



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Ricerca di nuove risonanze che decadono in coppie di jet

Federico Preiato

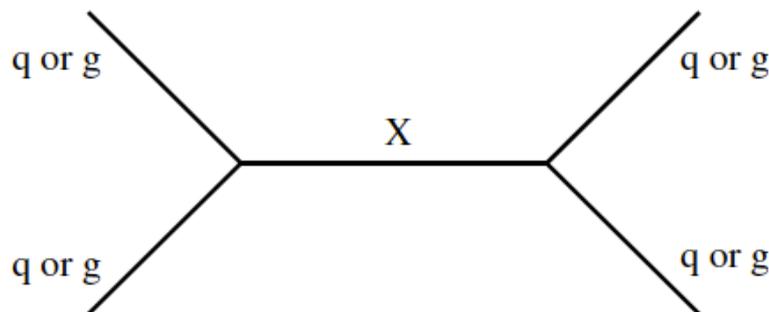
Università di Roma “La Sapienza”
INFN, Sezione di Roma

101° Congresso Nazionale SIF
21 Settembre 2015 - Roma

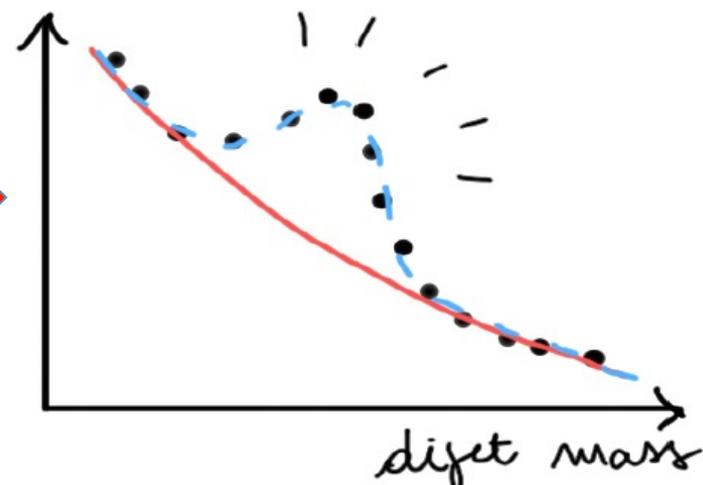
Ricerca di risonanze

MODELLO STANDARD: numerose verifiche sperimentali, ma presenta alcuni limiti teorici → Possibili scenari di **nuova fisica**.

Ricerca di **risonanze X** che decadono in coppie di jet



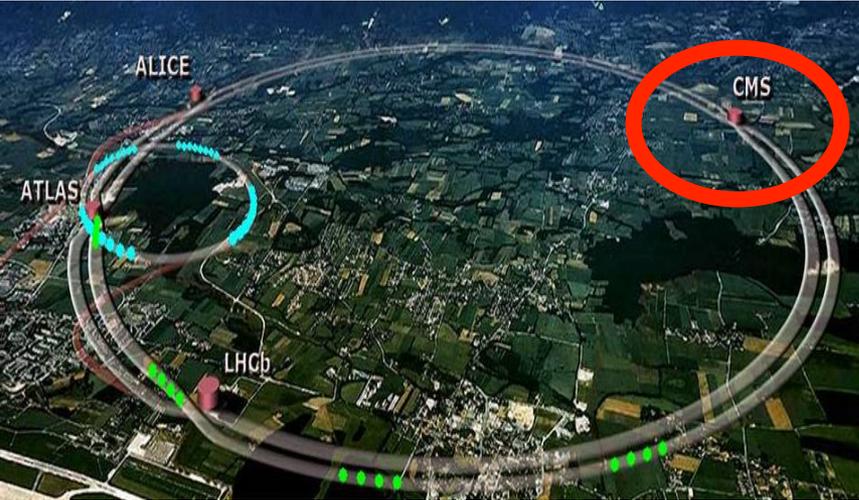
Ricerca di un **picco** nello spettro di massa invariante dijet



Analisi semplice e potente: molti modelli teorici prevedono risonanze che decadono in coppie di jet:

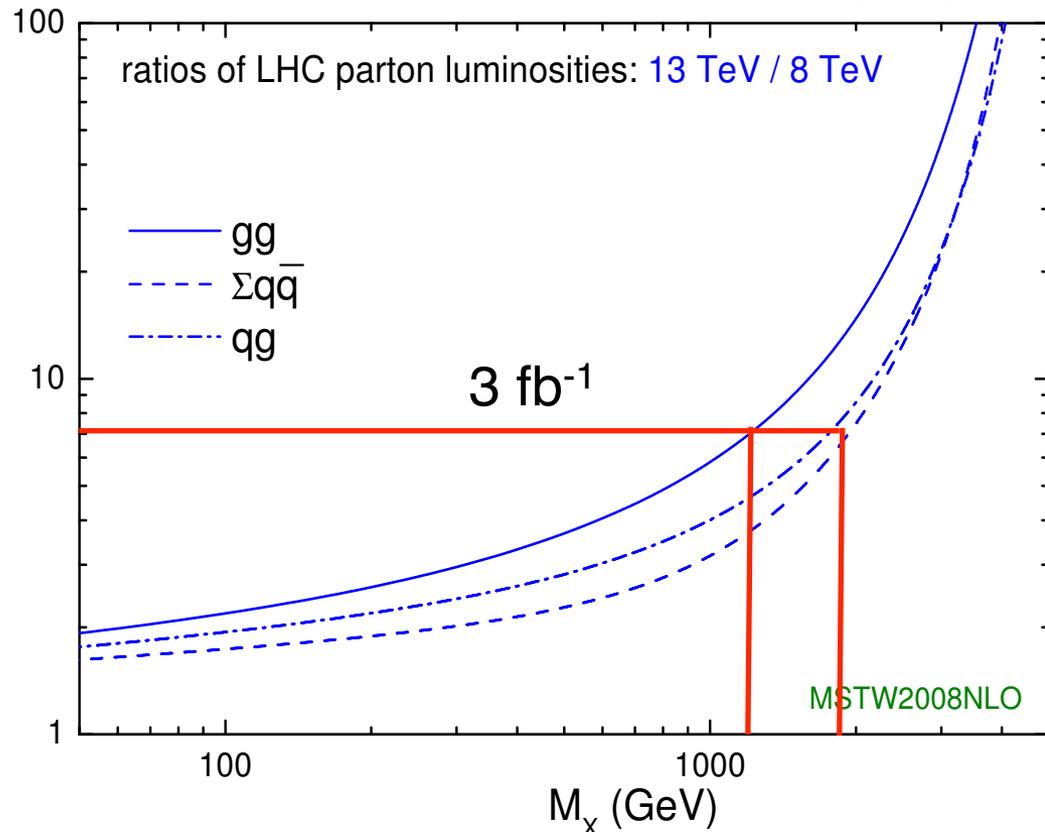
- Quark eccitati \rightarrow qq
- Gravitone \rightarrow qq / gg
- Stringhe \rightarrow qq
- W' , Z' \rightarrow qq

Ricerca a $\sqrt{s}=13$ TeV



- 2012 (**Run 1**)
 - Collisioni pp @ **8 TeV**
 - **20 fb⁻¹** di luminosità raccolti

http://www.hep.ph.ic.ac.uk/~wstirlin/plots/lhclumi7813_2013_v1.pdf



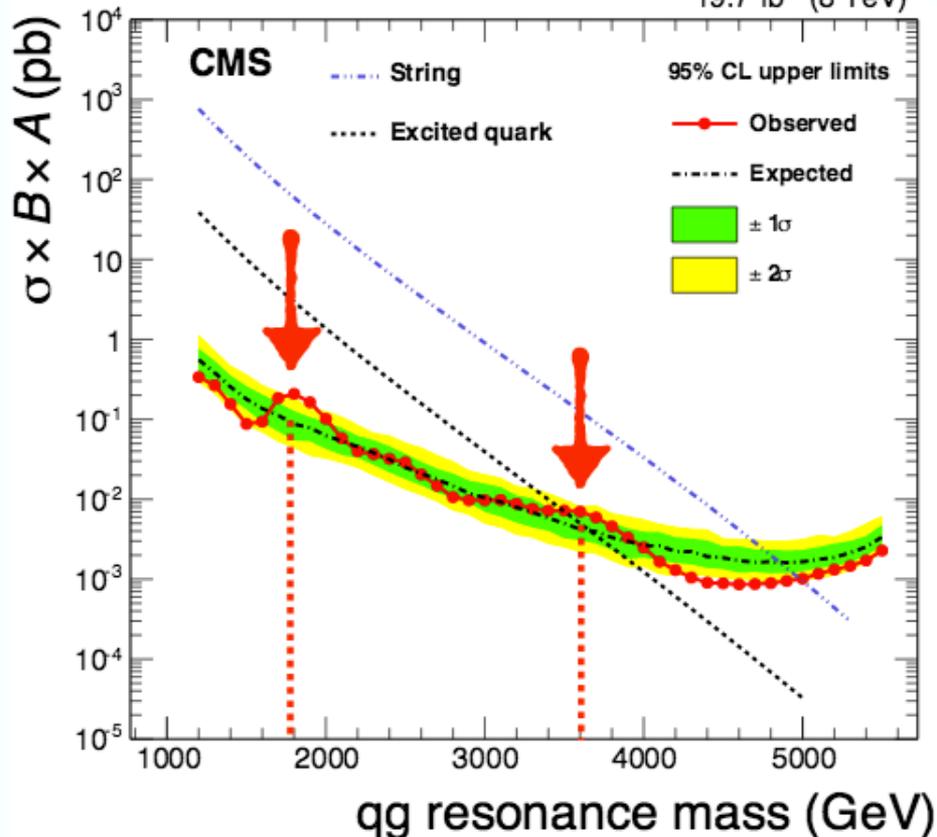
- 2015 (**Run 2**)
 - Collisioni pp @ **13 TeV**
 - **42 pb⁻¹** di luminosità raccolti

