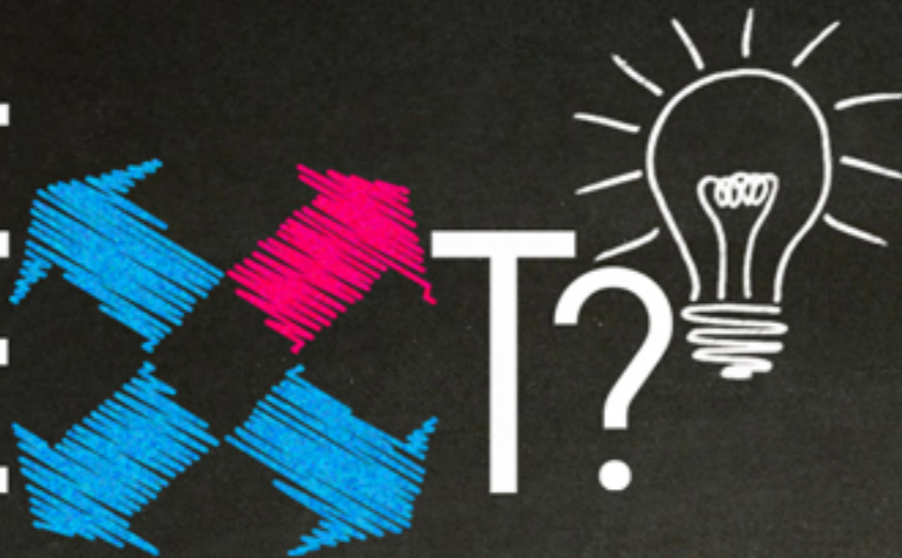


Beyond Standard Model

Ricerche Dirette

*Coordinatori: Giacomo Polesello, Shahram Rahatlou,
Andrea Romanino, Andrea Wulzer*

what
NEXT?



7-8 April 2014

Angelicum - Roma

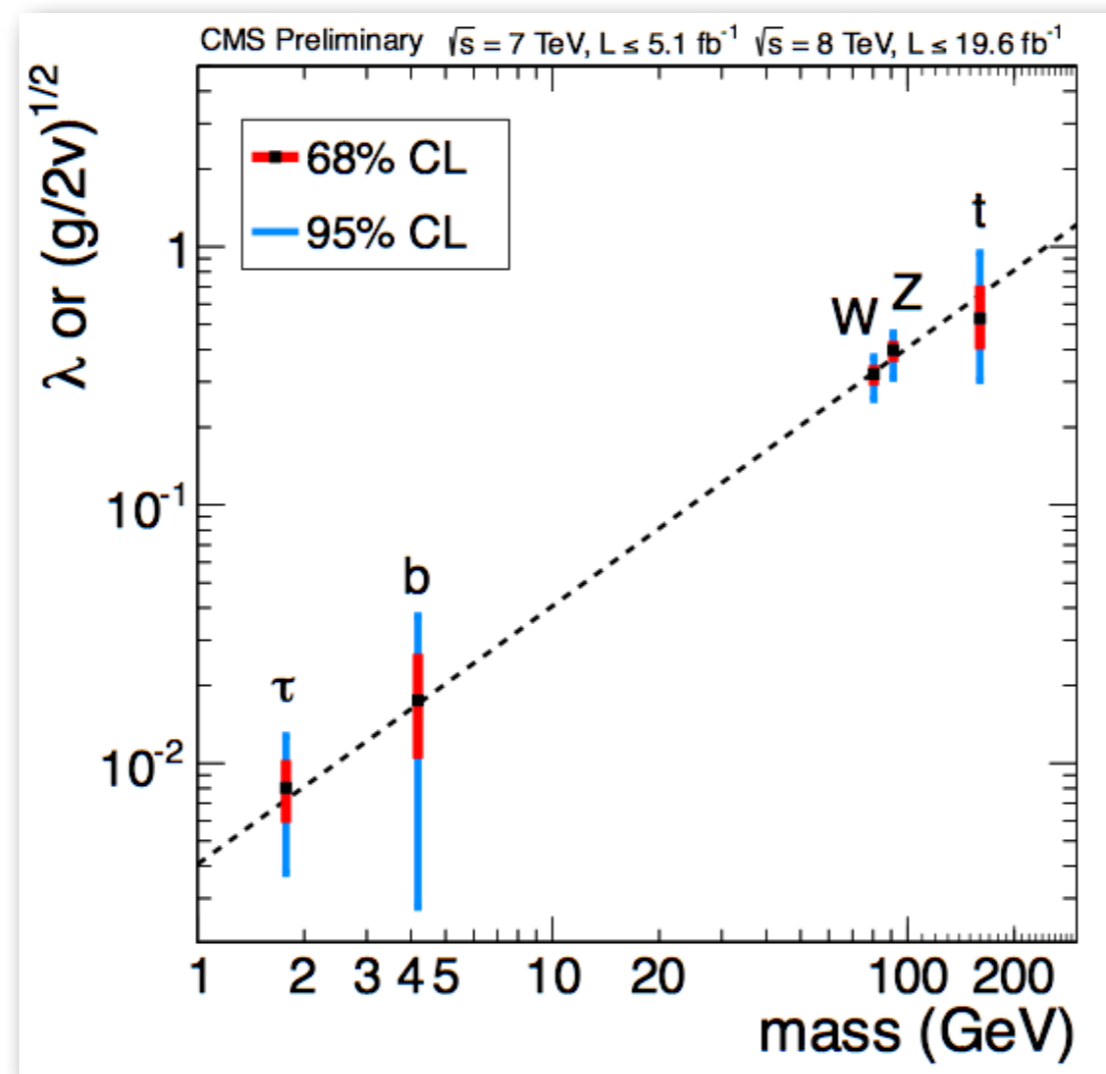


Il gruppo di lavoro BSM

- Conveners: Giacomo Polesello
Shahram Rahatlou
Andrea Romanino
Andrea Wulzer
- Upload: <http://bit.ly/CSN1-BSM>
- Mailing list: <https://lists.infn.it/sympa/info/whatnextbsm>

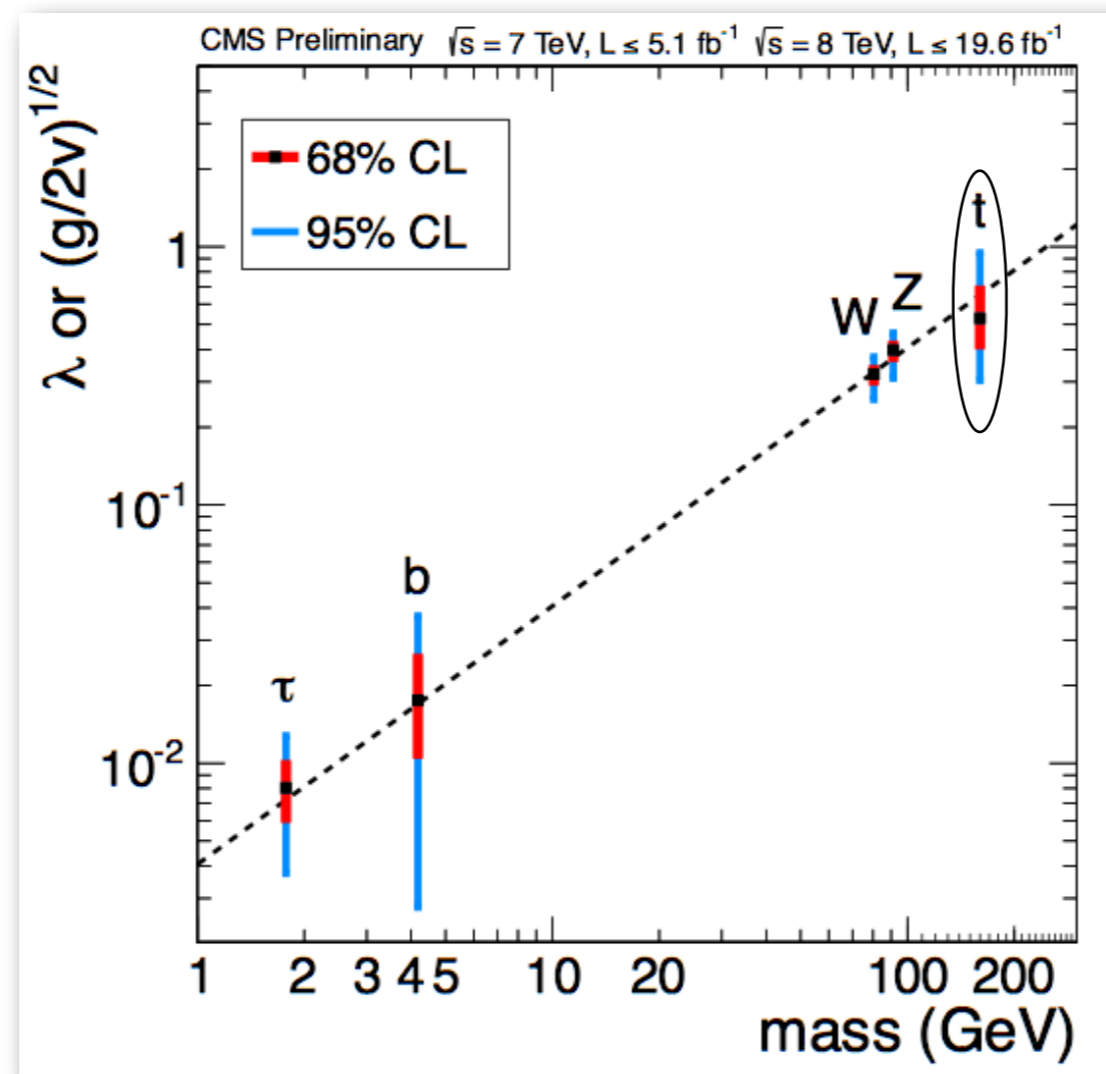
La comprensione della scala elettrodebole

- La descrizione della rottura elettrodebole nel MS è corretta? (anche GdL SM)



