



Ricostruzione di charm e beauty in ATLAS



Andrea Ferretto Parodi
per la collaborazione ATLAS

Incontri di Fisica delle Alte Energie 2011

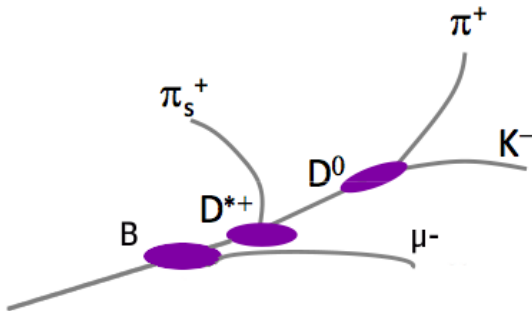
Perugia, 27 - 29 Aprile 2011

Introduzione

- ▶ verranno presentate due analisi basate su campioni di coppie $D^{*\pm}\mu^\mp$, ricostruite in ATLAS utilizzando i dati raccolti durante il 2010:
 - ▶ **misura della sezione d'urto di produzione di b -adroni**
 - test delle predizioni teoriche QCD su produzione di quark pesanti a $\sqrt{s} = 7$ TeV
 - misura utile per tutti quei fenomeni di nuova fisica ad LHC per i quali $b\bar{b}$ costituisce un fondo importante (come Higgs di bassa massa)
 - ▶ **efficienza degli algoritmi di b -tagging**
 - richiedere la presenza di una coppia $D^*\mu$ all'interno di un jet permette di selezionare un campione molto puro di b -jet
 - fondamentale per le analisi fisiche che utilizzano il b -tagging e ne devono conoscere l'efficienza
- ▶ verrà presentato un metodo, basato su campioni di D^* inclusivi, che permette il calcolo della sezione d'urto b/c e la calibrazione degli algoritmi di b -tagging (in termini di efficienza/rieiezione)

Introduzione

Perché lo stato finale $D^* \mu X$?



- ▶ branching ratio complessivo sufficientemente elevato $b \rightarrow D^* \mu X$ (2.75%)
- ▶ facilmente triggerabile (singolo muone)
- ▶ mesone D^* facile da ricostruire (3 tracce ID, cinematica particolare)
- ▶ eccellente purezza del campione (basse contaminazioni non provenienti da singolo b)

Sezione d'urto differenziale di produzione di b -adroni

Richieste dell'analisi

- ▶ calcolo della sezione d'urto dello stato esclusivo, all'interno della regione cinematica "visibile" ($|\eta_{D^*}| < 2.5, |\eta_\mu| < 2.4, p_{T_{D^*}} > 4.5 \text{ GeV}, p_{T_\mu} > 6 \text{ GeV}$):

$$\frac{d\sigma(B \rightarrow D^* \mu X)}{dp_T(D^* \mu)} = \frac{f_b N^{D^* \mu} |_{\Delta p_T}}{2\epsilon \mathcal{B} \mathcal{L} \Delta p_T} \quad \frac{d\sigma(B \rightarrow D^* \mu X)}{d|\eta|(D^* \mu)} = \frac{f_b N^{D^* \mu} |_{\Delta|\eta|}}{2\epsilon \mathcal{B} \mathcal{L} \Delta|\eta|}$$

- numero N di coppie $D^* \mu$ ossevate, in bin di $p_T/|\eta|$
 - frazione f_b proveniente da singolo b , in bin di $p_T/|\eta|$
 - efficienza complessiva di ricostruzione e trigger ϵ in bin di $p_T/|\eta|$
 - luminosità di ATLAS
 - branching ratio totale $\mathcal{B} = B(D^* \rightarrow D^0 \pi) \cdot B(D^0 \rightarrow K \pi)$
(valori dal PDG2010)
 - $\Delta p_T / \Delta|\eta|$: larghezza dei bin
 - fattore 2: $N^{D^* \mu}$ comprende $D^{*+} \mu^-$ e $D^{*-} \mu^+$
- ▶ unfolding (utilizzando predizioni teoriche NLO) per ottenere sezioni d'urto differenziali in $p_T(B)$ e $|\eta(B)|$
 - ▶ correzioni di accettazione e branching ratio $B(b \rightarrow D^* \mu X)$ per ottenere sezioni d'urto differenziali di b -adroni