➔ Migliore sensibilità rispetto al Run 1 per $M_x > 5$ TeV

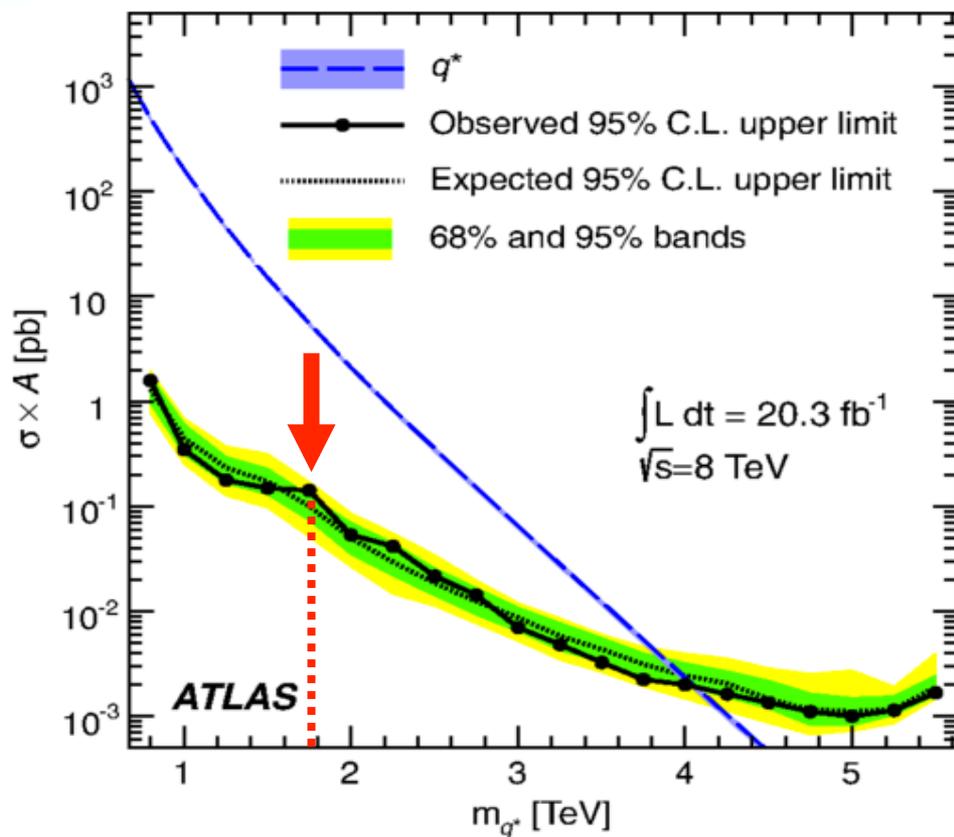
Risultati del Run 1

PhysRevD.91.052009

19.7 fb⁻¹ (8 TeV)



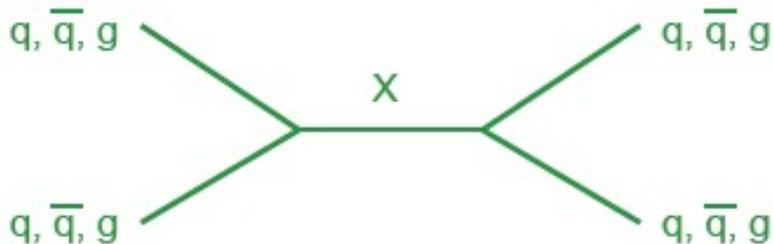
Phys. Rev. D 91, 052007



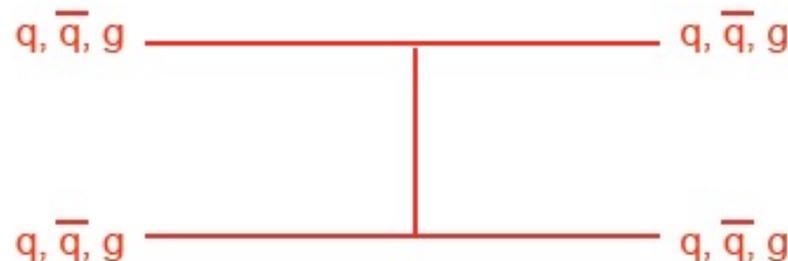
Possibili zone di interesse intorno alle masse di 1.8 TeV e 3.6 TeV

Segnale e Fondo

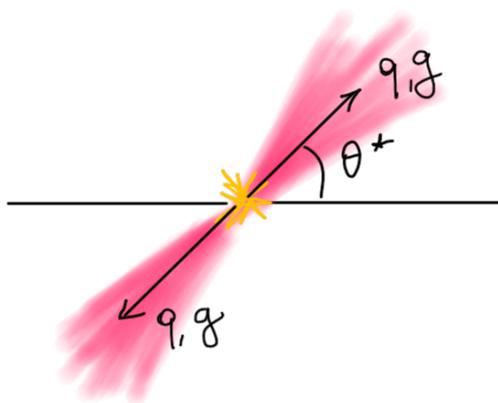
Segnale risonante



Fondo di QCD



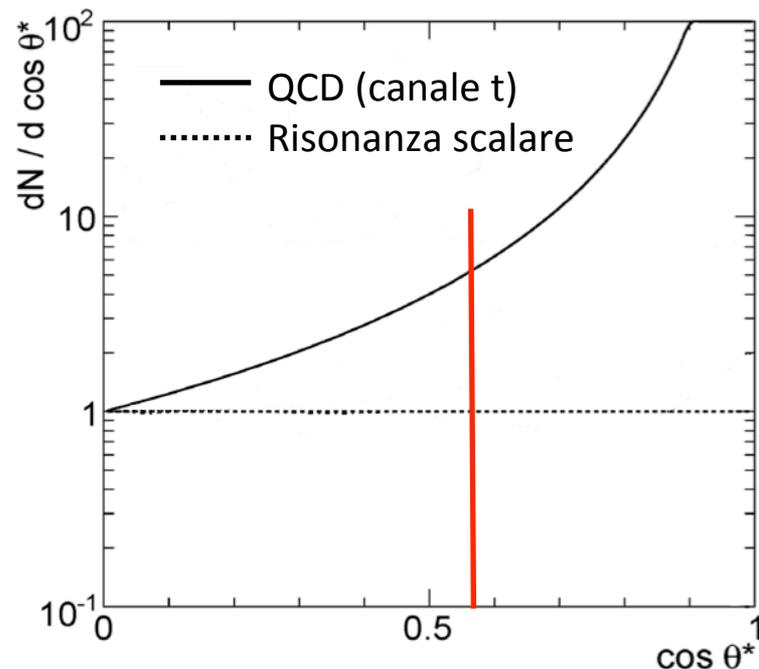
Differente distribuzione angolare nel sistema di riferimento del centro di massa



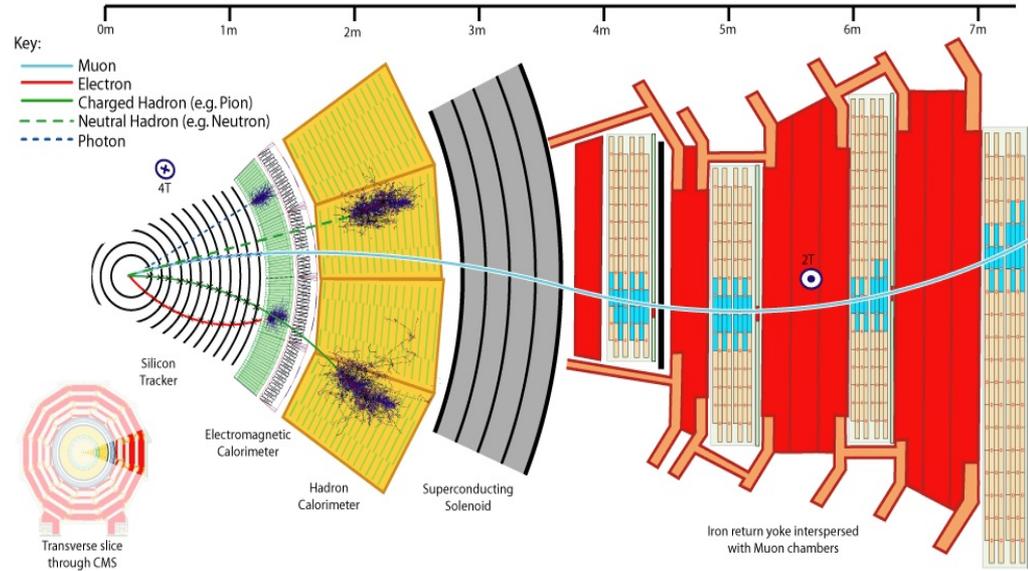
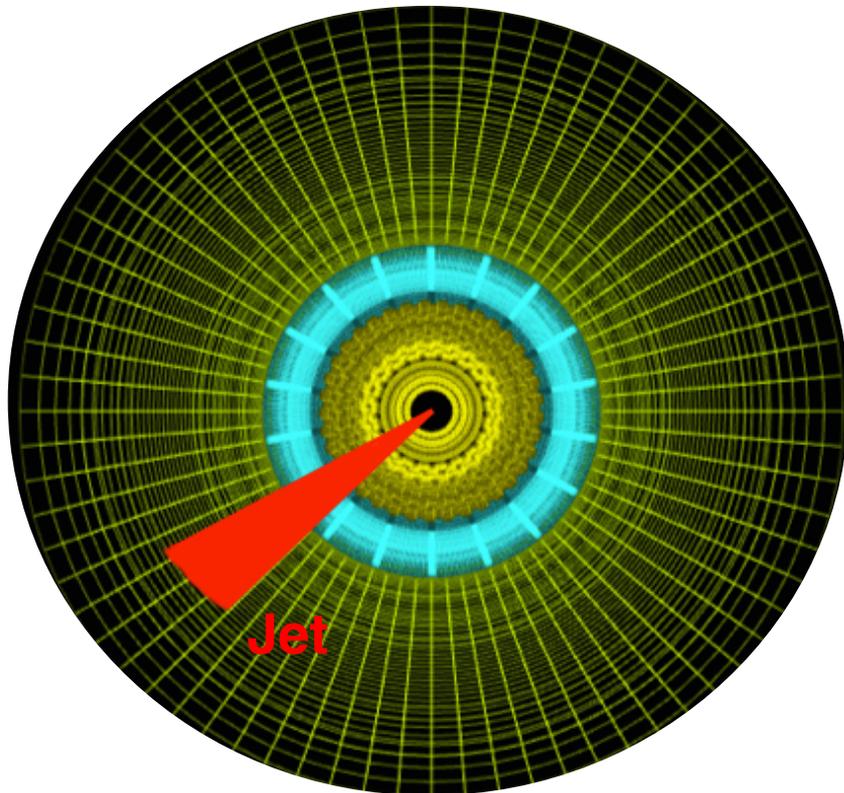
$$\cos \theta^* = \tanh(\Delta\eta/2)$$