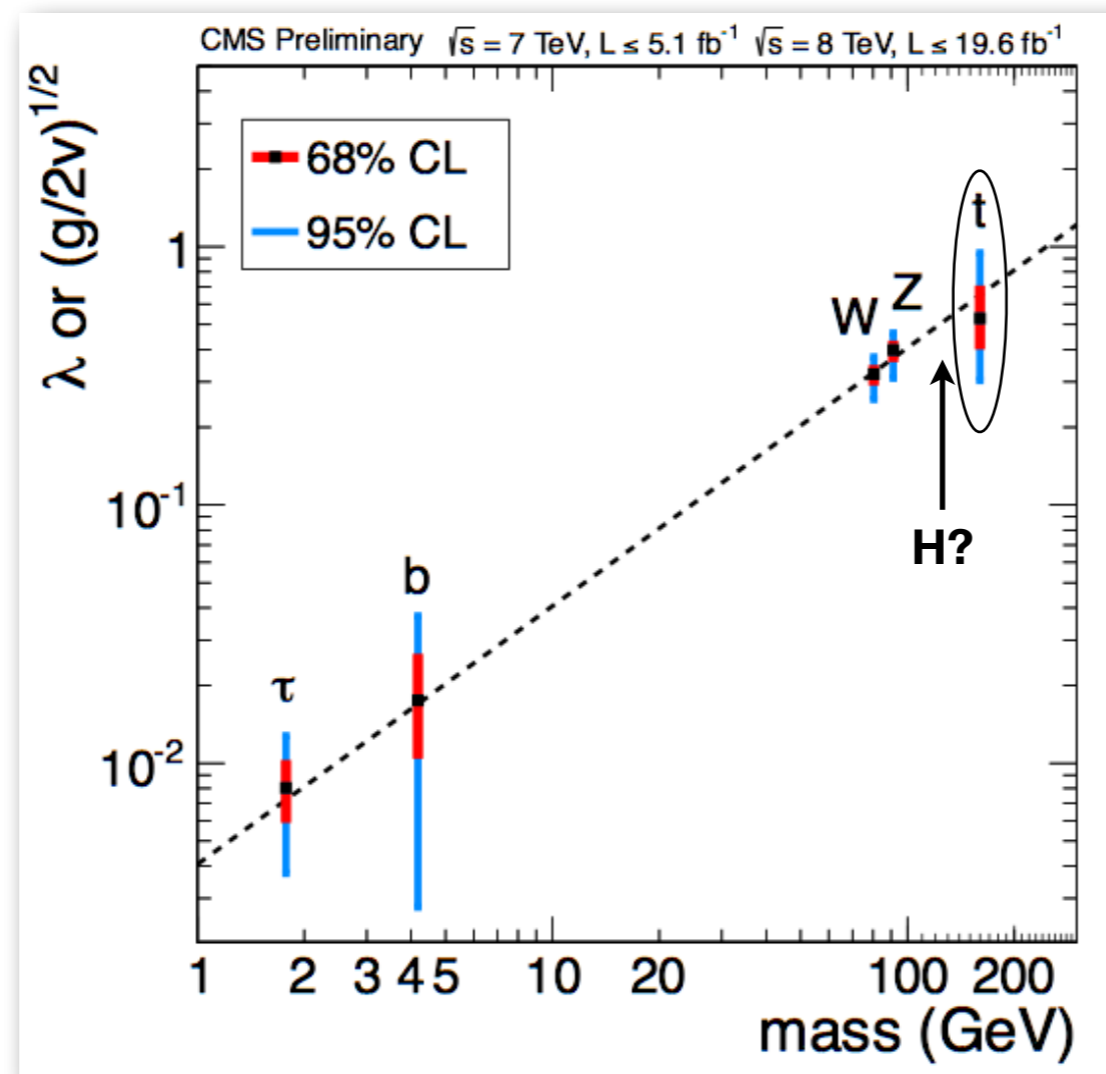
La comprensione della scala elettrodebole

- La descrizione della rottura elettrodebole nel MS è corretta? (anche GdL SM)



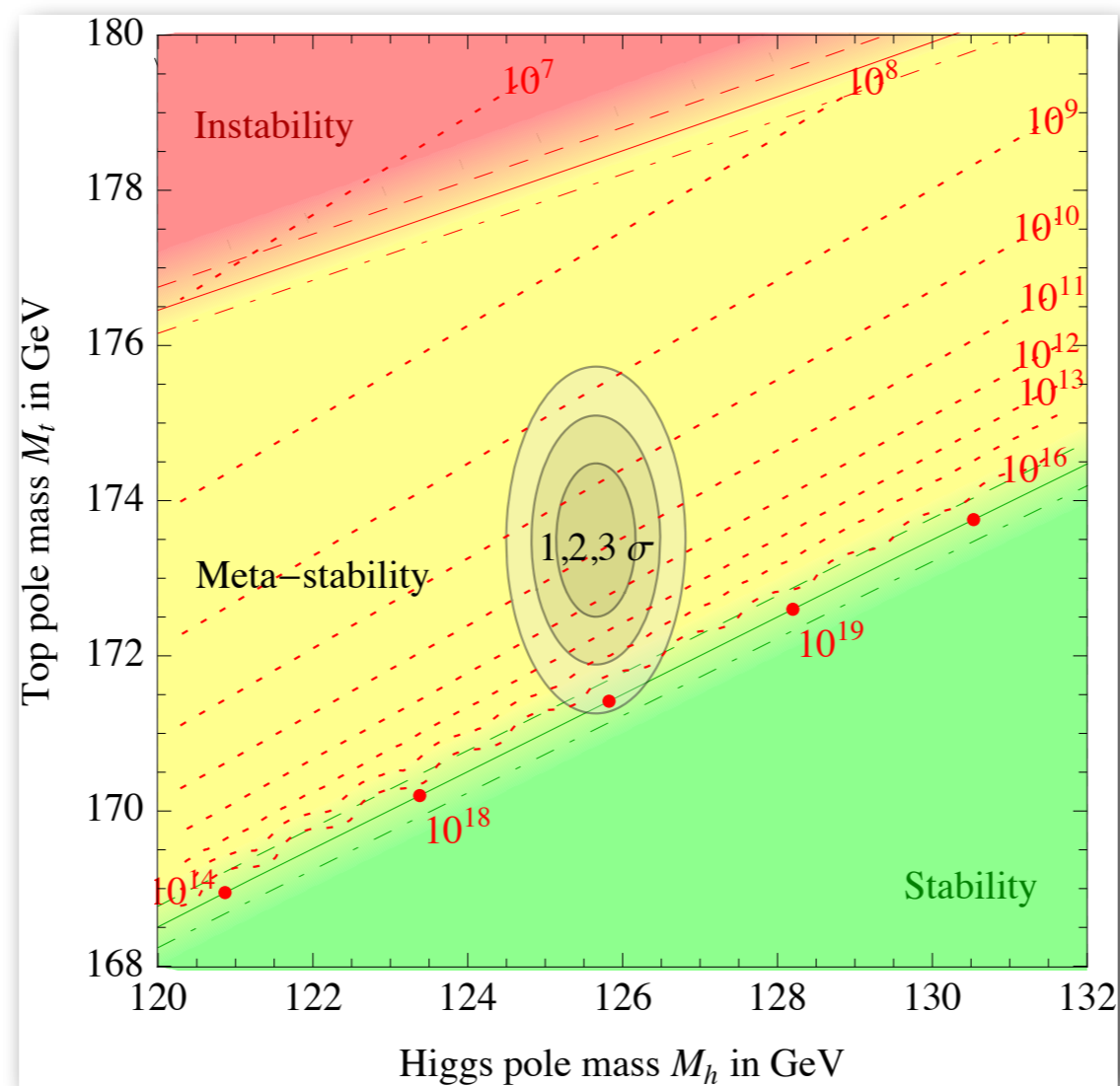
La comprensione della scala elettrodebole

- La descrizione della rottura elettrodebole nel MS è corretta? (anche GdL SM)



La comprensione della scala elettrodebole

- La descrizione della rottura elettrodebole nel MS è corretta? (anche GdL SM)



La comprensione della scala elettrodebole

- La descrizione della rottura elettrodebole nel MS è corretta? (anche GdL SM)

- La descrizione della rottura elettrodebole nel MS è **completa**?

$$V = \mu^2 |H|^2 + \lambda |H|^4$$

La comprensione della scala elettrodebole

- $M = O(10^{16} \text{ GeV})$

La comprensione della scala elettrodebole

- $M = O(10^{16} \text{ GeV})$

	SU(3)	SU(2)	U(1)		SO(10)
L	1	2	-1/2	➔	16
e	1	1	1		
Q	3	2	1/6		
u	3*	1	-2/3		
d	3*	1	1/3		

La comprensione della scala elettrodebole

- $M = O(10^{16} \text{ GeV})$

- Teoria dei campi $m_H^2 \sim -2\mu^2 + \frac{g^2}{(4\pi)^2} M^2$

La comprensione della scala elettrodebole

- $M = O(10^{16} \text{ GeV})$

- Teoria dei campi
$$m_H^2 \sim -2\mu^2 + \frac{g^2}{(4\pi)^2} M^2$$

- La comprensione della scala elettrodebole richiede nuova fisica a $m_{\text{NP}} \ll M$

La comprensione della scala elettrodebole

- $M = O(10^{16} \text{ GeV})$

- Teoria dei campi $m_H^2 \sim -2\mu^2 + \frac{g^2}{(4\pi)^2} M^2$

- La comprensione della scala elettrodebole richiede nuova fisica a $m_{\text{NP}} \ll M$

- 3 commenti

1: l'upper bound su m_{NP} è soggettivo

- Chiara relazione tra la scala elettrodebole e la scala di nuova fisica
- Ma ogni valore di m_{NP} è possibile pur di accettare una cancellazione

$$\Delta \gtrsim \left(\frac{m_{\text{NP}}}{0.5 \text{ TeV}} \right)^2$$

Esempio:

$$m_{\text{NP}} > 1.5 \text{ TeV} \quad \leftrightarrow \quad \Delta > 10$$

$$m_{\text{NP}} > 5 \text{ TeV} \quad \leftrightarrow \quad \Delta > 100$$

1: l'upper bound su m_{NP} è soggettivo

- Chiara relazione tra la scala elettrodebole e la scala di nuova fisica
- Ma ogni valore di m_{NP} è possibile pur di accettare una cancellazione

$$\Delta \gtrsim \left(\frac{m_{\text{NP}}}{0.5 \text{ TeV}} \right)^2$$

Esempio:

$$m_{\text{NP}} > 1.5 \text{ TeV} \quad \leftrightarrow \quad \Delta > 10$$

$$m_{\text{NP}} > 5 \text{ TeV} \quad \leftrightarrow \quad \Delta > 100$$

- Nota: $m_{\text{NP}} \times 2 \rightarrow \Delta \times 4$

2: il bound su Δ è model-dependent

- Caso “supersoft” $\Delta \sim \left(\frac{m_{\text{NP}}}{0.5 \text{ TeV}} \right)^2$
- Caso “soft” $\Delta \sim \left(\frac{m_{\text{NP}}}{0.5 \text{ TeV}} \right)^2 \times \log \left(\frac{M^2}{m_{\text{NP}}^2} \right)$

