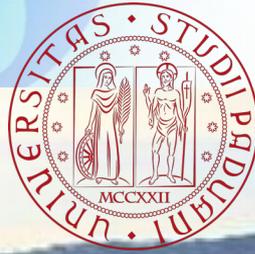




Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



Ricerca di Nuova Fisica negli stati finali con b- e c-getti ad LHCb

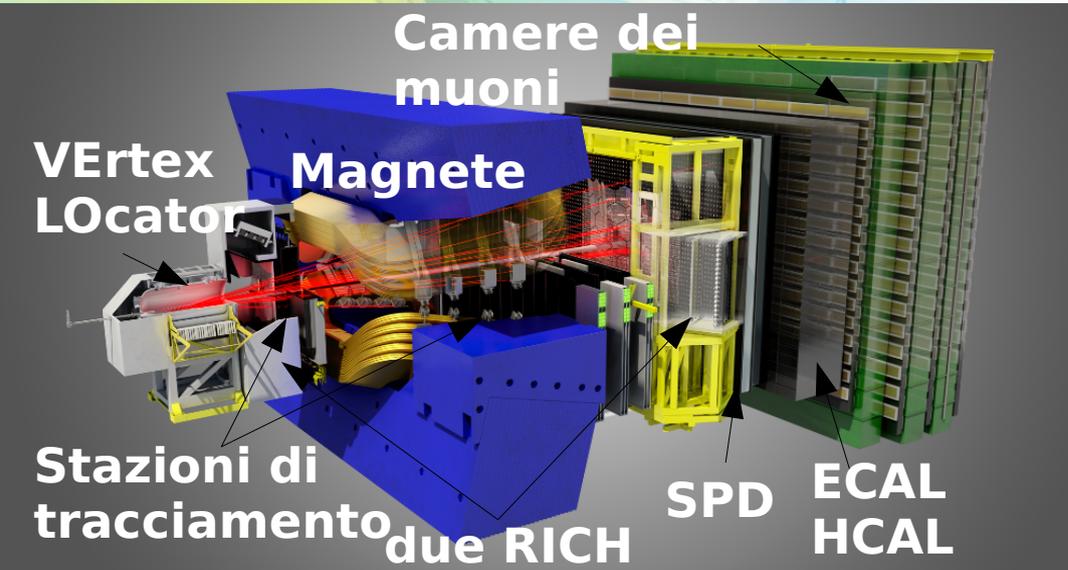
Lorenzo Sestini

Università di Padova e INFN-Padova

IFAE 2019 - Napoli - 8/4/2019

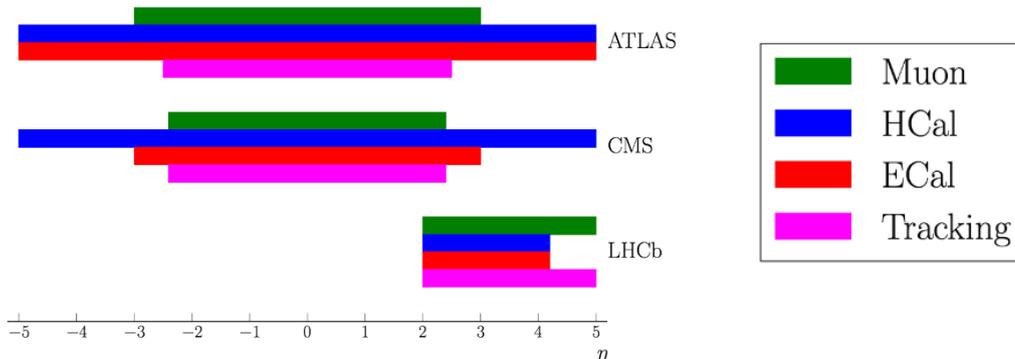


Introduzione

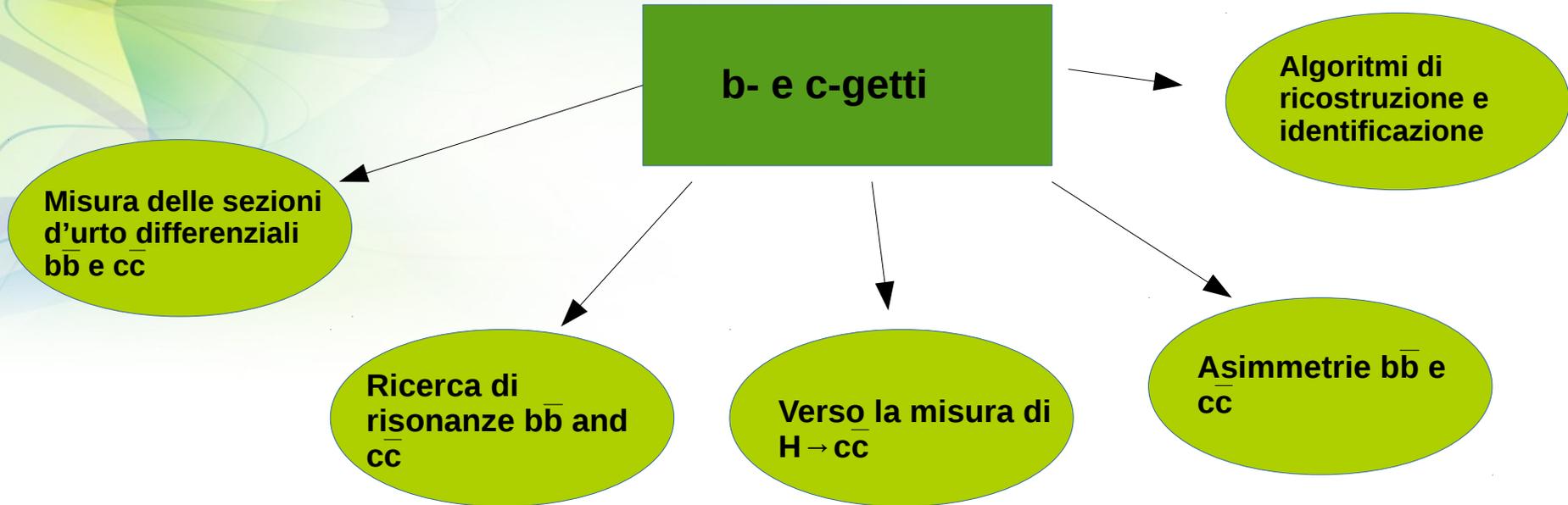


Perché studiare la fisica dei getti da b e c ad LHCb?

- Eccellente sistema di ricostruzione dei vertici → ottime prestazioni nell'identificazione dei getti.
- Spazio delle fasi complementare ad ATLAS e CMS: studi su Funzioni di Distribuzione Partonica (PDF) e ricerche.