Differente $\Delta\eta$ tra i due jet



Compact Muon Solenoid



TRACCIATORE

**CALORIMETRO
ELETTROMAGNETICO**

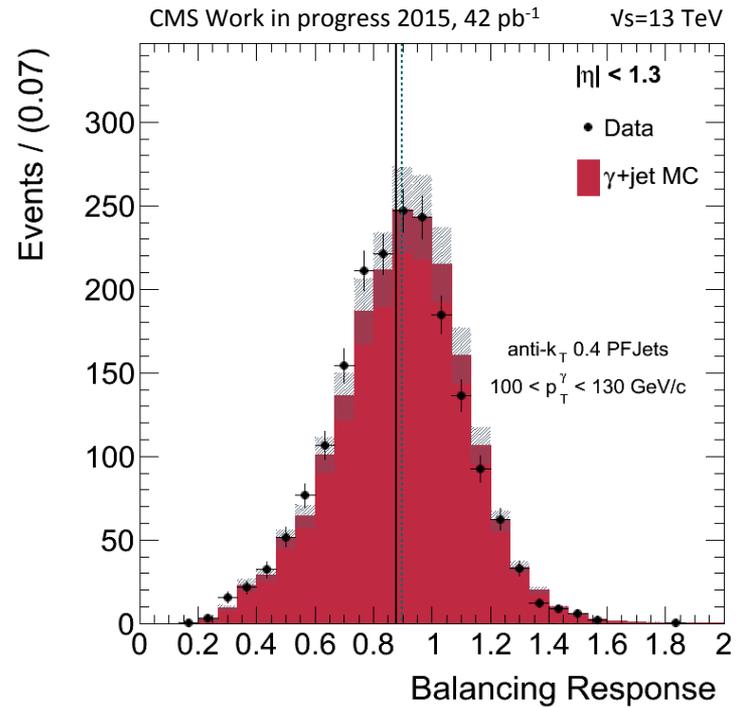
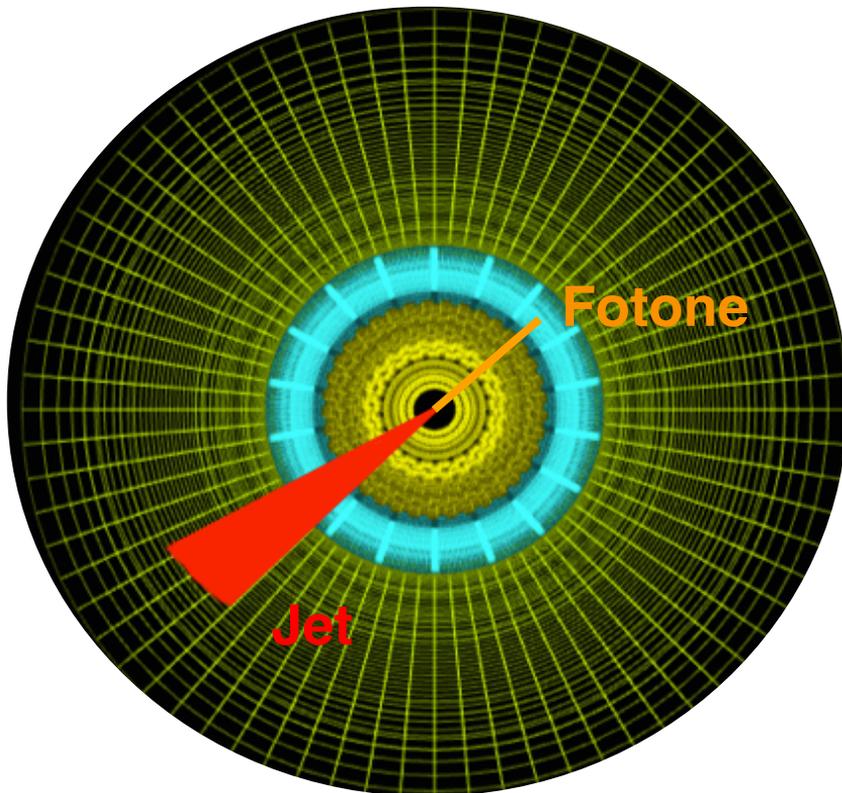
**CALORIMETRO
ADRONICO**

**CAMERE PER
MUONI**

Calibrazione dei jet

- Fondamentale per questa analisi
- Calorimetro elettromagnetico per calibrare il calorimetro adronico
- Esempio: fotone+jet
 - Bilanciamento in impulso trasverso

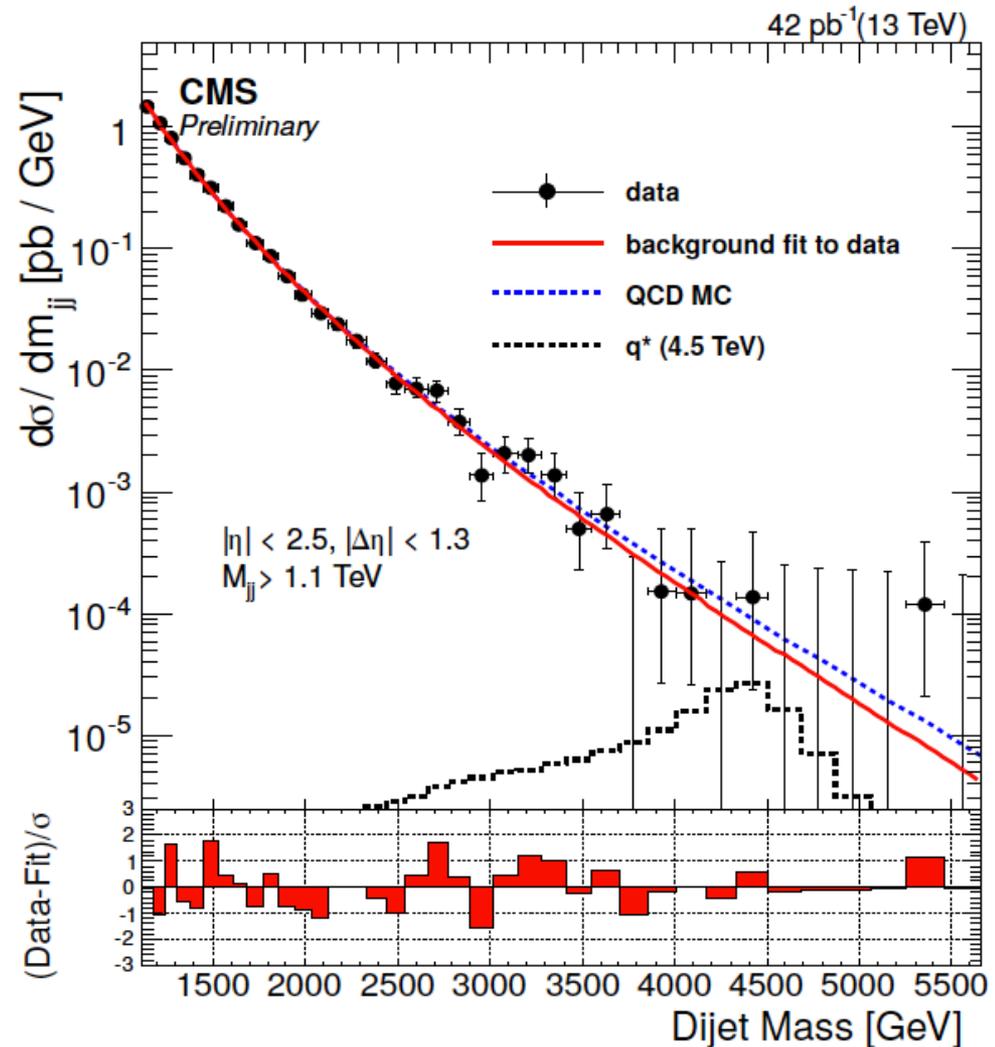
$$R = \frac{pT(j_1)}{pT(\gamma)}$$



Calibrazione: Accordo Dati - MonteCarlo

Spettro di massa

- Accordo tra i dati e il fit del fondo:
Nessuna evidenza di risonanze che decadono in due jet
- L'analisi del Run 2 ha una sensibilità maggiore rispetto al Run 1 per masse > 5 TeV
- Evento con la massa più alta @5.4 TeV



