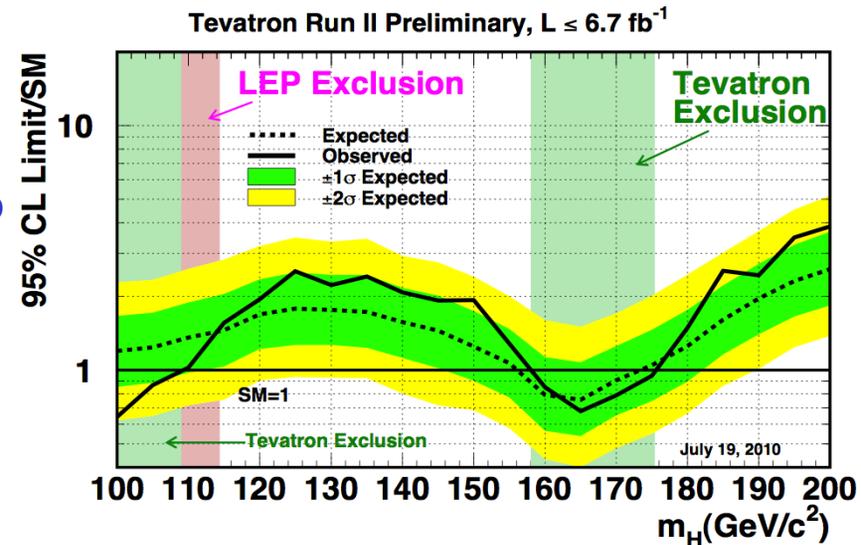


Potrebbe anche essere un h supersimmetrico

Regione piu' probabile, piu' intrigante (e piu' difficile):
quella di bassa massa .

Canali: $H \rightarrow \gamma\gamma$, $VH \rightarrow bb$ *

Ricerche dirette (Lep + Tevatron)



Il problema e' la riduzione dei fondi

Competizione con Tevatron → sforzo comune?