- Produzione boostata di $q\bar{q} \rightarrow Z/\gamma^*$: sensibilità ad asimmetrie.
- Molte misure sui b- e c-getti sono dominate dalle sistematiche: **la luminosità non è l'unica cosa che conta!**



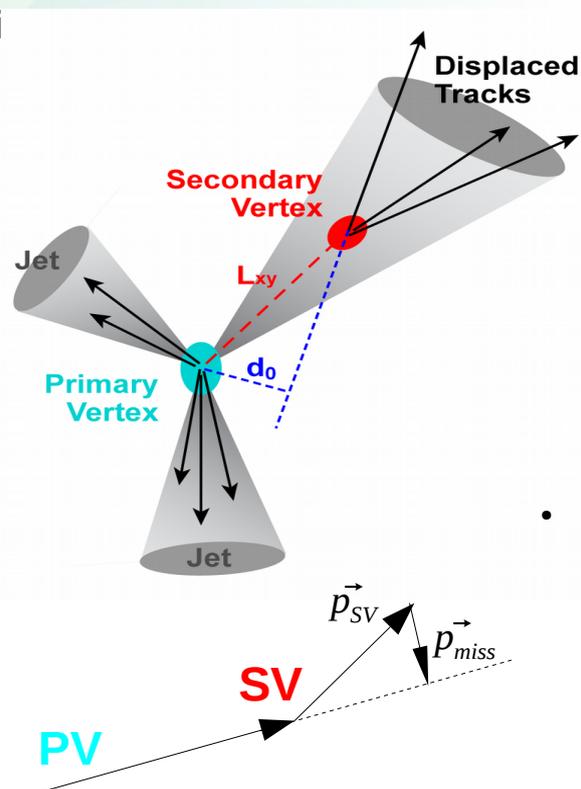
Un ricco programma di Fisica



Identificazione dei getti ad LHCb

JINST 10 (2015) P06013

- Il sistema di identificazione dei getti sfrutta le caratteristiche peculiari di LHCb → **precisa ricostruzione dei vertici!**
- Inizialmente i **vertici secondari** (SV) vengono ricostruiti a partire dalle tracce.
- Un getto viene identificato come generato da quark **b** o **c** se un **vertice secondario** viene ricostruito all'interno del cono ($\Delta R < 0.5$).