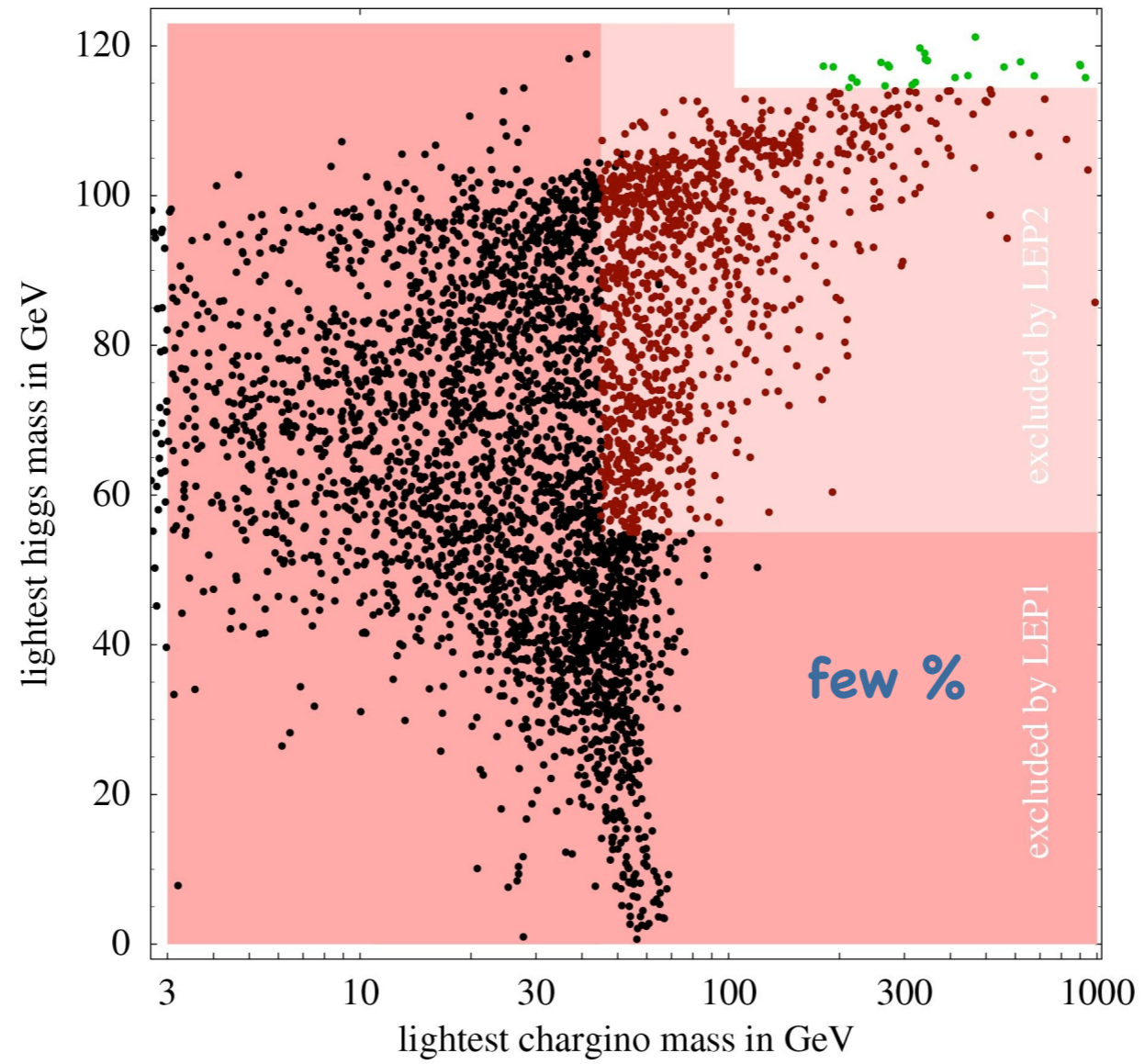
E.g. la supersimmetria è soft, con M = scala di mediazione

$$\Delta \sim \left(\frac{m_{\text{NP}}}{0.5 \text{ TeV} / \sqrt{\log}} \right)^2$$

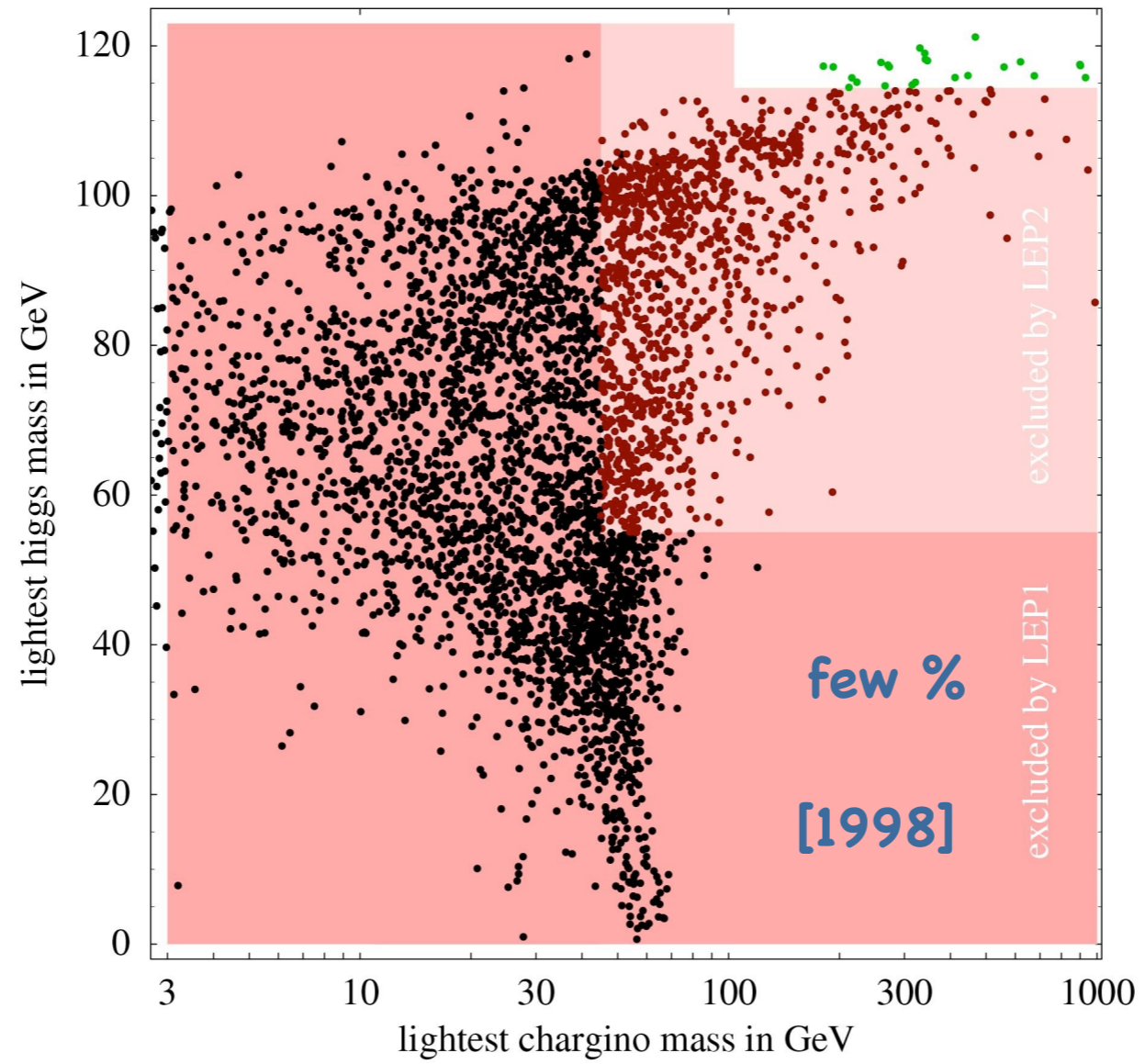
Supergravity: $M = M_{\text{Pl}}$, $\log \approx O(70) \Rightarrow m_{\text{NP}} \sim M_{\text{Z}} \dots$

Possible message: **low M**

minimal sugra (\neq supersymmetry)



minimal sugra (\neq supersymmetry)



3: l'argomento assume che

la scala elettrodebole possa essere compresa in termini di fisica a $M \gg m_h$

- se non fosse così?

3: l'argomento assume che

la scala elettrodebole possa essere compresa in termini di fisica a $M \gg m_h$

- se non fosse così?
 - e.g. non c'è nulla a scale $M \gg m_h$ (finite naturalness)
 - doloroso (e la gravità?) ma
 - tutto non lontano dal TeV
 - nuR, DM, ... $\rightarrow m \lesssim \text{TeV}$

3: l'argomento assume che

la scala elettrodebole possa essere compresa in termini di fisica a $M \gg m_h$

- se non fosse così?
 - e.g. non c'è nulla a scale $M \gg m_h$ (finite naturalness)
 - doloroso (e la gravità?) ma
 - tutto non lontano dal TeV
 - nuR, DM, ... $\rightarrow m \lesssim \text{TeV}$
 - e.g. c'è vita a $M \gg m_h$ ma no riduzionismo: selezione antropica
 - pure doloroso ma
 - unificazione, DM al TeV preservabili

Se Δ è rilevante

- LHC-II: concrete chances di vedere i primi segnali
 - Se sì: occorre comunque andare ad energie più alte? saranno conclusivi?
 - Se no: quali deviazioni possiamo aspettarci per i coupling dell'Higgs?
 - Se no: che spazio rimane per la fisica naturale? Quali benchmark motivati?
 - Composite Higgs, modelli semplificati (e.g. top-partner single prod)
 - Supersimmetria con bassa M e un singoletto (e.g. settore Higgs)
 - ...