Selezione del campione $D^*\mu$

Data periods and trigger:

- ▶ Agosto-Ottobre 2010 ($\mathcal{L}=3.4 \text{ pb}^{-1}$)
- ▶ singolo muone con $p_T > 6 \text{ GeV}$

selezione sulle tracce:

- ▶ 5 hit sui rivelatori a silicio (almeno uno sui pixel) per K, π, π_s, μ
- ▶ $p_T > 1 \text{ GeV}$ per K, π ; $p_T > 250 \text{ MeV}$ per π_s
- ▶ $|\eta| < 2.5$ per K, π, π_s

selezione D^* :

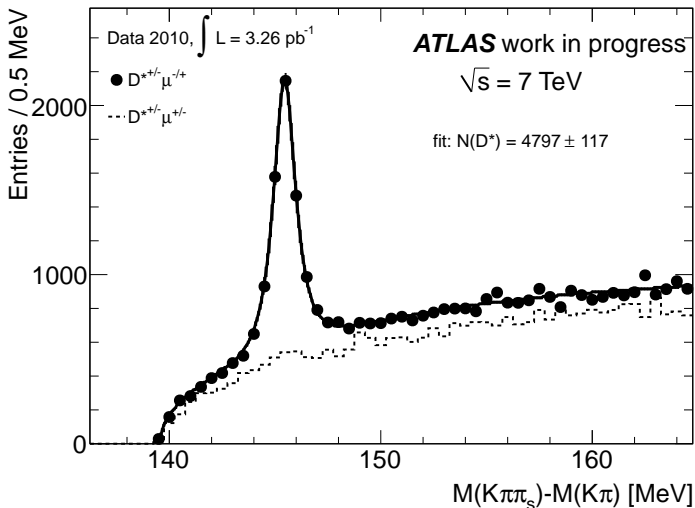
- ▶ $M(K\pi) - M(D_{PDG}^0) < 40 \text{ MeV}$
- ▶ $p_T(D^*) > 4.5 \text{ GeV}, |\eta(D^*)| < 2.1$

selezione $D^*\mu$:

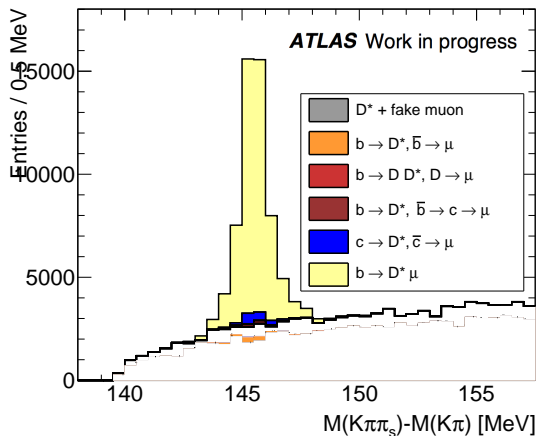
- ▶ muone combinato
- ▶ matching con muoni del trigger
- ▶ $p_T(\mu) > 6 \text{ GeV}, |\eta(\mu)| < 2.4$
- ▶ $2.5 \text{ GeV} < M(D^*\mu) < 5.4 \text{ GeV}$

Campione $D^{*}\mu$ sui dati

$|\eta_{D^*}| < 2.5, |\eta_{\mu}| < 2.4, p_{T_{D^*}} > 4.5 \text{ GeV}, p_{T_{\mu}} > 6 \text{ GeV}$