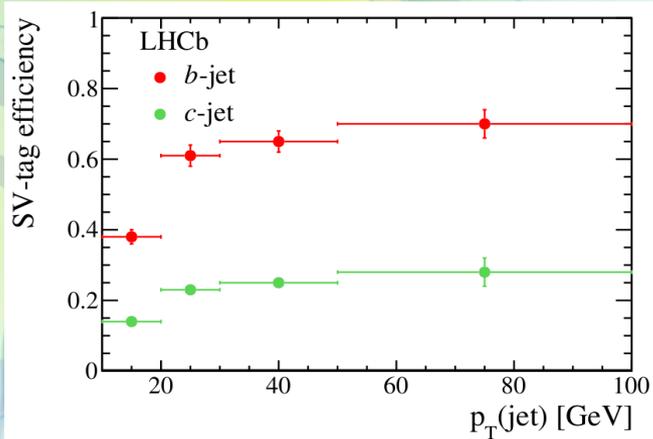
- Due **BDT** (Boosted Decision Tree) sono utilizzate per l'identificazione
 - **BDT(bc|udsg)**
Per separare i getti **pesanti** da quelli **leggeri**
 - **BDT(b|c)**
Per separare i **b-getti** dai **c-getti**

- Alcune osservabili in ingresso alle BDT:
 - Massa del SV
 - Frazione del p_T del getto acquisita dal SV
 - Distanza di volo del DV
 - Massa corretta del SV

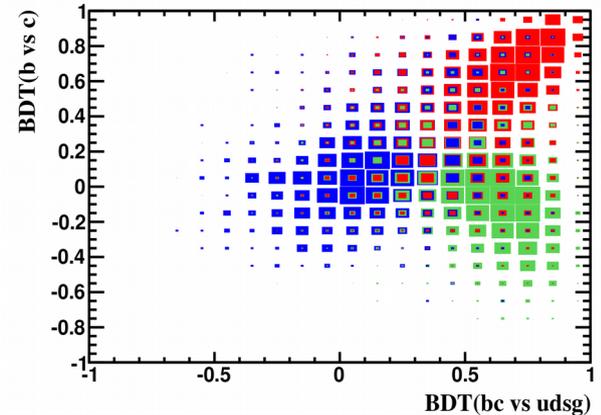
$$M_{corr} = \sqrt{M_{SV}^2 + p_{miss}^2} + p_{miss}$$

Identificazione dei getti ad LHCb

JINST 10 (2015) P06013



b-getti
c-getti
getti leggeri



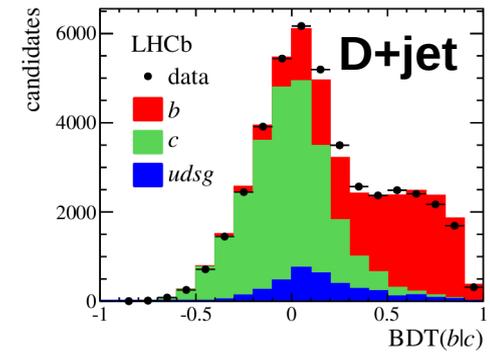
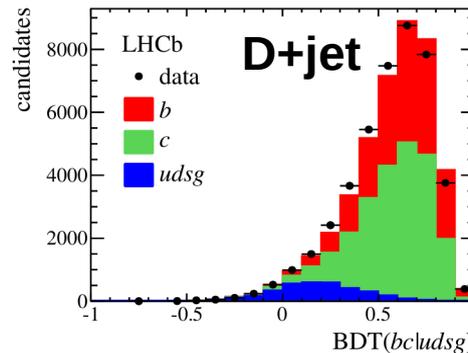
Efficienze di selezione tramite ricostruzione di un SV ad alto impulso trasverso:

b-getti ~ 65%

c-getti ~ 25%

getti leggeri (g,u,d,s) ~ 0.3%

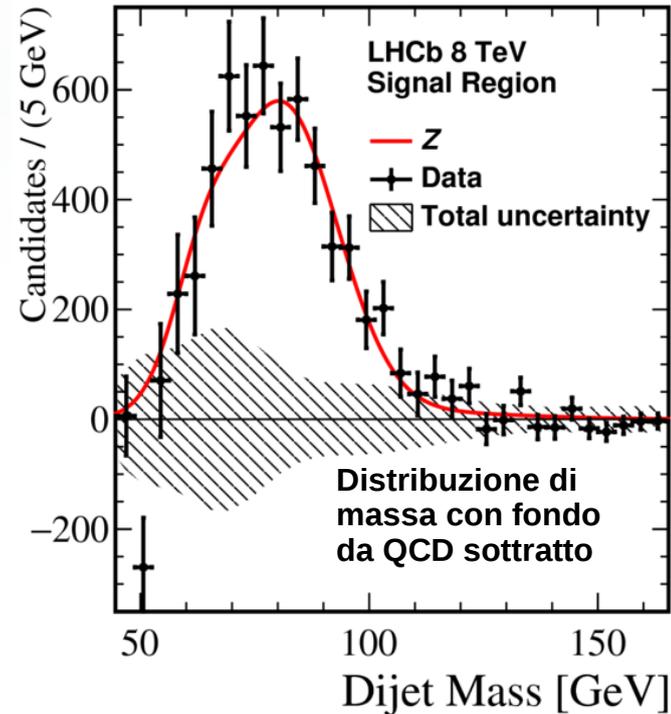
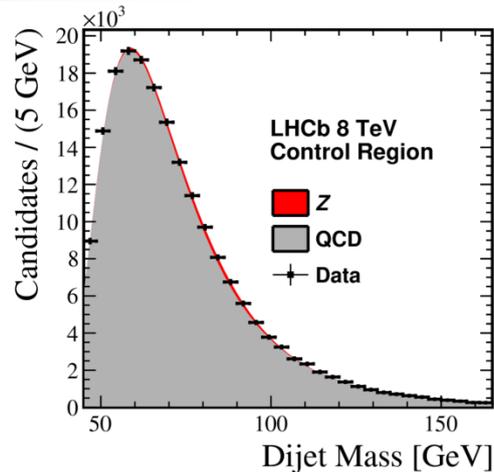
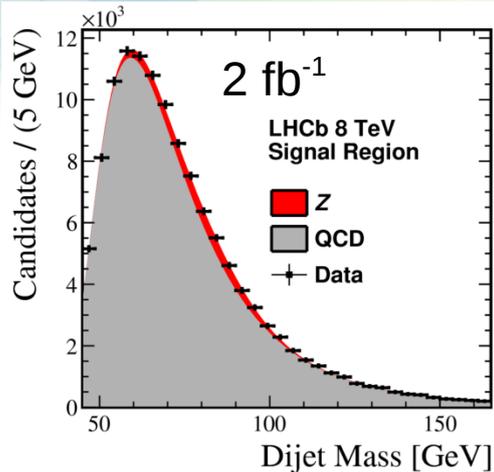
Validazione su campioni di controllo



Ricostruzione del decadimento $Z \rightarrow b\bar{b}$

Phys. Lett. B776 (2017) 430-439

- LHCb ha dimostrato di poter identificare e ricostruire una risonanza $b\bar{b}$.
- Sono stati selezionati eventi con due b-getti e un getto di rinculo \rightarrow regione di controllo definita dalla cinematica del sistema a 3 getti.



Misura:

$$\sigma(pp \rightarrow Z)B(Z \rightarrow b\bar{b}) = 332 \pm 46(\text{stat.}) \pm 59(\text{syst.}) \text{ pb}$$