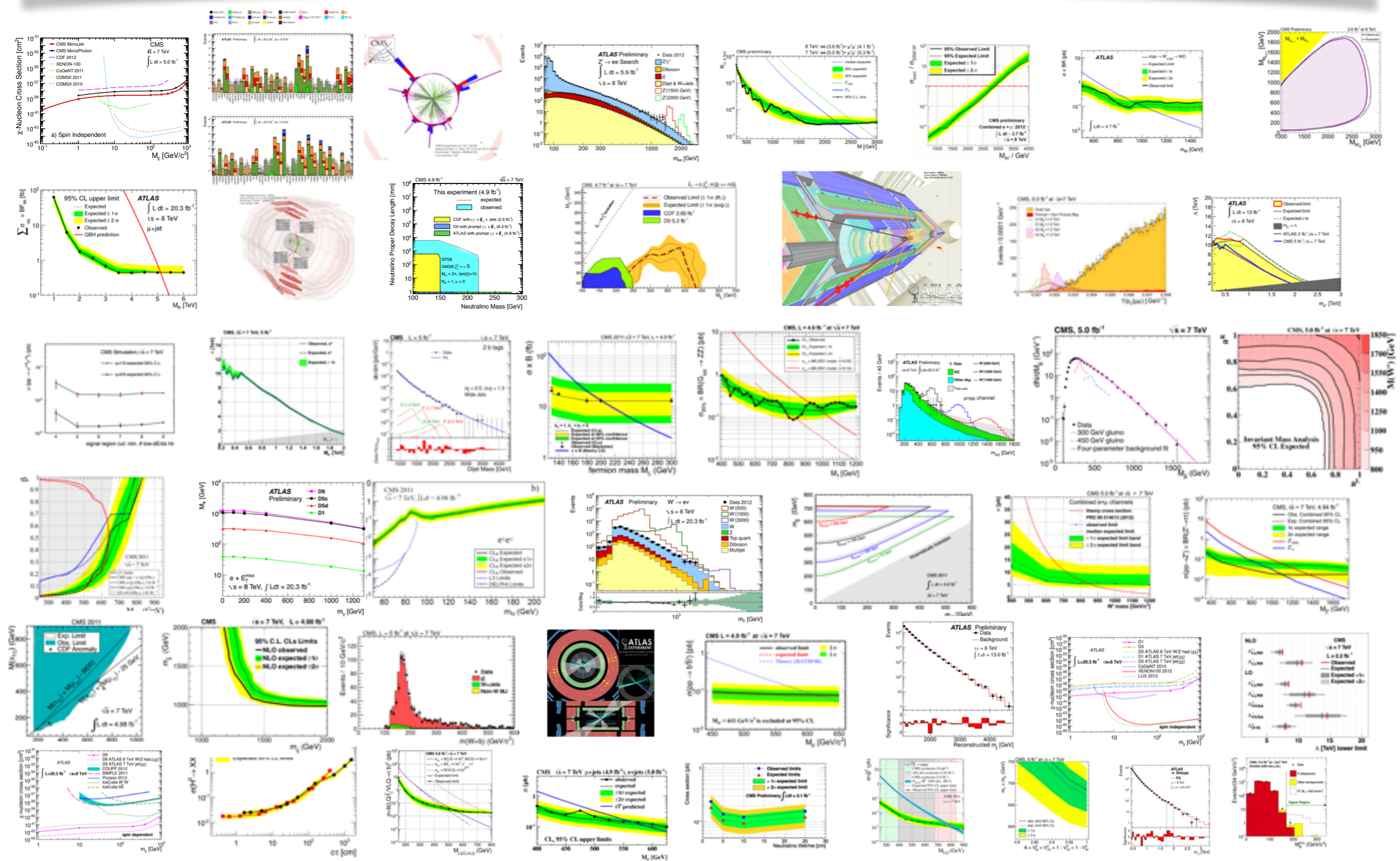
Se Δ non fosse rilevante

- È possibile stabilirlo? $\Delta > 100$? $\Delta > 10000$?
- Se non è rilevante: **cosa c'è di sbagliato?**
- Conseguenze?

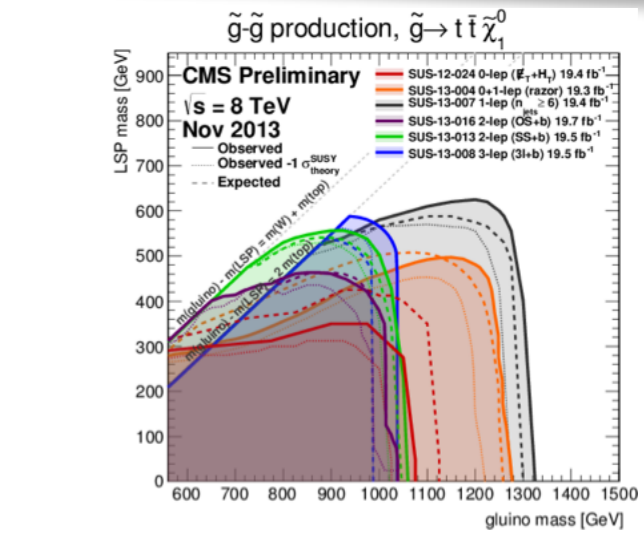
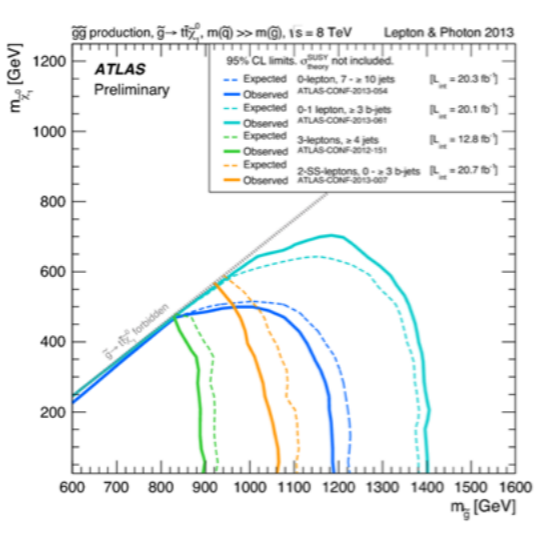
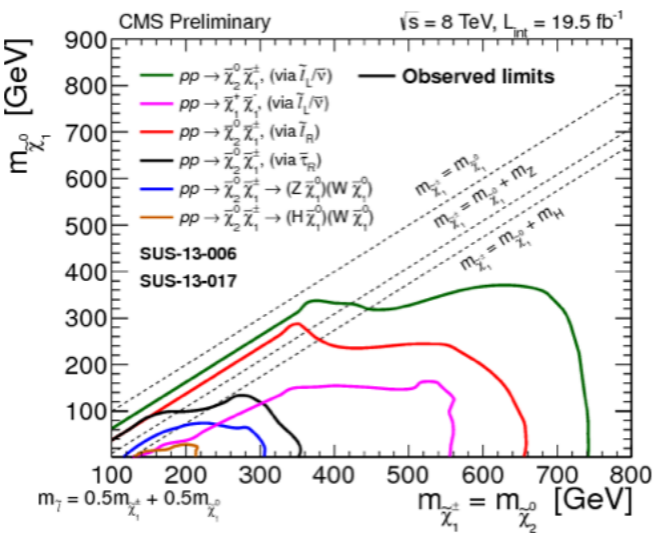
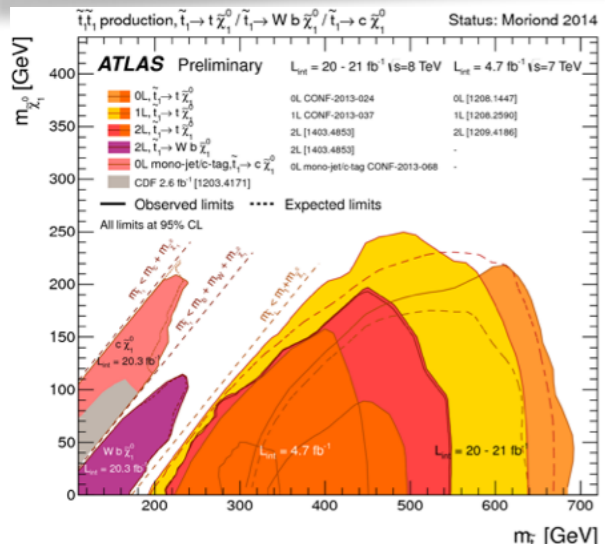
OBIETTIVO GRUPPO BSM

- Ricerca diretta di nuovi fenomeni non previsti nel modello standard
 - ricerche indirette trattate in collaborazione con GdL di *Precisione* e di *Sapore*
- Produzione diretta tipicamente cercata nei collisori adronici
 - Aumento di energia per accedere a nuovi canali di produzione
 - ▶ Nessuna scoperta implica particelle sono piu` pesanti
 - Aumento di statistica per essere sensibili a particelle poco interagenti
 - ▶ Particelle ci sono ma con sezione d'urto piccola
- Alternative
 - collisori leptonici se si sa dove cercare
 - targhetta fissa se si sa cosa cercare
- Non ripetere studi fatti negli ultimi 2 anni
 - documenti pubblici già disponibili in diverse forme e livello di dettaglio