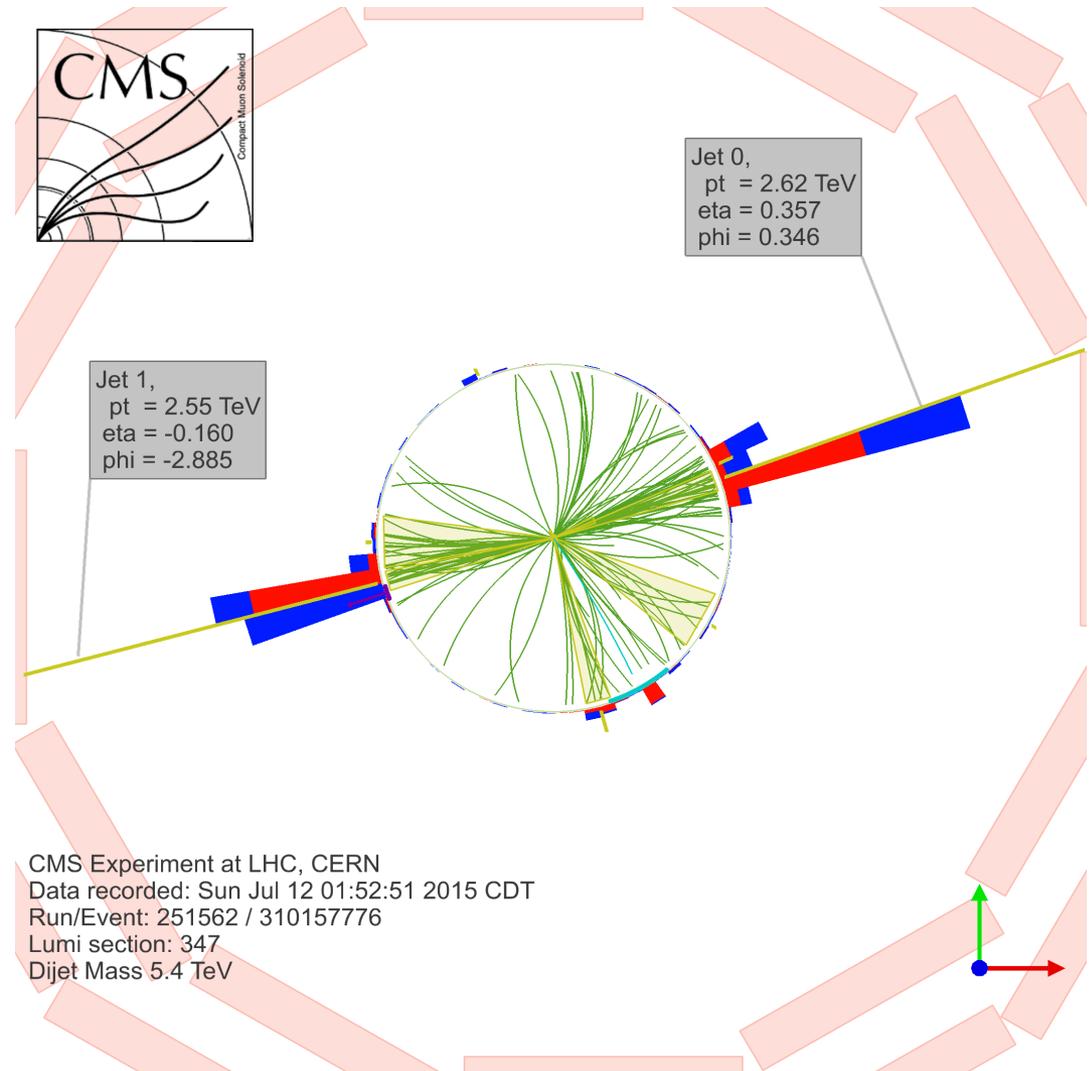
Event display

➤ Massa invariante più alta raggiunta nel **Run 2 = 5.4 TeV**

➤ Massa invariante più alta raggiunta nel **Run 1 = 5.1 TeV**

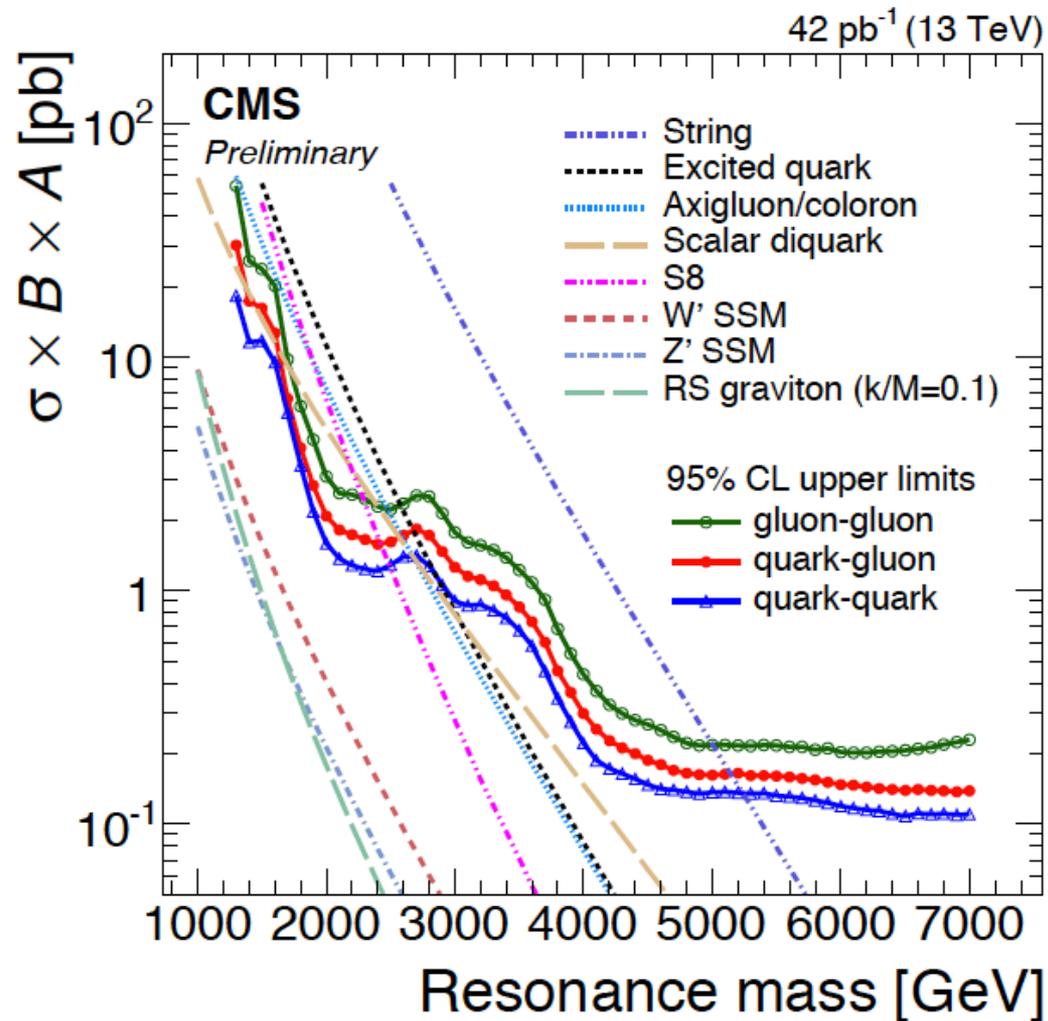


Run 2 già con pochi dati ha una **sensibilità maggiore** rispetto al **Run 1** per $M > 5$ TeV



Risultati del Run 2

- Limiti di esclusione sulla sezione d'urto e sulla massa invariante della risonanza
- Risultati per questi modelli teorici inclusi nei risultati del Run 1