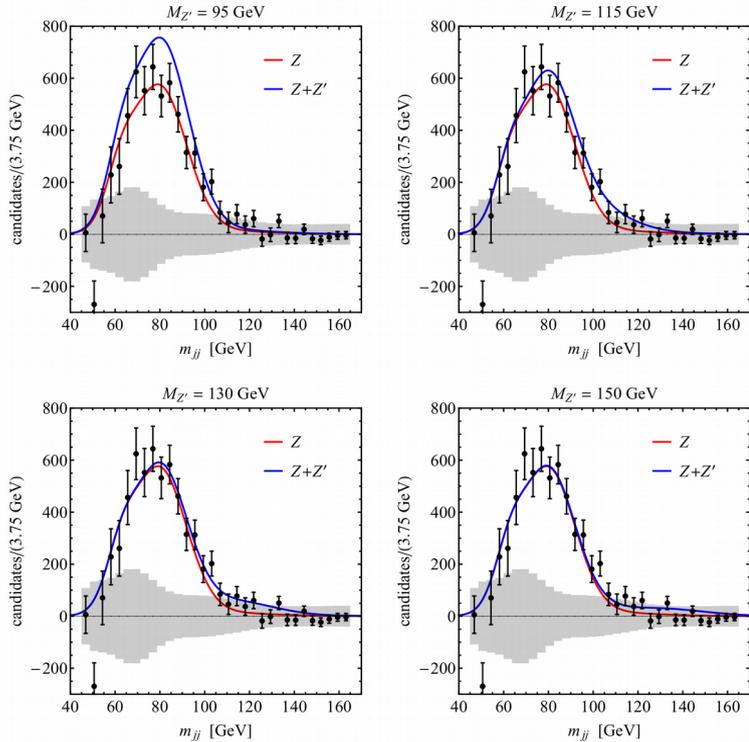
Predizione:

$$\sigma(pp \rightarrow Z)B(Z \rightarrow b\bar{b}) = 272_{-12}^{+9}(\text{scale}) \pm 5(\text{PDFs}) \text{ pb}$$

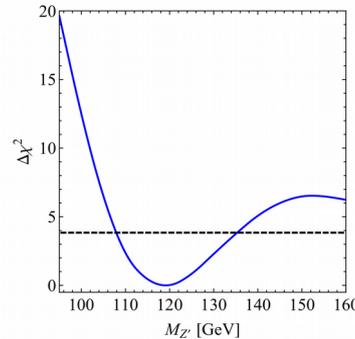
Ricerca di Nuova Fisica in stati finali $b\bar{b}$

Articolo fenomenologico

<https://arxiv.org/abs/1901.07573>



- $b\bar{b}$ e $c\bar{c}$ sono considerati possibili canali di decadimento di nuove particelle.
- I dati di LHCb (distribuzione di massa in cui è stato sottratto il fondo da QCD) sono stati utilizzati per cercare la Z' .
- Migliori limiti nella regione di massa invariante tra 95 e 135 GeV.



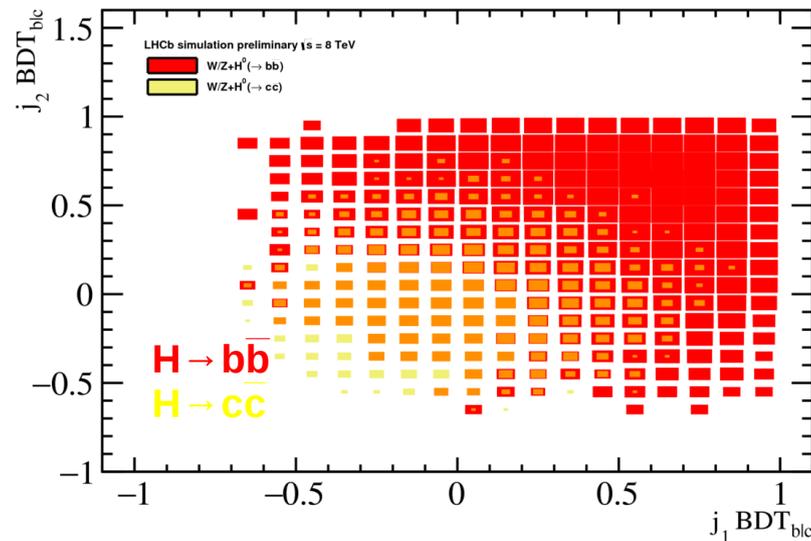
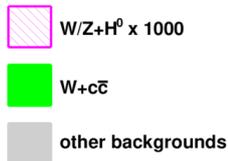
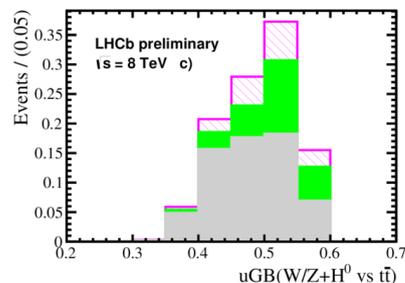
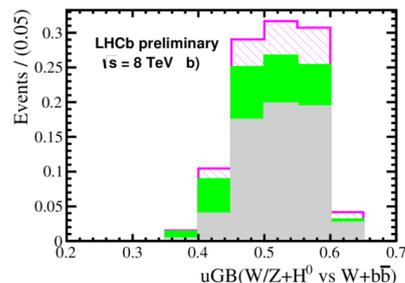
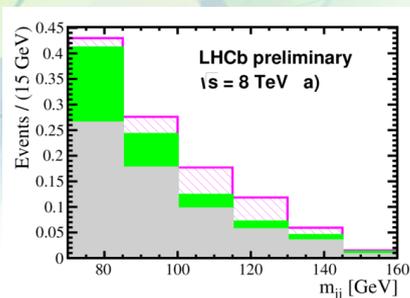
Tensione di 2.0σ a 115 GeV, niente di cui preoccuparsi ancora...