RICERCHE DIRETTE A LHC



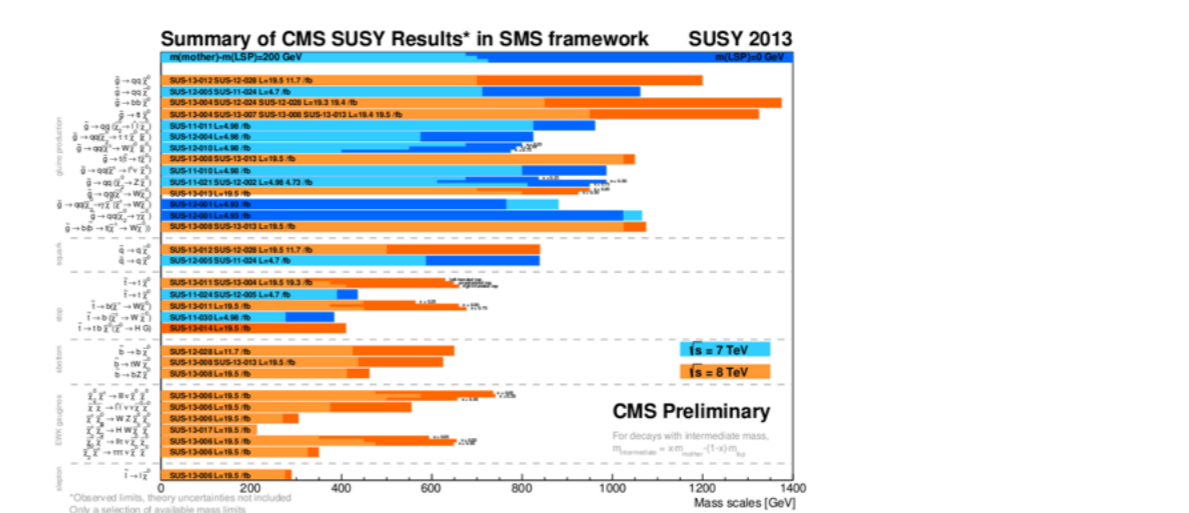
TENTATIVO DI RIASSUNTO



ATLAS SUSY Searches - 95% CL Lower Limits

Model	$\epsilon, \mu, \tau, \gamma$	Jets	E_{T}^{miss} [GeV]	Mass limit	Reference
MSSUGRA/CMSSM	1.0	2.0	20.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047
MSSUGRA/CMSSM	1.0	2.0	20.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047
MSSUGRA/CMSSM	1.0	2.0	20.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047
MSSUGRA/CMSSM	1.0	2.0	20.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047
MSSUGRA/CMSSM	1.0	2.0	20.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047

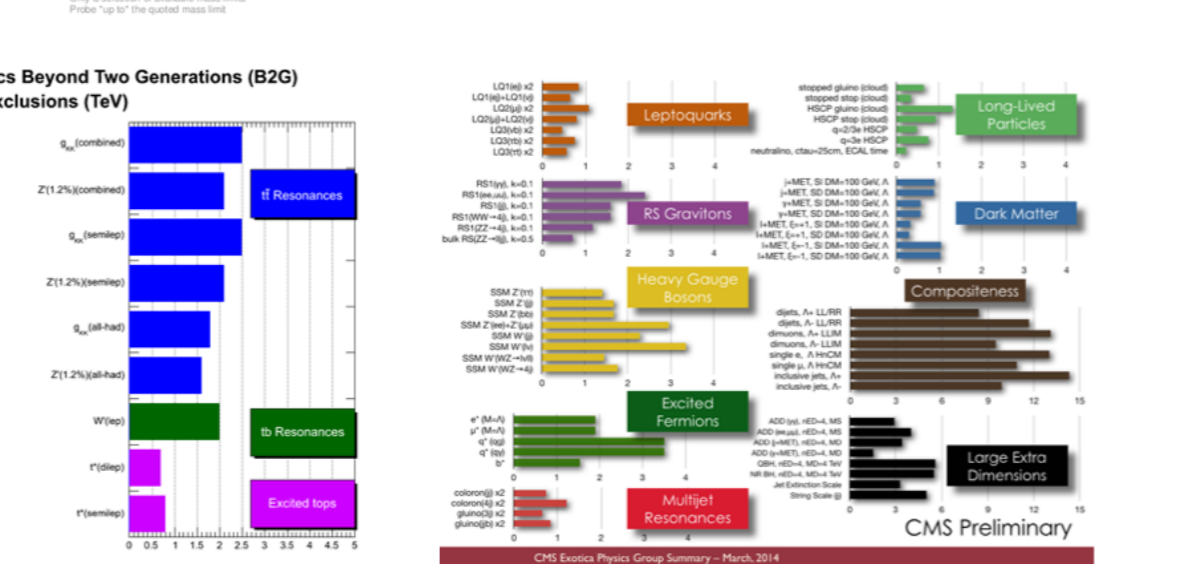
ATLAS Preliminary
 $\int \mathcal{L} dt = (4.6 - 22.9) \text{ fb}^{-1}$ $\sqrt{s} = 7, 8 \text{ TeV}$



ATLAS Exotics Searches - 95% CL Exclusion

Model	ϵ, γ	Jets	E_{T}^{miss} [GeV]	Mass limit	Reference
ADD $G_{\mu} + g/\gamma$	1.0	1.0	4.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047
ADD $G_{\mu} + g/\gamma$	1.0	1.0	4.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047
ADD $G_{\mu} + g/\gamma$	1.0	1.0	4.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047
ADD $G_{\mu} + g/\gamma$	1.0	1.0	4.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047
ADD $G_{\mu} + g/\gamma$	1.0	1.0	4.0	130 GeV	ATLAS CONF 2013-047

ATLAS Preliminary
 $\int \mathcal{L} dt = (1.0 - 20.3) \text{ fb}^{-1}$ $\sqrt{s} = 7, 8 \text{ TeV}$



Circa 200 articoli di ricerche a LHC finora

BASELINE: ALTA STATISTICA

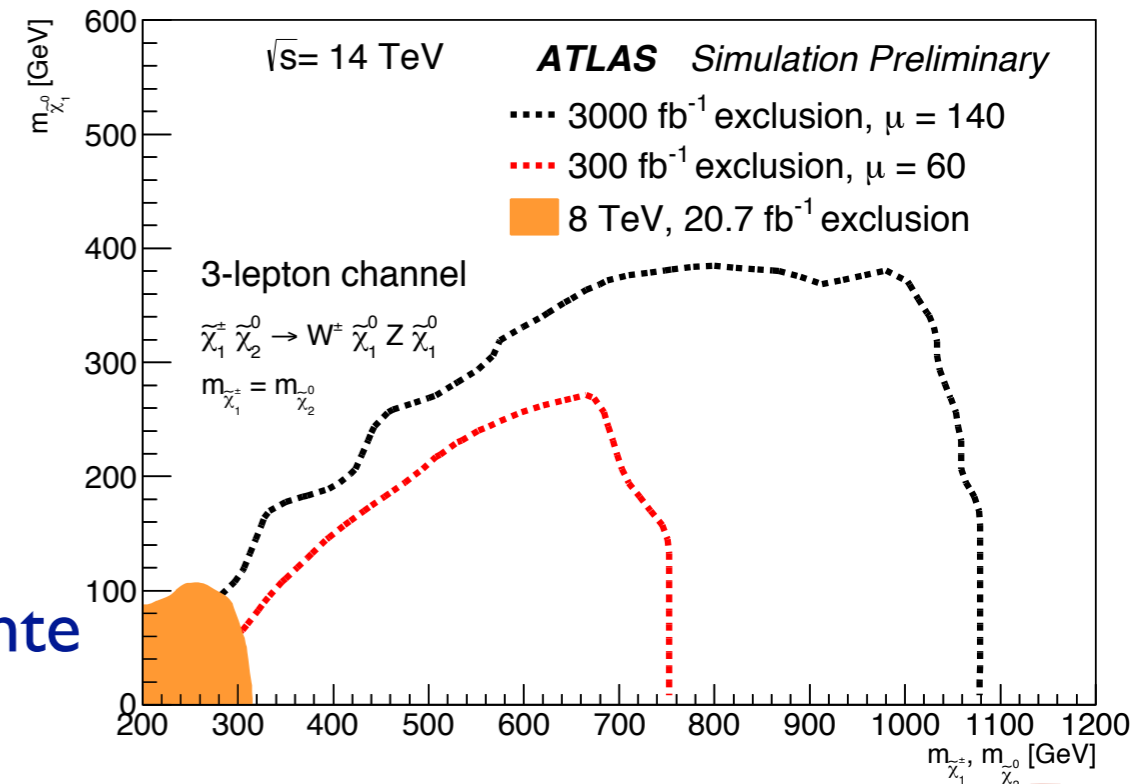
- Piano attuale per CERN e nella strategia europea

- Accumulare 3000 fb^{-1} con LHC a 13-14 TeV

- ▶ Sezione d'urto incrementata di diversi fattori a seconda del processo d'interesse
- ▶ Aumento di statistica circa $\times 100$ rispetto ai dati del 2011-2012 a 7-8 TeV

- Studi esistenti con simulazione dettagliata

- Presentati a Strategia Europea e Snowmass
- Accoppiamenti dell'Higgs finora forza trainante



- *Studi da fare per BSM con alta statistica*

- Esplorare varianti di supersimmetria o Higgs composito

- ▶ particelle non troppo massive e quindi più sommerse dal fondo modello standard
- ▶ particelle con vita media non-nulla