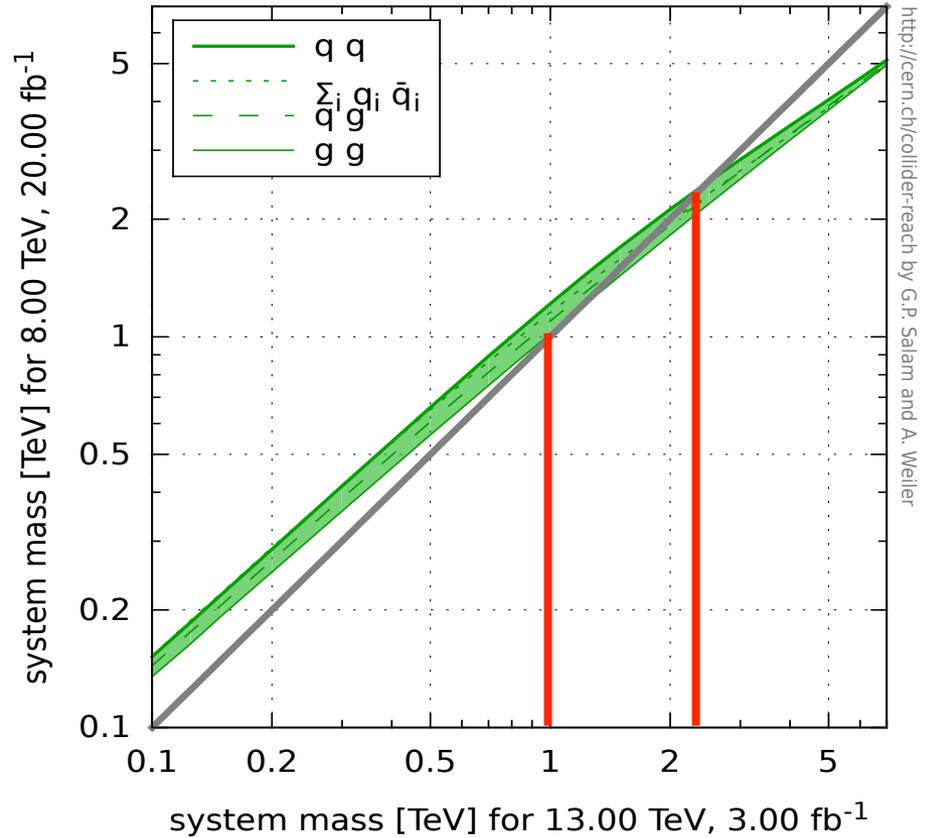
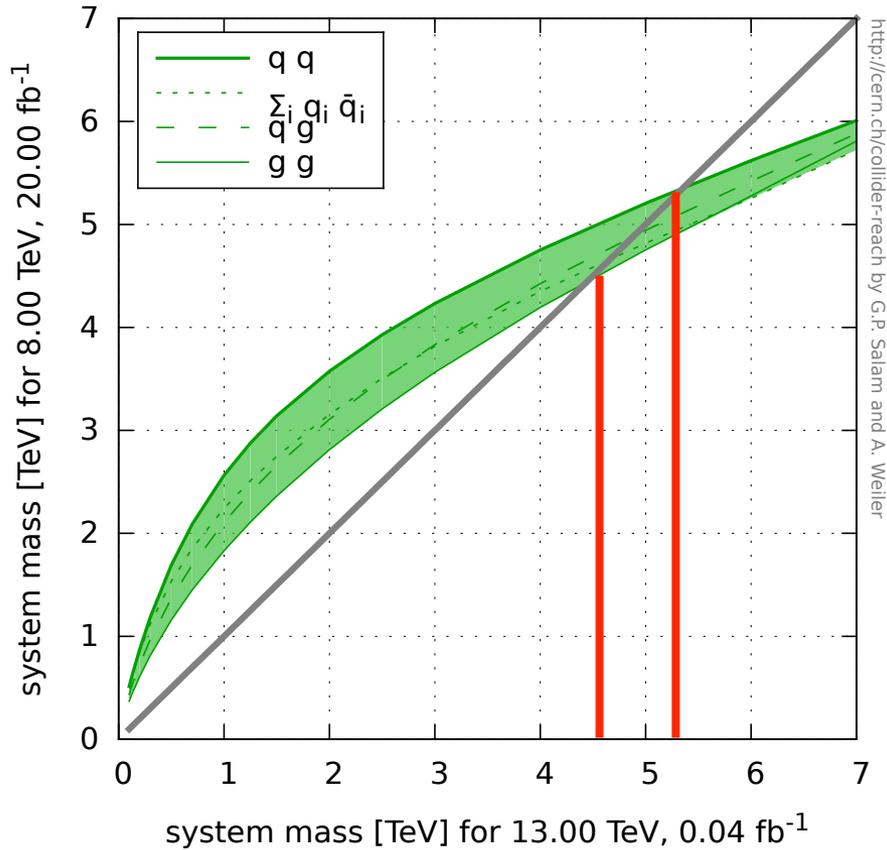


Conclusioni

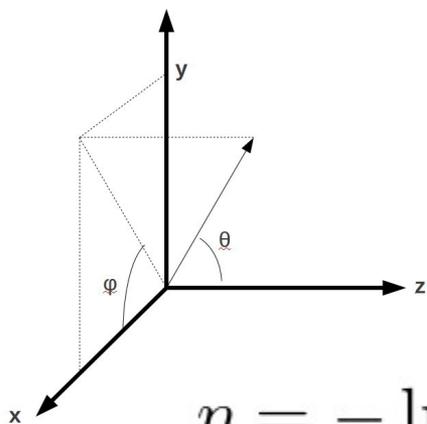
- Presentati i primi risultati a $\sqrt{s} = 13$ TeV con l'esperimento CMS
- **Per ora** nessuna evidenza di risonanze che decadono in coppie di jet
- Analisi del Run 2 con una luminosità integrata di 42 pb^{-1} ha una maggiore sensibilità rispetto al Run 1 per masse maggiori di 5 TeV
- Ricerca di risonanze che decadono in coppie di jet ha un gran **potenziale di scoperta** di nuova fisica data l'elevata sensibilità già con i primi fb^{-1} di dati a 13 TeV (con 3 fb^{-1} sensibili a $M > 1.5$ TeV).

BACKUP

13TeV vs 8 TeV



Compact Muon Solenoid



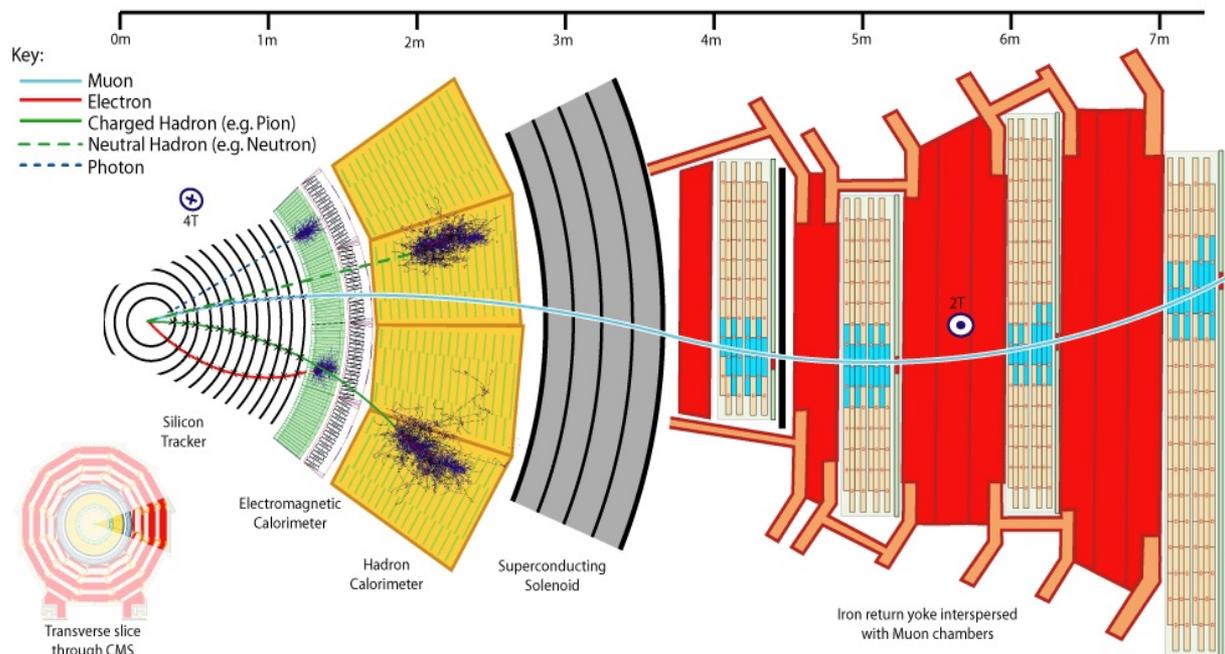
$$\eta = -\ln \tan \frac{\theta}{2}$$

TRACCIATORE

Ricostruzione di:
tracce cariche nel tracciatore;
vertici primari e secondari

CALORIMETRO ELETTROMAGNETICO

Fotoni rilasciano la
loro energia nei cristalli del
calorimetro elettromagnetico



CALORIMETRO ADRONICO

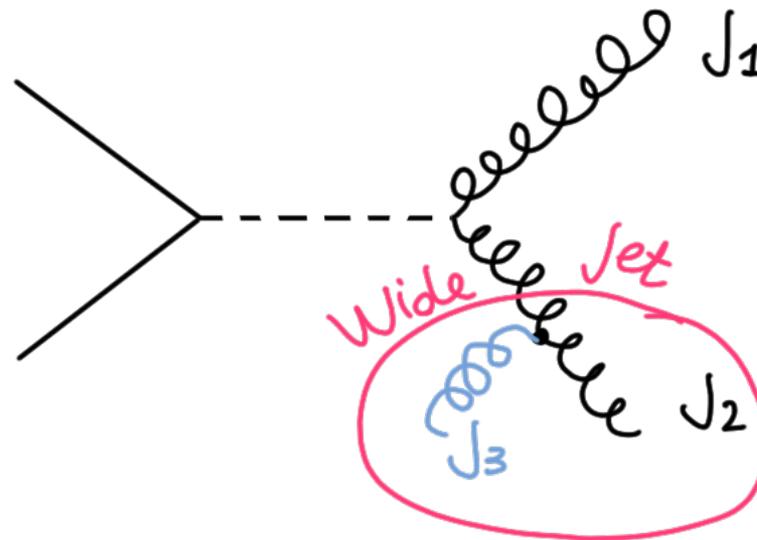
Adroni rilasciano energia sia
nel calorimetro
elettromagnetico che in quello
adronico