H → c \bar{c} ad LHCb

LHCb-CONF-2016-006



- Ricerca di $W+H(\rightarrow c\bar{c})$ nello stato finale con un leptone e due c-getti.
- $H \rightarrow b\bar{b}$ è uno dei fondi irriducibili: una selezione sulle variabili di identificazione può rimuovere il 90% di $H \rightarrow b\bar{b}$ mantenendo il 60% di $H \rightarrow c\bar{c}$.



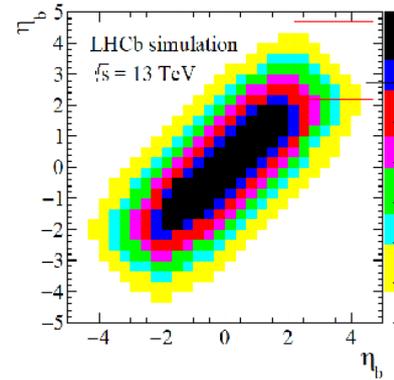
- Nei dati ad 8 TeV sono aspettati 2 eventi di fondo ma 0 eventi osservati.
- Limite diretto su $H \rightarrow c\bar{c}$ ($\mu^{cc} = N^{obs}/N^{SM}$) con un livello di confidenza del 95% → $\mu^{cc} < 6000$

H → c \bar{c} a HL-LHCb

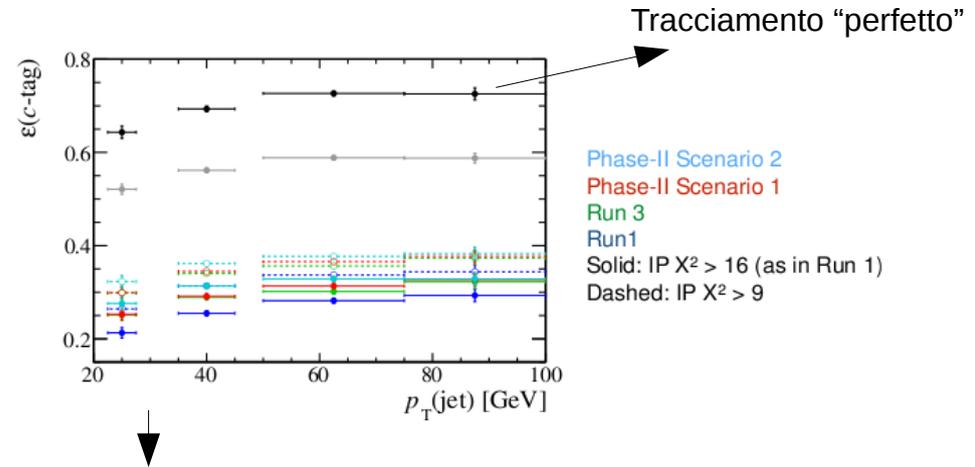
HL-LHC Yellow Report, Capitolo 3 Higgs



- **Prospettive sull'osservazione di W/Z+H → c \bar{c} nel Yellow Paper di HL-LHC**
- Senza miglioramenti (algoritmi e rivelatore del Run II) con 300 fb⁻¹ a 14 TeV possiamo porre un limite sul segnale di $\mu^{c\bar{c}} < 50$
- Assumendo l'upgrade di fase 2 di LHCb (in particolare un nuovo rivelatori di vertici e un nuovo calorimetro elettromagnetico) → $\mu^{c\bar{c}} < 5-10$
- Il limite sull'accoppiamento di Yukawa è $g^{c\bar{c}}/g_{SM}^{c\bar{c}} < 2-3$
- La sensibilità è nell'ordine di quella di ATLAS e CMS: **la combinazione dei dati dei vari esperimenti di LHC sarà molto vicina all'osservazione!**