- Interpretazione delle deviazioni nelle misure di precisione

- Stimare sensibilità a particelle più leggere come ad esempio neutrini sterili

- In generale studiare come sfruttare ulteriormente e al meglio la mole di dati

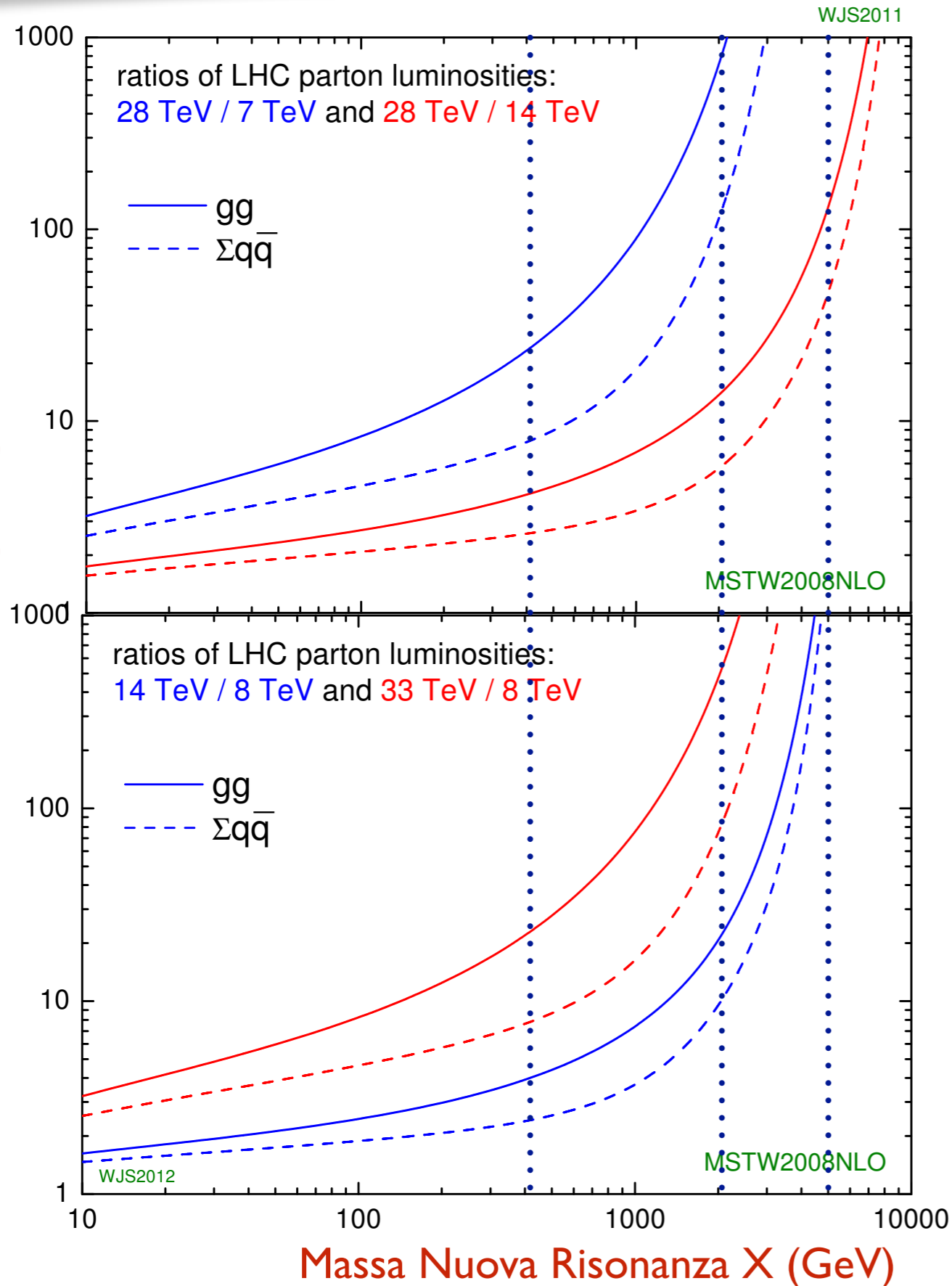
- ▶ Esperienza alla b-factory di imparare a fare di più strada facendo

ALTERNATIVA: INCREMENTO DI ENERGIA

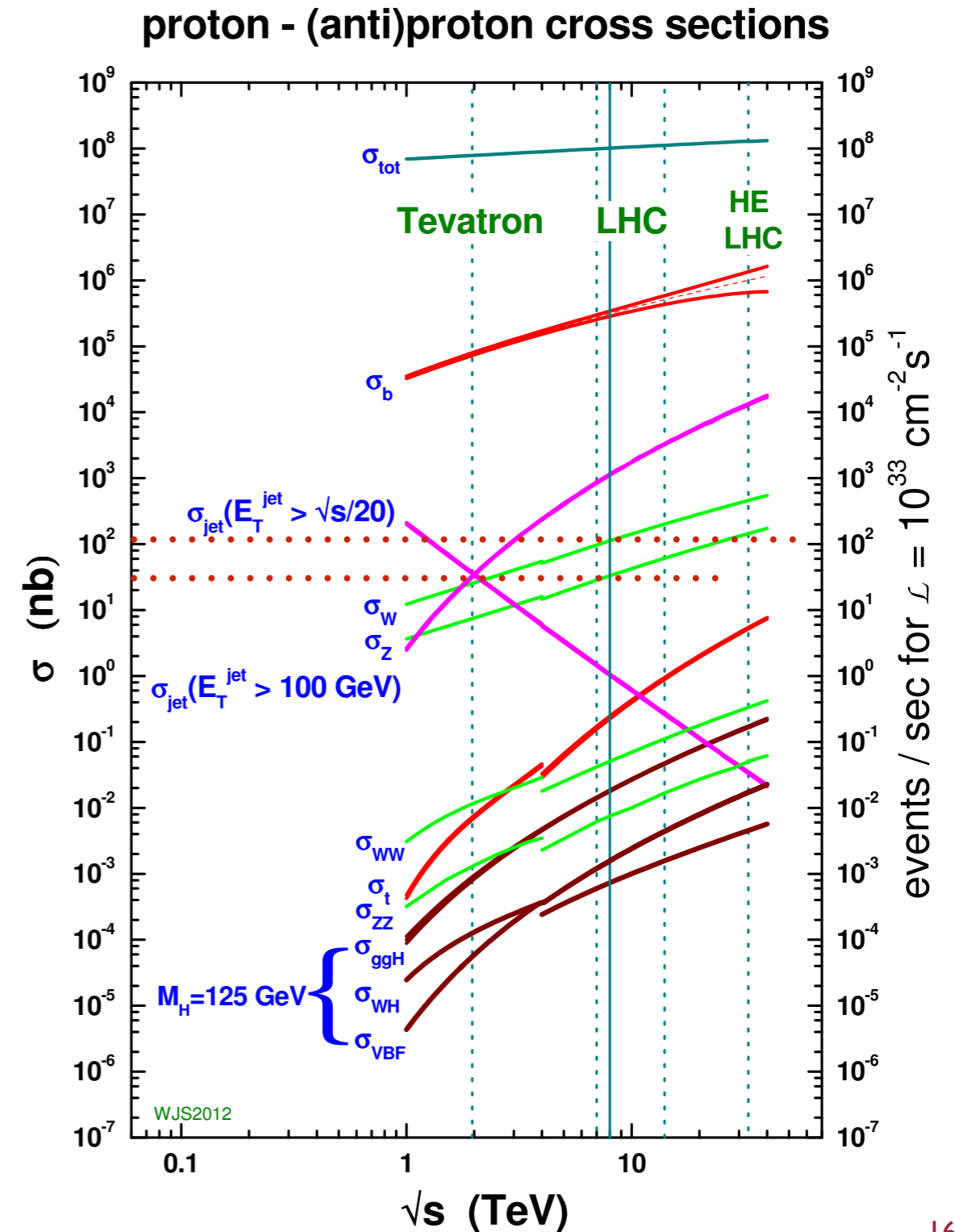
- riferimento esistente: Very Large Hadron Collider a 100 TeV
 - Senza dubbio raggiungere energia più alta possibile è desiderata
- Studiare alternativa di aumentare energia di LHC nel tunnel attuale
 - relativamente pochi studi teorici e sperimentali in letteratura
 - Ipotesi da studiare
 - ▶ Non si vedono risonanze nuove a 14 TeV
 - ▶ Si vede una risonanza di di-jet o di-leptoni con larghezza $\approx 10\%$
 - ▶ Indicazioni di decadimenti invisibili dell'Higgs al 10%
 - *Vale la pena andare a 18, 22, 33 TeV?*
 - ▶ quali e quanti benefici in ciascuna ipotesi?
 - ▶ quanto si perde per studi di precisione dell'Higgs?
 - *ma soprattutto, è fattibile?*
- Vero problema e incognita da capire: sfida tecnologica
 - stato dell'arte dei magneti e prospettive su scala temporale
 - ▶ Non solo sviluppo ma installazione e messa in funzione prima di alta statistica