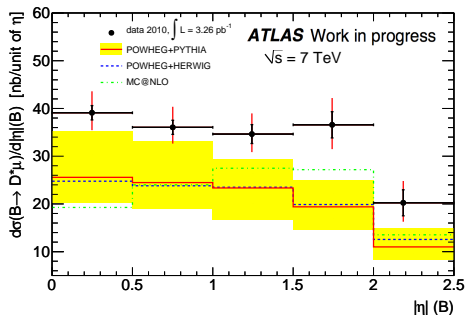
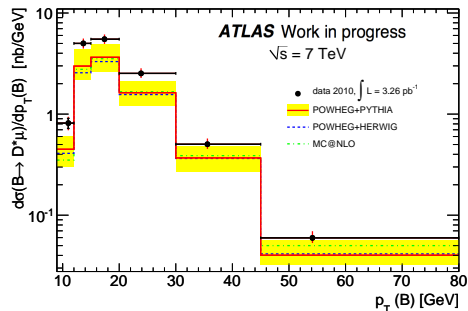
Composizione del campione di $D^*\mu$



- $f(b \rightarrow D^* \mu) \sim 93\%$
- $f(c \rightarrow D^*, c \rightarrow \mu) \sim 4\%$
- $f(b \rightarrow D^* \tau, \tau \rightarrow \mu X) \sim 2\%$
- $f(b \rightarrow D^* D, D \rightarrow \mu) \sim 1\%$

Sezioni d'urto differenziali di $B \rightarrow D^* \mu X$

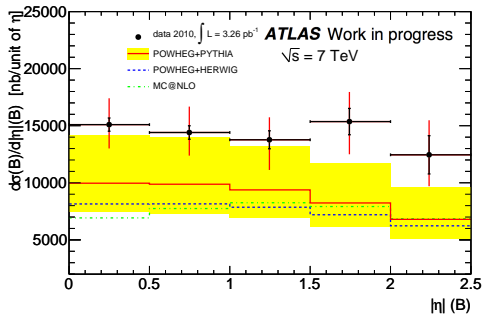
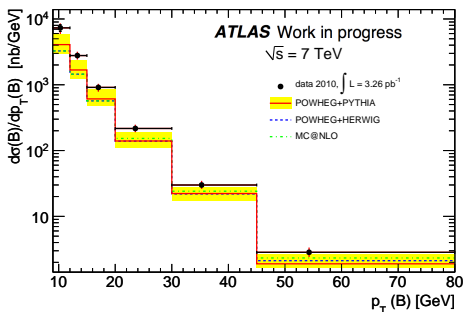
regione cinematica: $|\eta_{D^*}| < 2.5$, $|\eta_\mu| < 2.4$, $p_{T_{D^*}} > 4.5$ GeV, $p_{T_\mu} > 6$ GeV



valore integrato: $\sigma(B \rightarrow D^* \mu X) = 80.2 \pm 2.0|_{stat}^{+8.0}_{-8.6}|_{syst} \pm 1.2|_B \pm 2.7|_{\mathcal{L}}$ nb

Sezioni d'urto differenziali di B

regione cinematica: $|\eta_B| < 2.5, p_{T_B} > 9 \text{ GeV}$

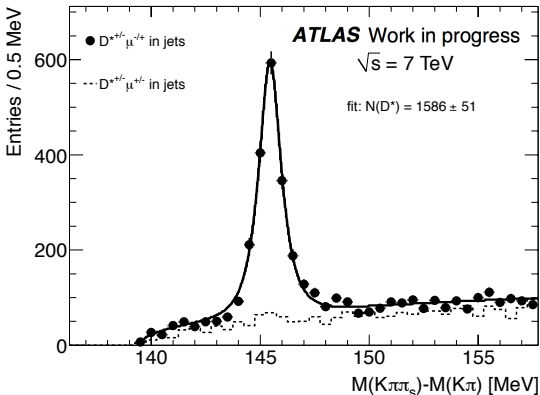


valore integrato: $\sigma(B) = 33.9 \pm 1.0|_{stat}^{+3.4}|_{syst} \pm 2.5|_B \pm 1.2|_{\mathcal{L}} \mu\text{b}$