5%
accettazione
dell'Higgs
ad LHCb



Efficienze di identificazione dei c-getti per diversi scenari

Asimmetrie $b\bar{b}$ e $c\bar{c}$

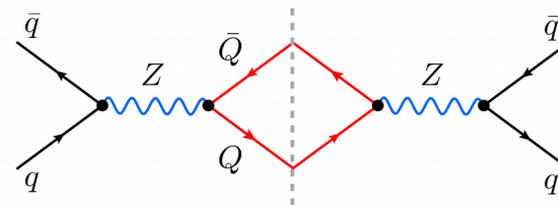
- Asimmetria:

$$A_C^{b\bar{b}} \equiv \frac{N(\Delta y > 0) - N(\Delta y < 0)}{N(\Delta y > 0) + N(\Delta y < 0)}$$

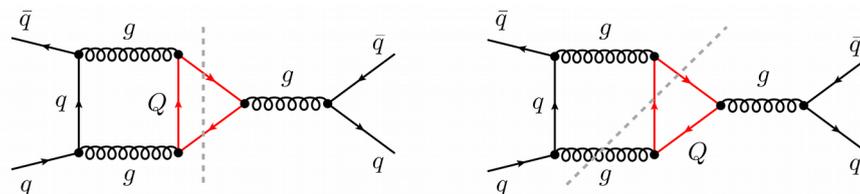
- Strettamente legata ai parametri fondamentali del Modello Standard (mescolamento elettrodebole) → sensitività a Nuova Fisica, in particolare vicino al picco della Z.

- Verifica dell'universalità fermionica degli accoppiamenti della Z: una discrepanza di 3σ ancora esiste tra $A_{FB}^{b\bar{b}}$ misurata al LEP e A_{FB} con elettroni polarizzati ad SLC.

Regione interessante 1: $m_{Q\bar{Q}} \sim 90$ GeV



Regione interessante 2: $m_{Q\bar{Q}} \sim [100, 350]$ GeV

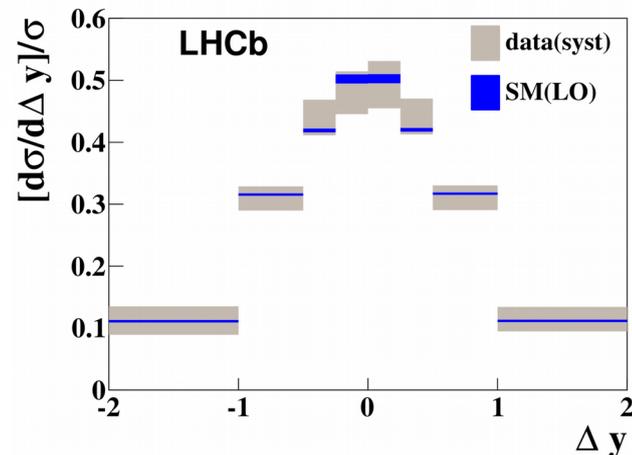


La sensitività è incrementata ad LHCb: maggiore asimmetria tra PDF, minore diluizione.

Asimmetrie $b\bar{b}$ e $c\bar{c}$

- Nel Run I LHCb ha effettuato la prima misura dell'asimmetria $b\bar{b}$ ad un collider adronico.
- L'identificazione della carica del quark è ottenuta dalla carica dei muoni contenuti nei getti (purezza 73%).
- Il contributo di $c\bar{c}$ è stato considerato come un fondo.
- Misura in diversi intervalli di massa invariante, consistente con le previsioni del Modello Standard.