GUADAGNO CON ENERGIA

Fattore di guadagno in sezione d'urto

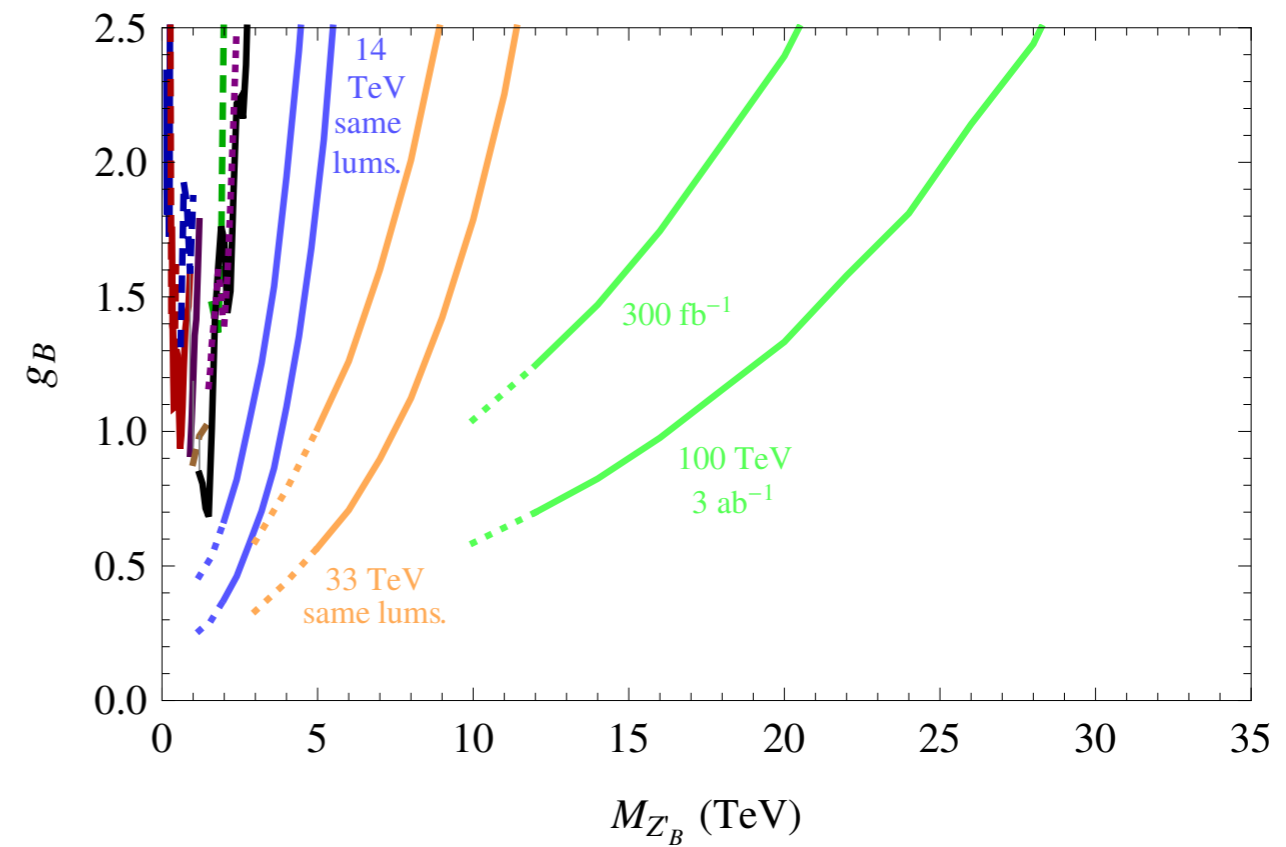
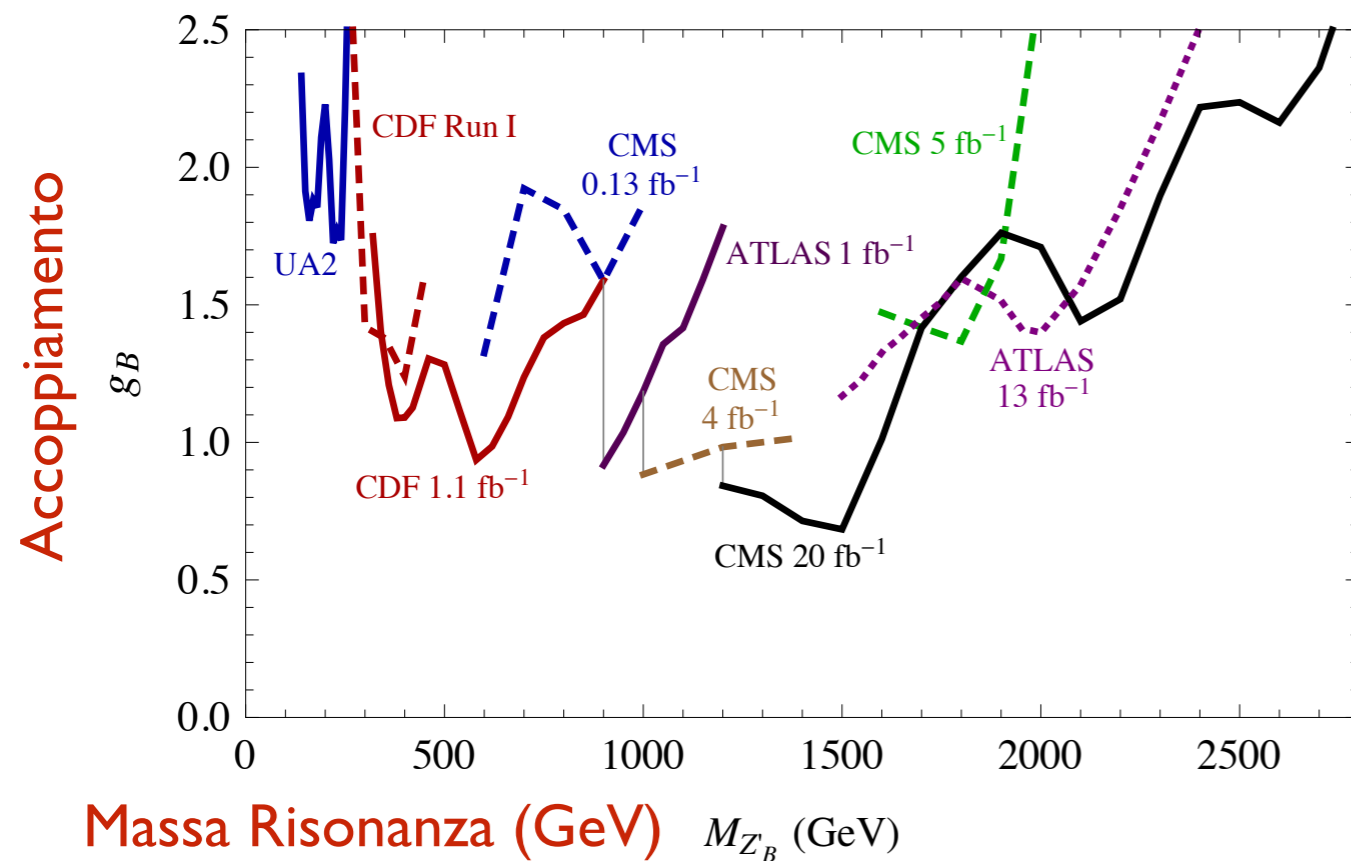


Processi del Modello Standard fondo dominante per ricerche a bassa massa



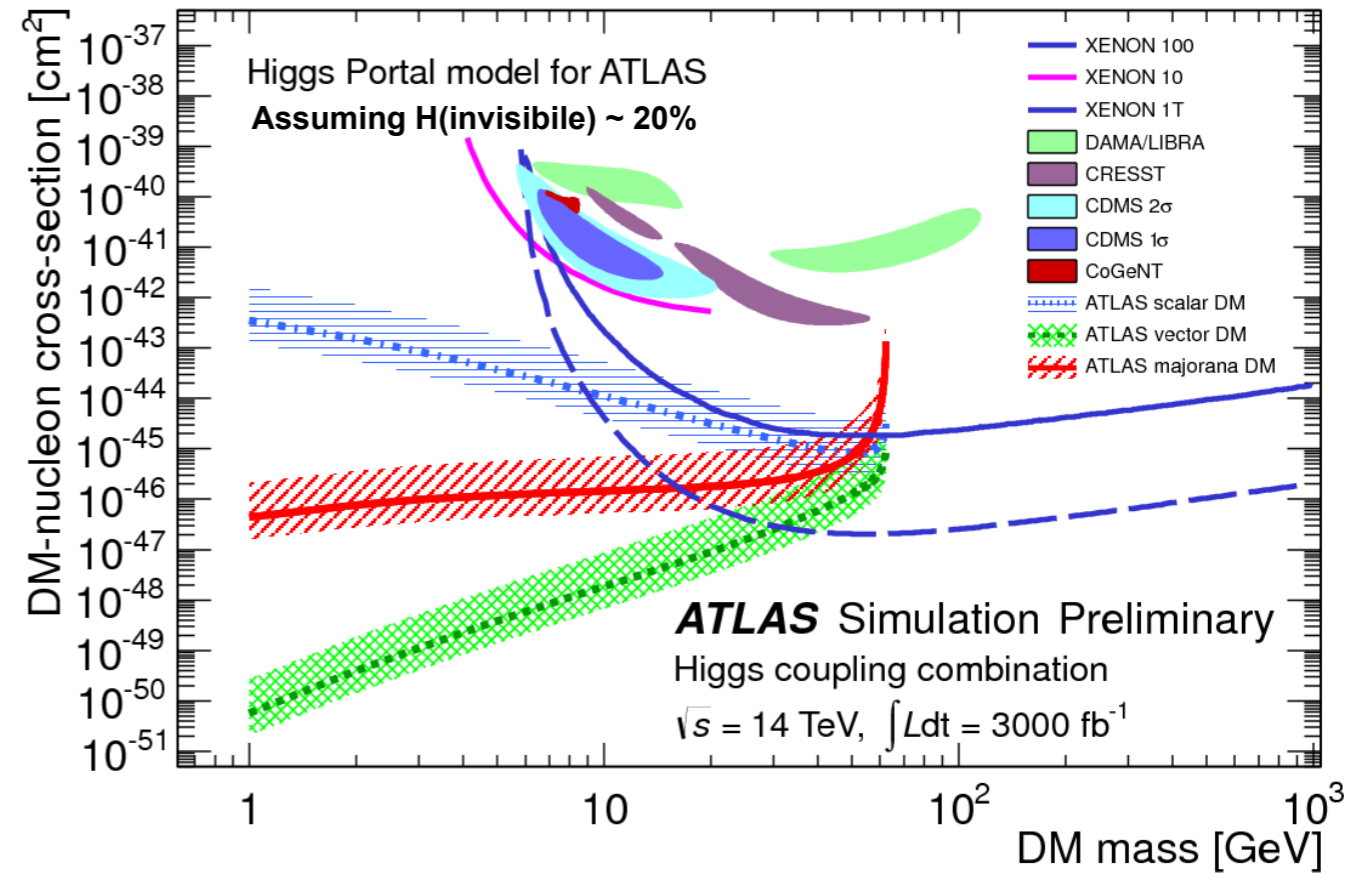
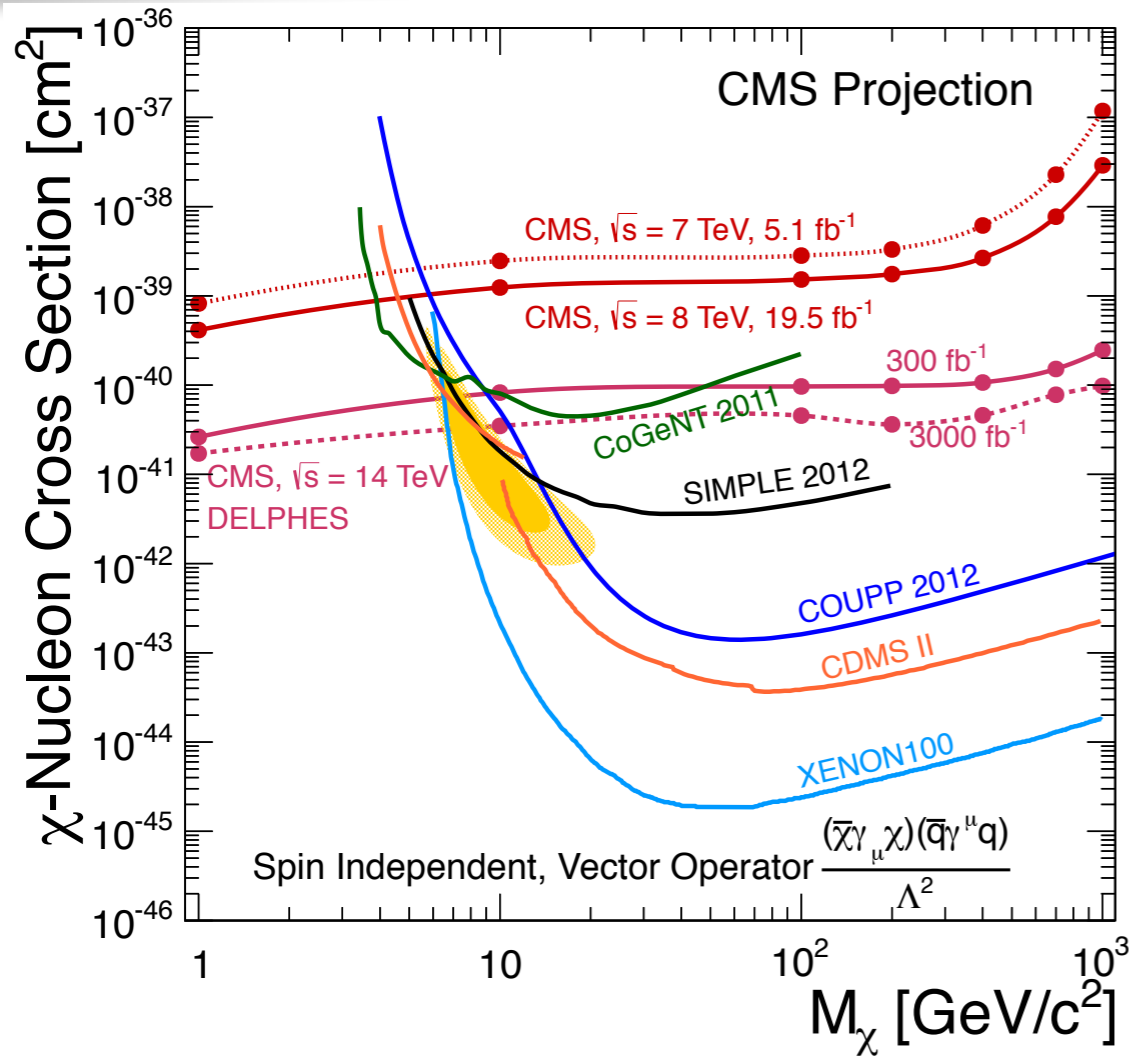
RISONANZE ADRONICHE