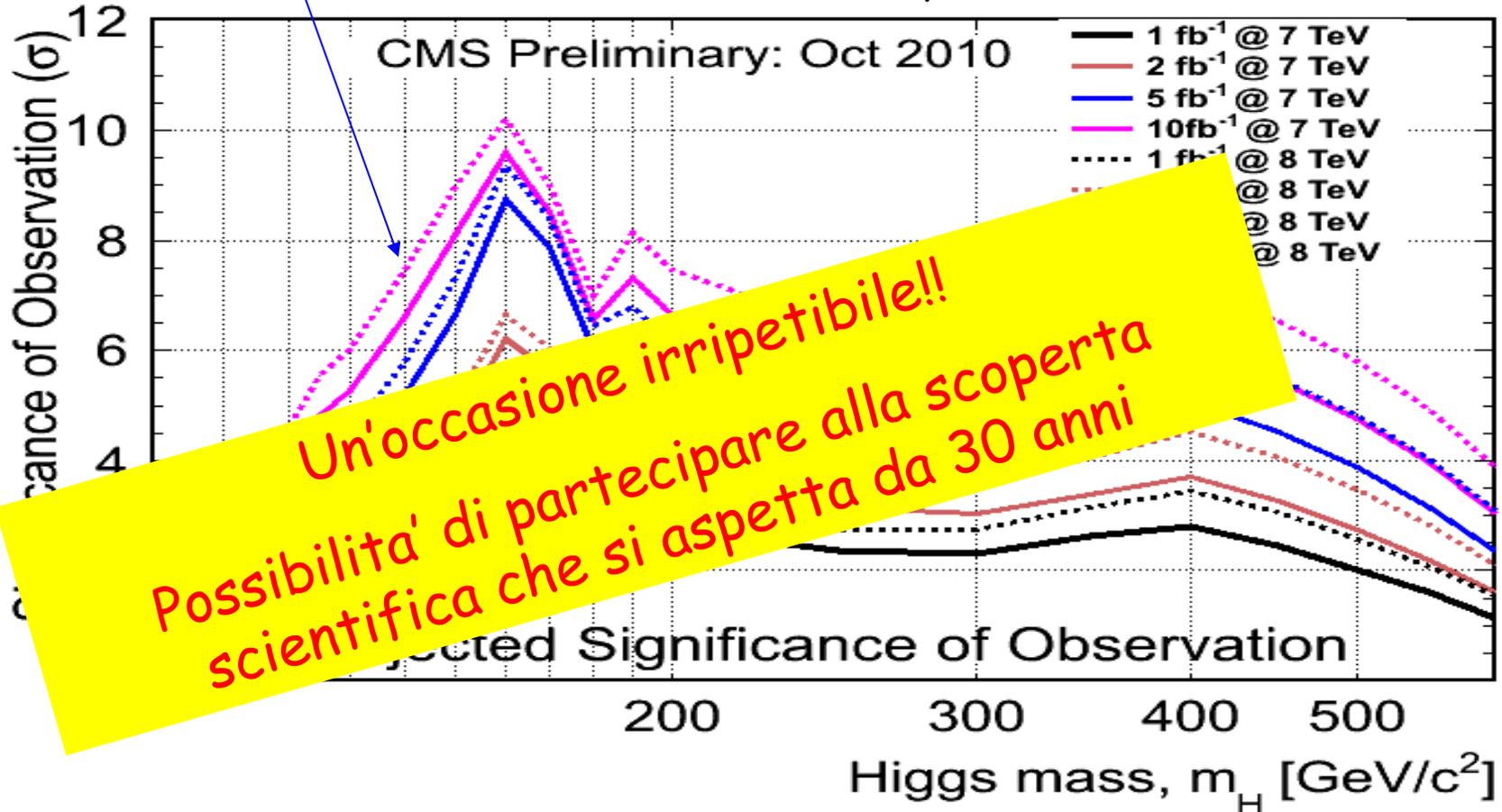
Dipende dalla massa

Prospettive per i prossimi due anni

Molto piu' facile se $m_H > 130$

Canali $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$; $H \rightarrow ZZ \rightarrow ll ll$

Con le luminosita' previste tra il 2011 e il 2012 la scoperta e' praticamente assicurata



Conclusioni



Nel 2010

- La (ri)partenza di LHC e' andata benissimo e
- gli esperimenti (CMS) si sono comportati altrettanto bene
- coprendo in un anno di presa dati e in qualche mese di analisi
- un campo vastissimo di risultati sia (ri)misurando quantita' note dal MS
- che estendendo limiti delle altre macchine (Lep Tevatron)

Nel 2011-2012
(confermato ieri)

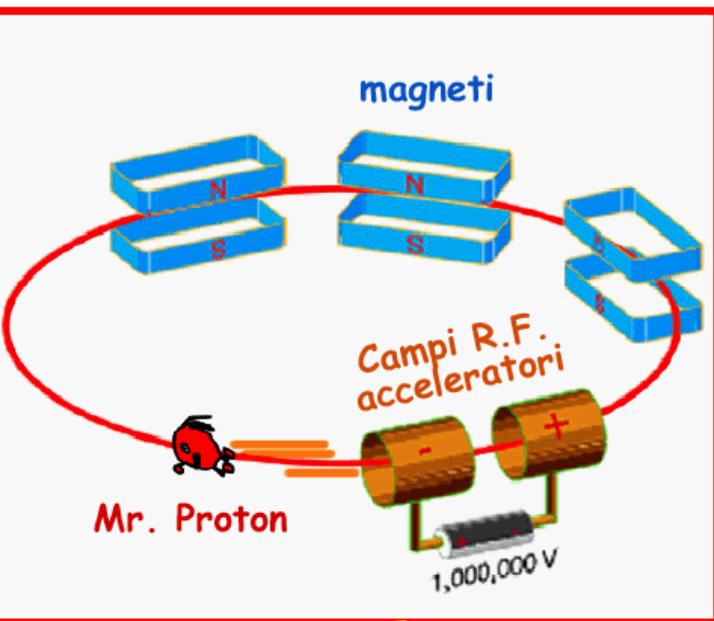
- Prospettiva di accumulare da subito una ingente quantita' di dati
- Possibilita' di esplorare regioni finora inaccessibili
- Trovare l'Higgs (o fare una scoperta ancora piu' intrigante escludendolo)



Tipologie di acceleratori



Circolari



Vantaggi: Le particelle attraversano più volte la stessa cavità. Ad ogni giro tali pacchetti acquistano energia grazie al campo elettrico accelerante (a radiofrequenza)

Svantaggio: ne perdono a causa della **RADIAZIONE DI SINCROTRONE EMESSA** (a sua volta costituisce una sonda utilizzata in vari campi) nei magneti curvanti.