$$A_C^{b\bar{b}} \equiv \frac{N(\Delta y > 0) - N(\Delta y < 0)}{N(\Delta y > 0) + N(\Delta y < 0)}$$



$$A_C^{b\bar{b}}(40 < M_{b\bar{b}} < 75 \text{ GeV}/c^2) = 0.4 \pm 0.4(\text{stat}) \pm 0.3(\text{syst})\%$$

$$A_C^{b\bar{b}}(75 < M_{b\bar{b}} < 105 \text{ GeV}/c^2) = 2.0 \pm 0.9(\text{stat}) \pm 0.6(\text{syst})\%$$

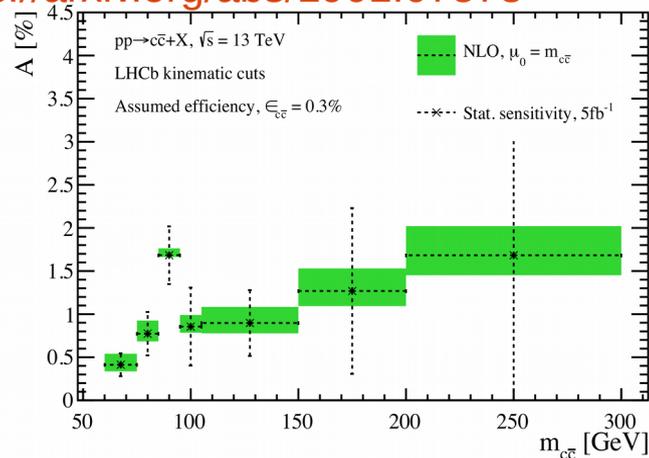
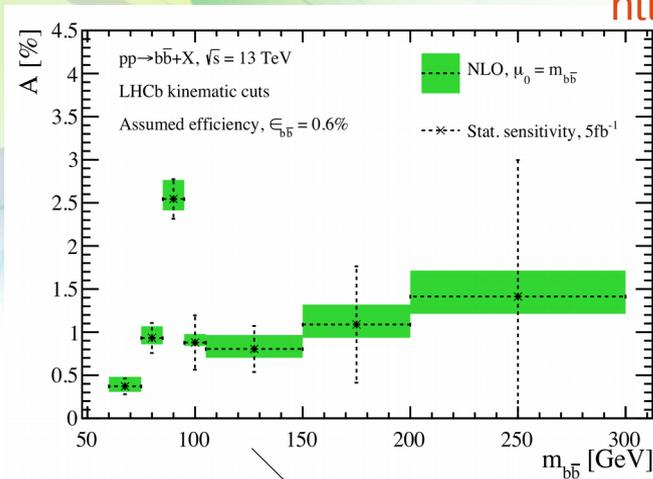
$$A_C^{b\bar{b}}(M_{b\bar{b}} > 105 \text{ GeV}/c^2) = 1.6 \pm 1.7(\text{stat}) \pm 0.6(\text{syst})\%$$

Phys. Rev. Lett. 113 (2014) 082003

Asimmetrie $b\bar{b}$ e $c\bar{c}$

- **Prospettive: prima misura asimmetria $c\bar{c}$, aggiornamento asimmetria $b\bar{b}$.**

<https://arxiv.org/abs/1901.07573>



Sensibilità ottenuta considerando l'identificazione del sapore dei getti solo con i muoni

Nuovi algoritmi di identificazione sono in fase di studio

Carica del getto

Inclusivo (sotto-struttura del getto)

Conclusioni



- Stiamo continuando con successo il programma di fisica con **b- e c- getti negli stati finali.**
- Analisi del Run II in preparazione
 - ▶ **Sezioni d'urto differenziali $b\bar{b}$ e $c\bar{c}$**
 - ▶ **Ricerca di risonanze $b\bar{b}$ e $c\bar{c}$**
 - ▶ **Asimmetrie $b\bar{b}$ e $c\bar{c}$**
- Come riportato nel Yellow Report di HL-LHC **la Fisica dei c-getti può essere uno dei punti chiave dell'upgrade di fase 2 di LHCb.**
- Stiamo svolgendo un lavoro considerevole su **nuove tecniche di ricostruzione ed identificazione.**

A large industrial facility, possibly a particle accelerator or a large-scale manufacturing plant, featuring complex machinery and structural elements in shades of green and yellow. The scene is brightly lit, with a prominent red text overlay in the center. The machinery consists of tall, vertical structures with various platforms, ladders, and pipes. The floor is a light blue-grey color, and the ceiling has a curved, industrial design with visible lighting fixtures.

Grazie per l'attenzione!