- Abbondante produzione a macchina adronica
- Stato finale adronica con branching fraction grande
- Esplorazione di **masse** ed **accoppiamenti** in base a **energia** e **statistica**

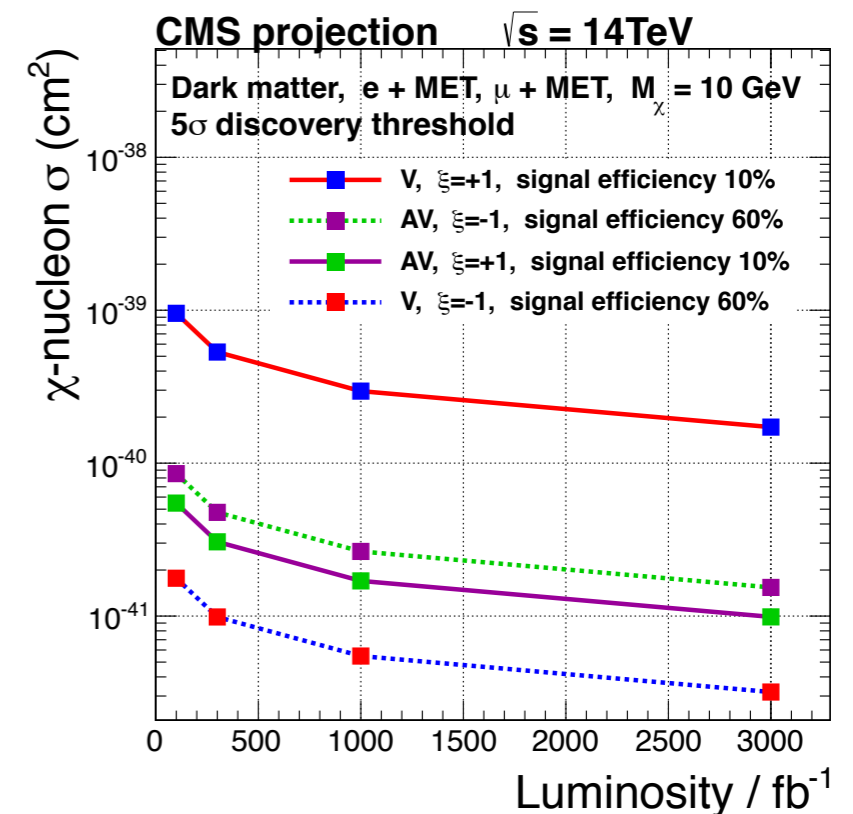


From snowmass report arXiv:1311.0299

MATERIA OSCURA A LHC

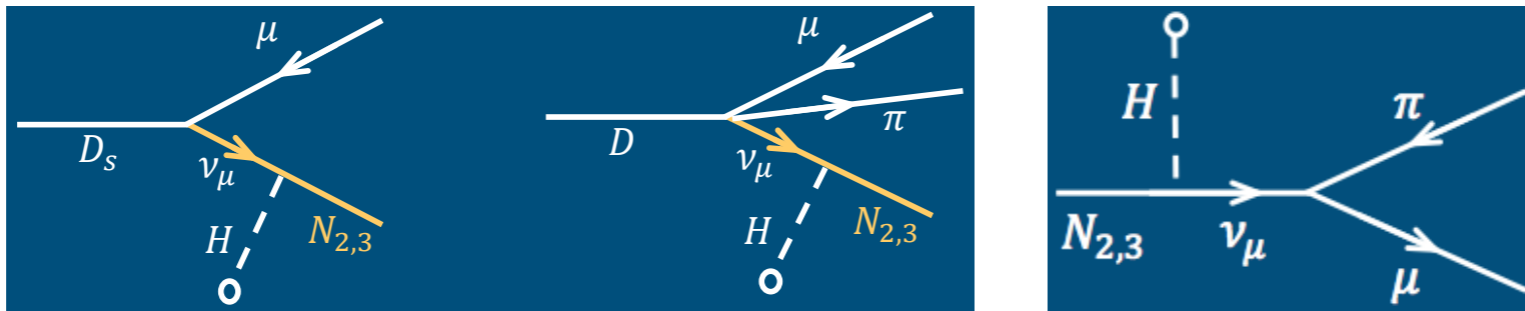


- Increased LHC energy in 2015 critical for searches in Run II
- High-Luminosity LHC provides an opportunity for Higgs to play a crucial role for dark matter (if not found yet!)



PROPOSTE ALTERNATIVE

- Esperimenti a targhetta fissa
 - SHIP: proposta di nuovo esperimento per ricerca neutrini sterili a SPS



– *stimare se LHC puo` fornire limiti in attesa di possibile approvazione e realizzazione*

- Collisori fotone-fotone e muon collider
 - fare il punto delle problematiche tecnologiche attuali
 - Investigare possibile motivazione per fisica BSM a bassa massa accessibile con tali macchine
 - Se utile a problematiche di BSM potrebbe attrarre forze fresche e giovani su aspetti tecnologici

ATTIVITÀ NEI PROSSIMI MESI

- Molti giovani coinvolti attualmente negli esperimenti hanno espresso interesse a partecipare
- Sfrutteremo questo entusiasmo per studi *senza ricorrere a strumenti di singoli esperimenti*
 - occasione per collaborazione tra giovani sperimentali e teorici in Italia
 - permette ai giovani di capire e partecipare al processo che determina il loro futuro in ricerca
 - studi di *interesse a prescindere* dall'aspetto tecnologico *di come o quando* costruire una *nuova macchina*
- Approfondire tramite contatti con esperti i limiti realistici per ottenere energie più alte nei prossimi 10 anni
 - *Primo passo in vista di*



LTS1 2014 - Workshop on the Long Term Strategy of
INFN-CSN1.
The next 10 years of accelerator based experiments

PROPOSTE SOTTOMESSE FINORA

Nome	Cognome	Istituto di appartenenza	Argomento
Walter	Bonivento	INFN Cagliari and CERN	Neutrini Sterili
Ezio	Torassa	INFN Padova	L-R symmetry
Andrea	Coccaro	University of Washington	Long-lived particles
Giancarlo	Rossi	Università di Roma Tor Vergata	Alternative tecnicolor
Gennaro	Corcella	INFN - LNF	Z', SUSY
Tommaso	Lari	INFN Milano	SUSY, DM
Graziano	Venanzoni	LNF	g-2
Giancarlo	Panizzo	Università di Trieste	Top partners
Marco	Fabbrichesi	INFN-TS	Naturalezza
Francesco	Riva	EPFL - Lausanne	Precision tests
Michele	Redi	Firenze	Assioni

SOMMARIO

- Fisica al collider fornisce un modo unico per sondare nuovi fenomeni
 - *Aumento di energia* nel corso di anni ha sempre portato a *nuove scoperte*
- *Alta statistica* e *alta energia* forniscono *possibilità diverse* per testare e validare le teorie
- Investire *forze giovani* sulla *tecnologia per nuovi acceleratori* garantisce alternative a medio o lungo termine
- Approcci alternativi per esplorare la regione a bassa massa

MATERIALE AGGIUNTIVO

WHAT NEXT?

~~WHAT'S NEXT~~

- Materiale discusso oggi e la prossima settimana *non sono conclusioni né ciò che verrà*
- *Solo punto di partenza* per capire insieme *ciò che si vorrebbe fare*
- Discussione e input da tutti gli interessati fondamentale e chiave di successo per questo processo

TEMPISTICA DELLE ATTIVITÀ

- Gennaio: formazione gruppo di lavoro
- Febbraio: Definizione obiettivi del convegno e scala temporale
- Inizio Marzo: Raccolta proposte da tutti gli interessati
- Fine Marzo: Formazione della mailing list per future comunicazioni
- *Inizio Aprile: primo draft del documento di lavoro in vista del kick-off*
- Aprile: Inizio attività di gruppo di lavoro
- Fine Maggio: Workshop CSNI all'Isola d'Elba
- Fine 2014: Secondo appuntamento di What Next?

- Estate-Autunno 2015: Ultimo incontro What Next?

- Autunno 2015: Preparazione di un documento finale per il GdL

BENEFICI DI ENERGIA E STATISTICA

Bassa Massa

- Segnale
 - spesso piccola sezione d'urto
- Fondo
 - dominato da processi standard
 - ▶ Cresce al crescere di energia
- Piccolo segnale/rumore
 - beneficia di alta statistica

Alta Massa

- Segnale
 - tipicamente grande sezione d'urto
- Fondo
 - dominato da processi standard
 - ▶ Cresce al crescere di energia
- Ottimo segnale/rumore
 - Beneficia di aumento di energia

ESEMPI DI STUDI DA SNOWMASS