Una particella carica che viaggia lungo una traiettoria curva **perde energia.**

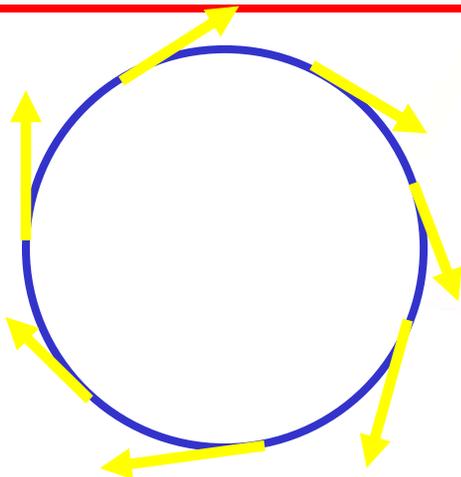
Energia persa per giro

$$U = \frac{4\pi}{3} \frac{r_o}{(mc^2)^3} \frac{E^4}{\rho}$$

Energia

Massa

Raggio di curvatura della traiettoria





Modo di utilizzo: Collisori

Collider elettrone-positrone (es. LEP)



$e^{+/-}$ sono particelle elementari

$$E_{\text{collisione}} = E_{e^-} + E_{e^+} = 2 E_{\text{fascio}}$$

es. in LEP, $E_{\text{collisione}} \sim 90 \text{ GeV} = m_Z$

Macchine "pulite", si può aggiustare l'energia dei fasci così da produrre la particella desiderata, ma l'energia massima raggiungibile è limitata dall'irraggiamento degli $e^{+/-}$.

Collider protone-protone (es. LHC)



p sono costituiti da quark e gluoni

le collisioni avvengono tra quark e gluoni

$$E_{\text{collisione}} < (E_{\text{protone1}} + E_{\text{protone2}})$$

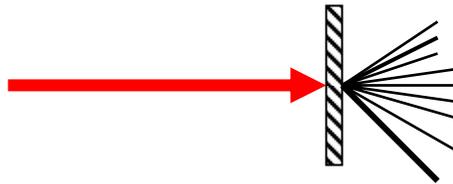
Macchine complesse, si possono raggiungere energie per fascio molto alte ma la situazione finale è sperimentalmente "caotica".



Servono energie sempre maggiori..

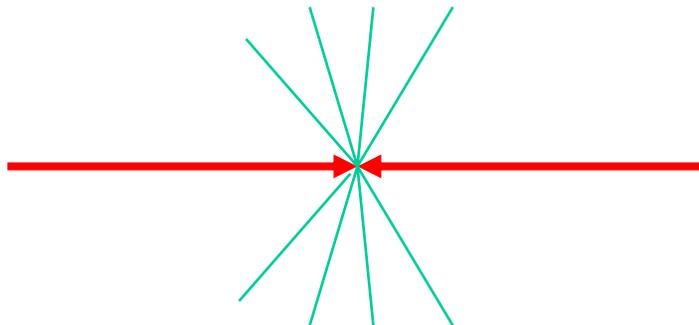
Per testare le nuove teorie i fisici delle particelle hanno bisogno di alte energie \Rightarrow
COLLISIONI FRA FASCI DI PARTICELLE!

TARGHETTA FISSA



Energia a disposizione per produrre nuove particelle: $\sim \sqrt{E_{\text{beam}}}$

COLLISIONI p-p



Energia a disposizione per produrre nuove particelle $\sim E_{\text{beam}}$