Misura dell'efficienza di b -tagging con $D^*\mu$ in jet

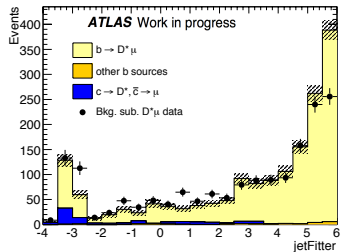
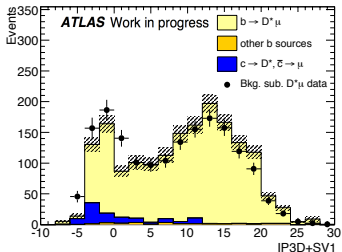
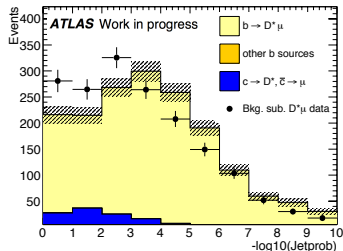
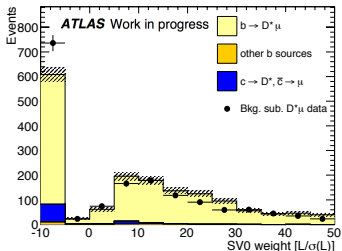
Campione di $D^*\mu$ associato con jet

- ▶ stessi criteri di selezione di base usati per la misura di sezione d'urto
- ▶ candidati $D^*\mu$ associati con un jet con $|\eta| < 2.5$ e $p_T > 20$ GeV
- ▶ $p(D^*\mu)$ proiettato sull'asse del jet nel piano trasverso > 0.6
- ▶ selezione di trigger: singolo muone o associazioni jet-muoni (campione esteso a tutti i dati del 2010)



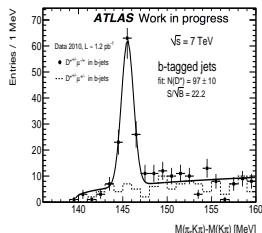
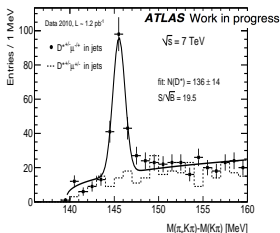
Cross-check dei tagger di vita media

Confronto MC-dati con fondo sottratto (dalle side band di ΔM)



Calcolo dell'efficienza di b -tagging

- ▶ fit del numero di candidati $D^*\mu$ associati a un jet;
- ▶ b -tagging del jet \rightarrow fit del numero di candidati D^* nei jets taggati;

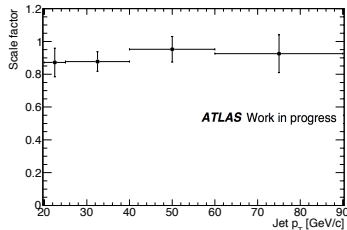
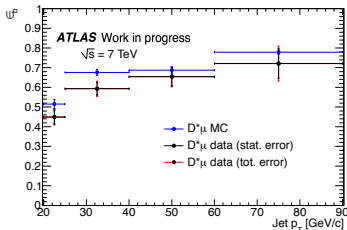


$$\epsilon_{D^*\mu} = \frac{N(D^*\mu)_{b\text{-taggati}}}{N(D^*\mu)}$$

$$\epsilon_{D^*\mu} = \frac{n_b \epsilon_b + n_{cc} \epsilon_{cc} + n_{bb} \epsilon_{bb}}{n_b + n_{cc} + n_{bb}}$$

$$\epsilon_b = \frac{\epsilon_{D^*\mu} \left(1 + \frac{n_{cc}}{n_b} + \frac{n_{bb}}{n_b}\right) - \frac{n_{cc}}{n_b} \epsilon_{cc}}{1 + \frac{n_{bb}}{n_b} \alpha}$$

$$[\epsilon_{bb} = \alpha \epsilon_b]$$



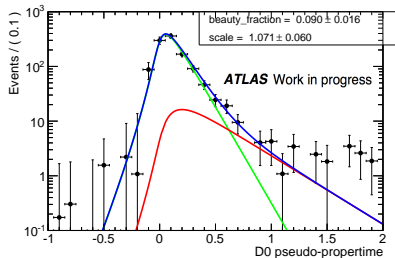
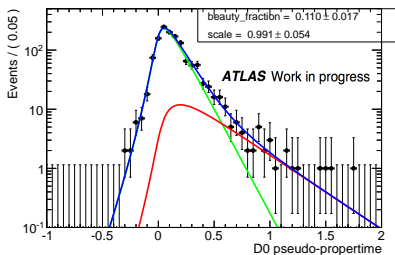
Campione D^* : misura della frazione b/c