CAMERE PER I MUONI

Misura di impulso dei
muoni

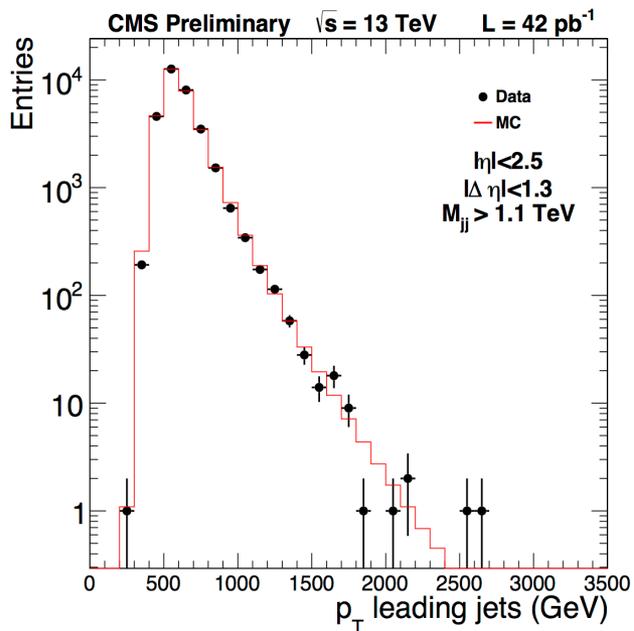
Ricostruzione wide jet

- Usare i wide jets migliora la risoluzione sulla massa invariante dei due jet \rightarrow include la radiazione di stato finale
- Algoritmo di clustering: PF antiKT con raggio del cono $R=0.4$ (Run2)
- Raggio del cono di costruzione del wide jet $R=1.1$
- Criteri di identificazione del jet basati su le frazioni di energia del jet
- Regione fiduciale: $|\eta| < 2.5$
- Non si usano jet con basso impulso trasverso: $p_T > 30$ GeV

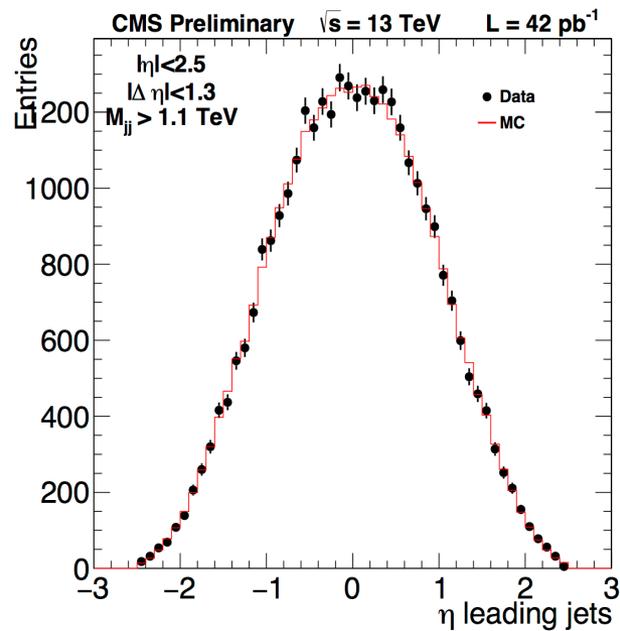


Cinematica

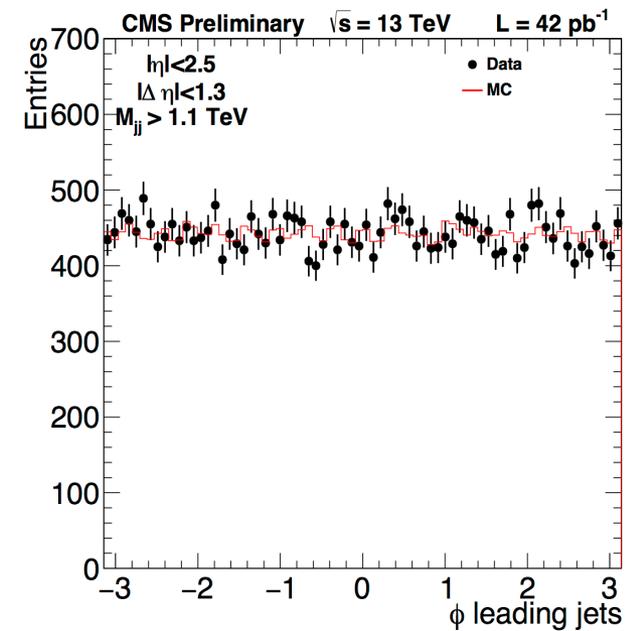
Impulso trasverso



Pseudorapidità

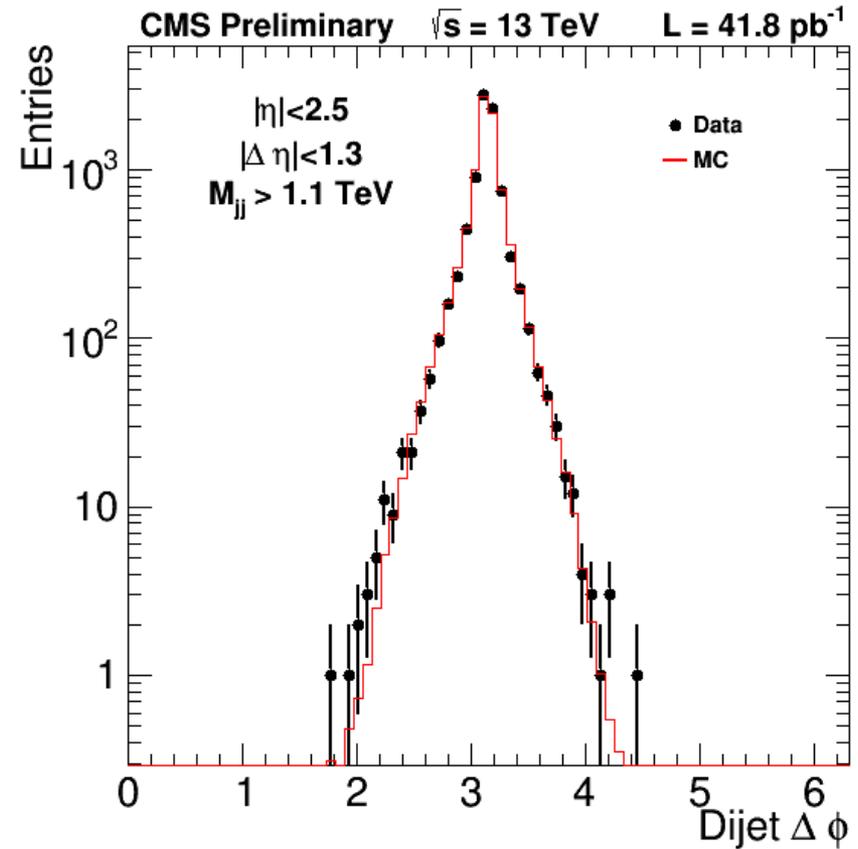
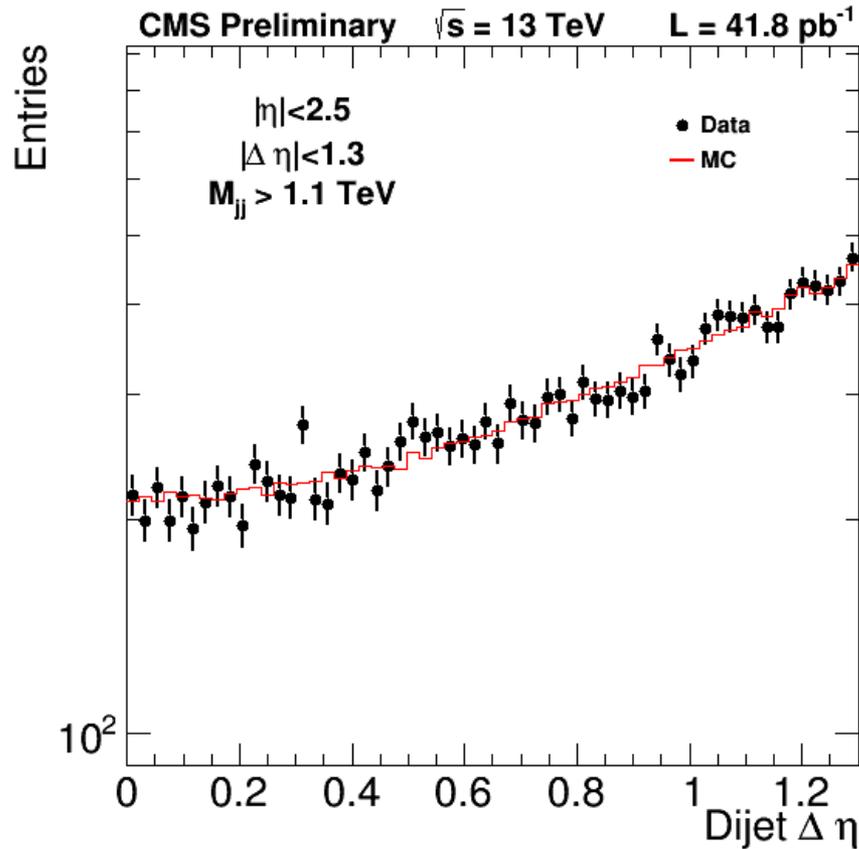


Angolo azimutale



Buon accordo tra i dati e la simulazione MonteCarlo

Topologia evento



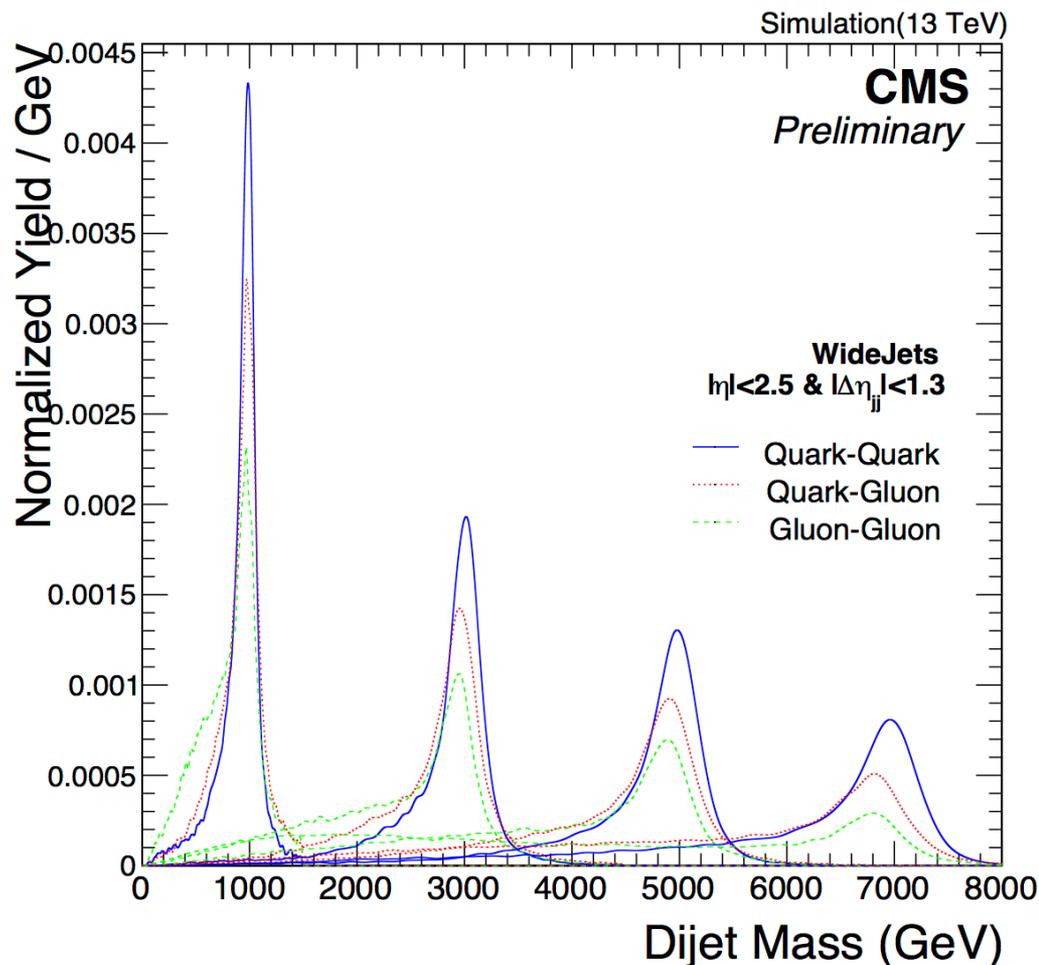
Distribuzioni angolare caratteristiche di eventi con due jet

Modello del segnale

➤ Modelli di segnale usati:

- quark-quark ($qq \rightarrow G \rightarrow qq$)
- quark-gluon ($qg \rightarrow q^* \rightarrow qq$)
- gluon-gluon ($gg \rightarrow G \rightarrow gg$)

➤ Risonanze con masse fino a 7 TeV



Modello del fondo

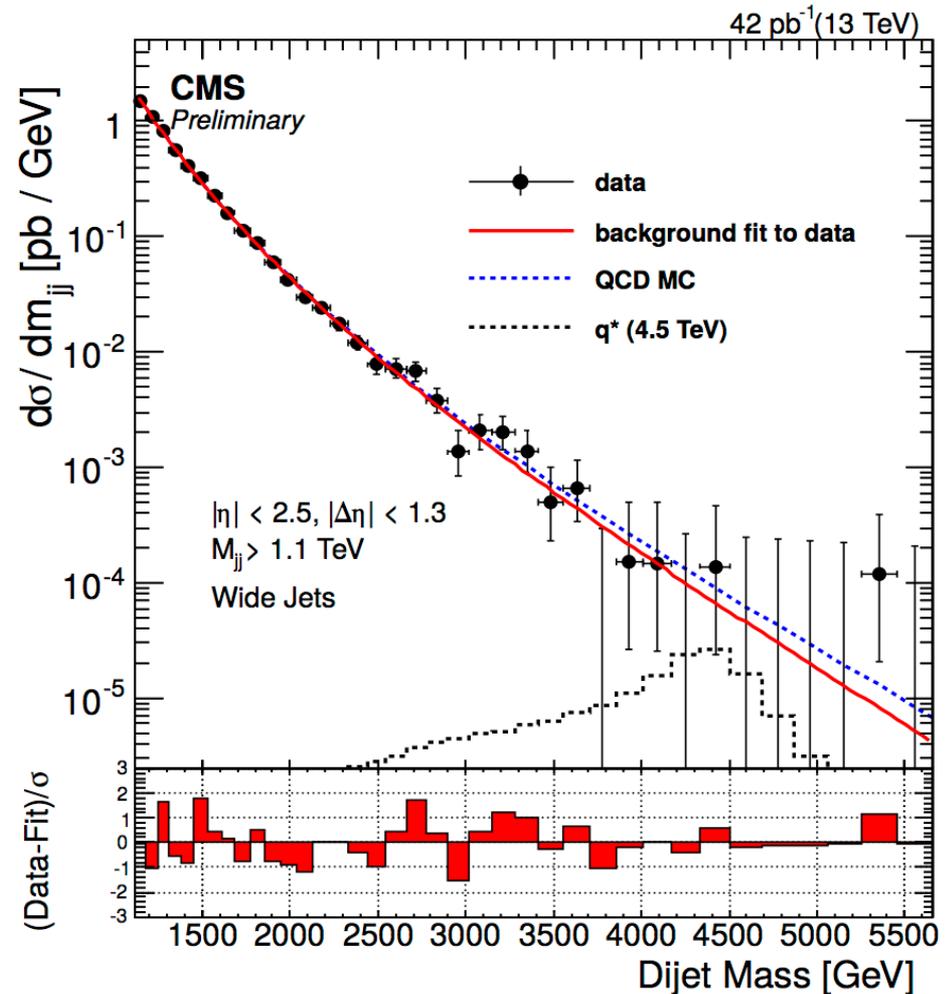
- Fit ai dati con la parametrizzazione:

$$\frac{d\sigma}{dm(jj)} = \frac{p_0(1-x)^{p_1}}{x^{p_2}}$$

con $x = \frac{m(jj)}{\sqrt{s}}$

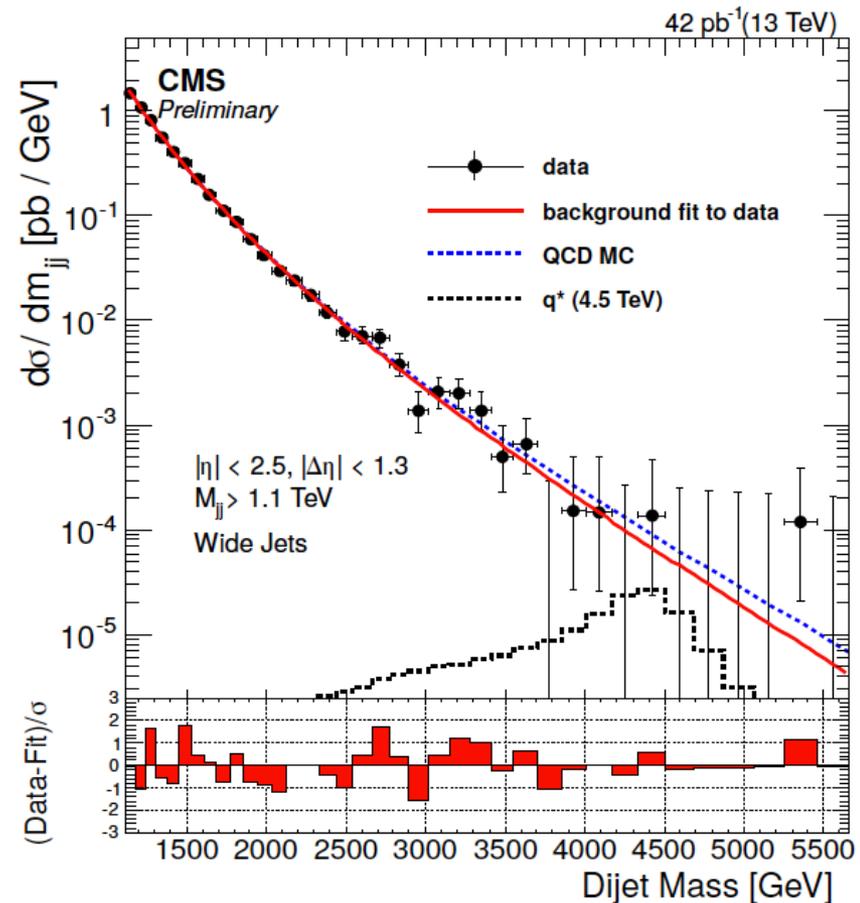
- Dati ben descritti dalla parametrizzazione del fondo:

$$\chi^2/\text{ndf} = 23.5/24$$

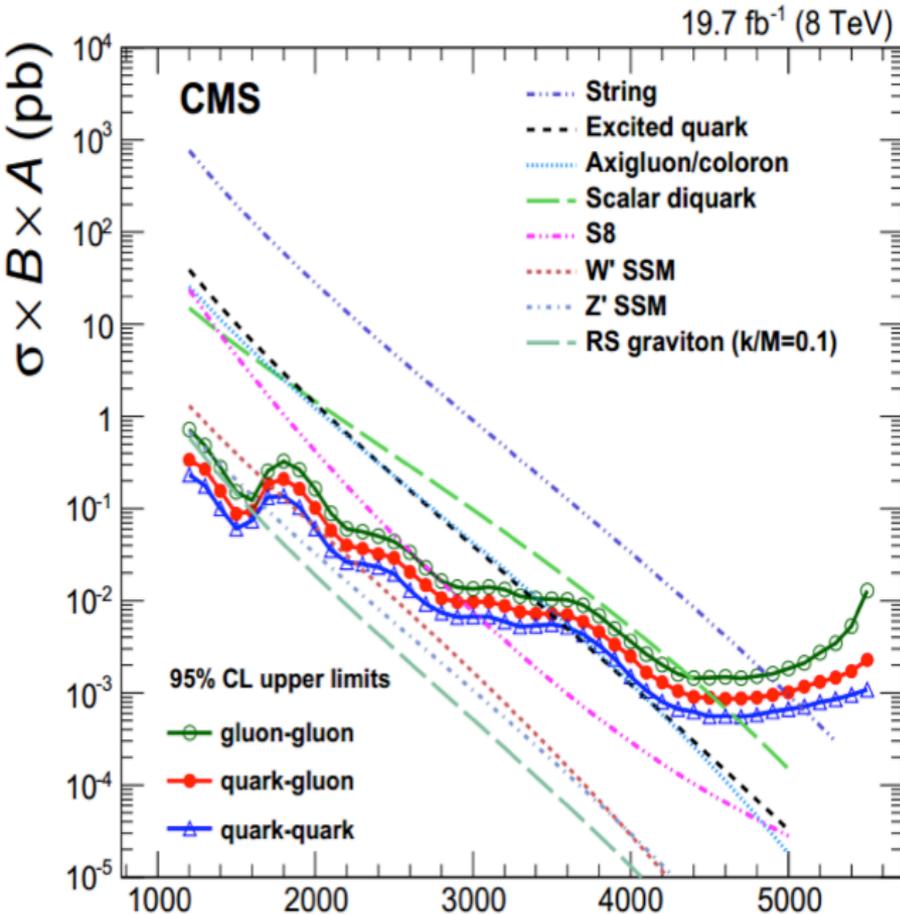


Spettro di massa

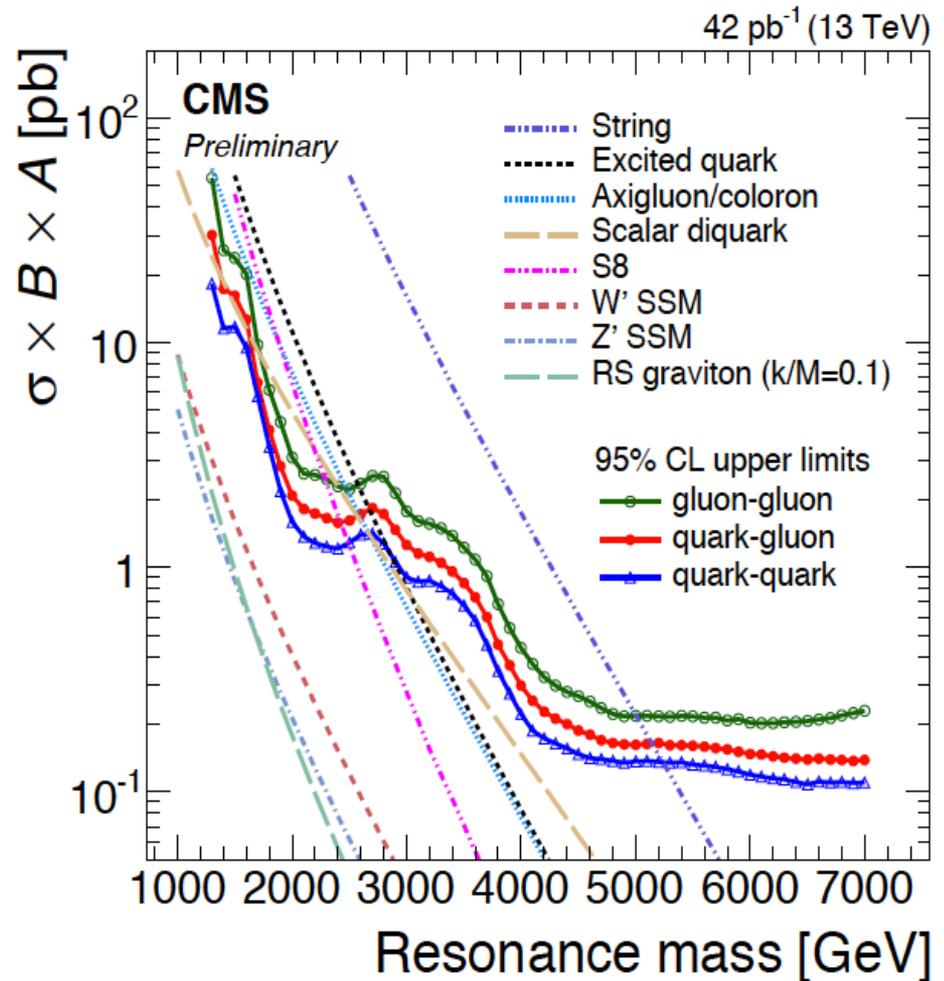
- Accordo tra i dati e il fit del fondo:
Nessuna evidenza di risonanze
che decadono in due jet
- Eccessi visti nel Run 1 @1.8TeV
e @3.6 TeV ($< \sim 2 \sigma$)
- L'analisi del Run 2 non è ancora
sensibile al Run 1
 - Necessari $\sim 400 \text{ pb}^{-1}$ per 3.6 TeV
 - Necessari $\sim 3 \text{ fb}^{-1}$ per 1.8 TeV



Run 1 vs Run 2



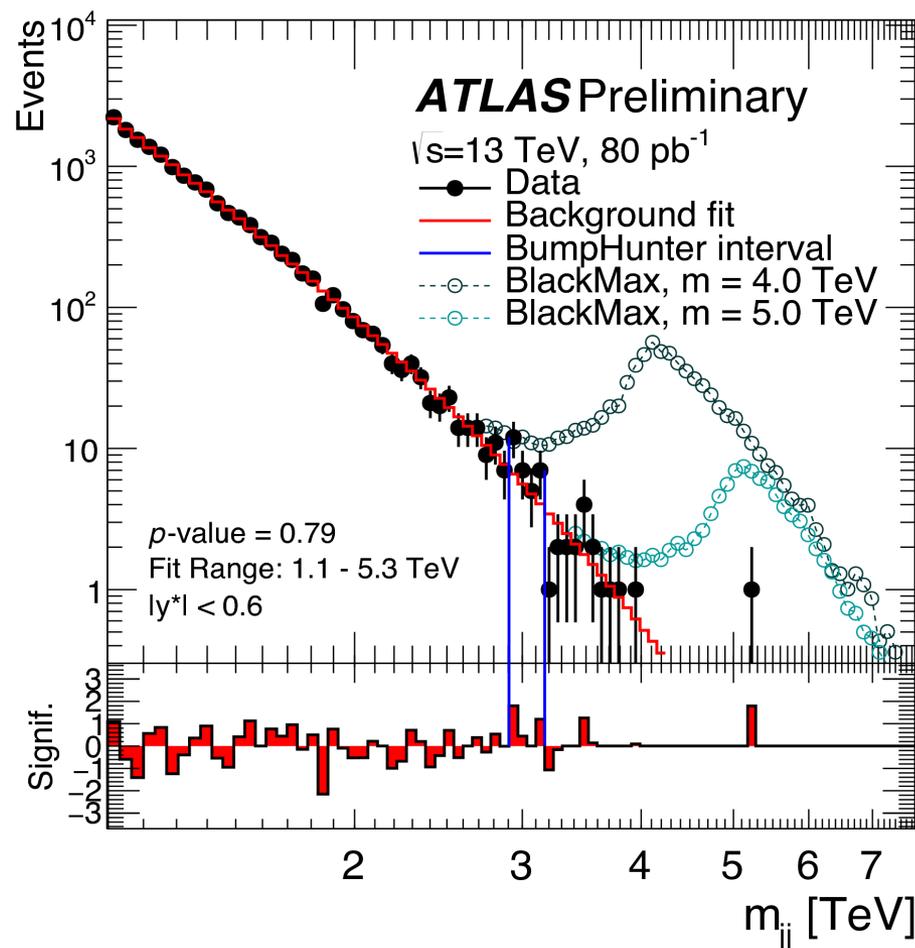
Run1: Sensibili fino a 5.5 TeV



Run2: Sensibili anche fino a 7 TeV

Spettro di massa: ATLAS

- Accordo tra i dati e il fit del fondo:
Nessuna evidenza di risonanze che decadono in due jet
- L'analisi del Run 2 ha una sensibilità maggiore rispetto al Run 1 per masse > 5 TeV
- Evento con la massa più alta @5.2 TeV



E in presenza di segnale?

- Confrontare la distribuzione angolare del picco con quella delle sideband
- Capire se il picco è una fluttuazione di QCD o un effetto sistematico o un segnale con una distribuzione angolare non-QCD
- Guardare gli altri canali di decadimento previsti dal modello. Ad esempio:
 - lv / ll per un W' o Z' di 1.8 TeV
 - $qW, qZ, q\gamma$ per un q^* di 3.6 TeV