Utilità:

- ▶ misura della frazione b/c per riduzione dell'errore sistematico nelle misure effettuate su campioni $D^*\mu$ (sezione d'urto B e efficienza b -tagging)
- ▶ misura del rapporto tra le sezioni d'urto b e c (**inclusivo e in jet**)
- ▶ misura delle efficienze di b e c -tagging (**in jet**)

Idea di base: misurare la composizione b e c del campione usando variabili correlate alla lunghezza di volo del D^* :

- ▶ diverse possibili variabili: parametro d'impatto trasverso del π_{soft} , parametro d'impatto trasverso del D^0 , lunghezza di volo del D^0 , lunghezza di volo del D^* ...
- ▶ per il momento la più promettente pare essere lo **pseudo proper time del D^0**



Campione D^* : misura di ϵ_b e ϵ_c

L'idea di base è quella di selezionare **due campioni** contententi una composizione di **b significativamente differente**. Questo può essere fatto richiedendo un jet b -taggato, lontano dal jet contenente lo stato esclusivo, e separando il campione completo in due sottocampioni in base alla presenza di questo jet b -taggato: campione-1, arricchito in b -jet, e campione-2, impoverito in b -jet.

Una volta selezionati i due campioni, si risolve il seguente sistema:

$$\begin{aligned}n_1^b &= \epsilon_b \cdot b_1 + \epsilon_c \cdot c_1 \\n_2^b &= \epsilon_b \cdot b_2 + \epsilon_c \cdot c_2\end{aligned}$$

dove b_1 , c_1 , b_2 e c_2 sono misurati usando un fit combinato massa/tempo proprio nei due campioni, mentre n_1^b e n_2^b sono il numero di jet b -taggati, stimati da un fit basato solo sulla distribuzione di massa.

La soluzione di questo sistema porta ad una misura pulita di ϵ_c ed ϵ_b , quindi alla **misura del punto di lavoro del b -tagging in termini di efficienza/rieiezione**.

Conclusioni

Stato attuale:

- ▶ presentate le analisi effettuate su campioni di coppie $D^* \mu$ ricostruiti da ATLAS nel 2010:
 - misura della sezione d'urto di produzione di b -adroni
 - misura dell'efficienza degli algoritmi di b -tagging
- ▶ entrambe le analisi sono mature e prossime ad essere rese pubbliche da ATLAS

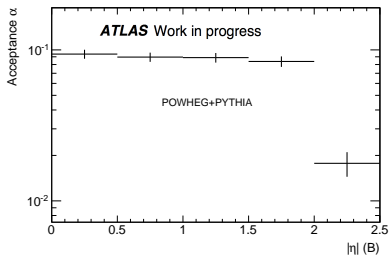
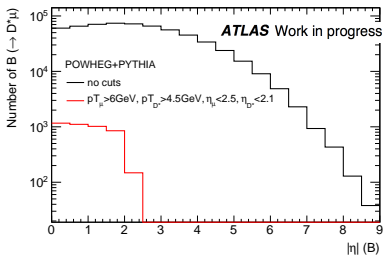
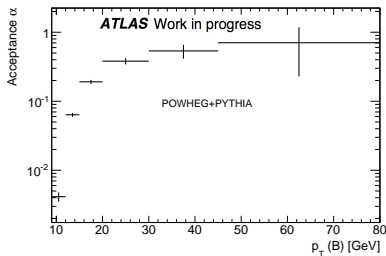
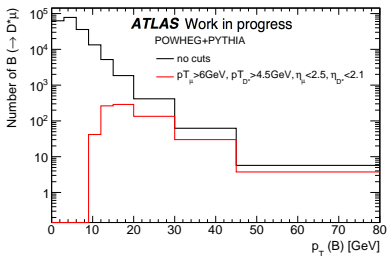
Piani futuri:

- ▶ misura del rapporto b/c su campioni di D^* inclusivi
- ▶ utile per le due analisi descritte in questa presentazione (riduzione incertezza sistematica)
- ▶ descritto un metodo per la misura contemporanea dell'efficienza di b e c -tagging

Slide di back-up

Accettanza

Fattore di accettanza α in funzione di p_T e η : conversione da regione cinematica D^*/μ a B



Incertezze sistematiche della misura $\sigma(B)$

- ▶ cambiata la procedura di fit del segnale ($\sim 1 - 2\%$):
 - variato il range ΔM di fit del segnale
 - diverso modello di parametrizzazione del fondo
- ▶ incertezza sulla frazione di segnale proveniente da singolo b : variato di un fattore 2 il rapporto b/c su MC ($\sim 2\%$)
- ▶ incertezza sul ricostruzione di tracce, muoni e trigger, calcolate da ATLAS indipendentemente da questa analisi ($\sim 8\%$)
- ▶ correzioni che tengano in conto differenze dati/MC degli spettri $p_T/\eta(D^*\mu)$ ($\sim 2\%$)
- ▶ correzioni che tengano in conto differenze dati/MC della risoluzione di massa del D^0 ($\sim 1\%$)
- ▶ incertezza della luminosità integrata del campione analizzato ($\sim 3.4\%$)
- ▶ incertezze dei relativi Branching Ratio ($\sim 7\%$)

Incertezze statistiche e sistematiche di $\sigma(B)$

Incertezze in funzione dei bin in p_T

error \ p_T bin (GeV)	9-12	12-15	15-20	20-30	30-45	45-80
stat	11.5%	5.2%	3.3%	2.8%	3.7%	6.0%
$\sigma(D^* \mu X)$ and $\sigma(B)$ systematics						
$D^* \mu$ fit	+1.1% -1.6%	+0.4% -1.1%	+0.1% -1.5%	+0.1% -1.8%	+0.2% -1.1%	+2.3% -0.3%
f_b	+2.2% -1.3%	+2.1% -0.8%	+1.8% -0.5%	+1.6% -0.5%	+1.5% -0.7%	+1.7% -1.2%
trk+ μ rec	+9.0% -8.1%	+9.0% -8.1%	+8.9% -8.0%	+8.7% -7.9%	+8.6% -7.8%	+8.4% -7.6%
μ 6trig	+2.6% -2.7%	+2.9% -2.9%	+4.5% -3.1%	+7.1% -3.2%	+9.4% -3.1%	+11.7% -3.2%
MC p_T/η reweight	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
D^0 mass correct	1%	1%	1%	1%	1%	1%
lumi	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%
$BR_{D^{*+} \rightarrow D^0 \pi}$	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%
$BR_{D^0 \rightarrow K \pi}$	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%
tot syst $\sigma(b \rightarrow D^* \mu)$	+10.5% -9.7%	+10.5% -9.6%	+10.9% -9.6%	+12.1% -9.7%	+13.5% -9.4%	+15.2% -9.3%
$\sigma(B)$ only systematics						
$BR_{b \rightarrow D^* \mu X}$	7%	7%	7%	7%	7%	7%
acceptance (α)	+0% -10%	+4.6% -1.5%	+0% -6.8%	+0% -1.9%	+2.0% -3.6%	+3.5% -7.9%
tot syst $\sigma(b)$	+12.6% -15.6%	+13.4% -12.0%	+13.0% -13.7%	+14.0% -12.1%	+15.3% -12.3%	+17.1% -14.1%

Incertezze statistiche e sistematiche di $\sigma(B)$

Incertezze in funzione dei bin in η

error \ η bin	0-0.5	0.5-1	1-1.5	1.5-2	2-2.5
stat	3.8%	4.1%	5.7%	7.5%	13.5%
$\sigma(D^* \mu X)$ and $\sigma(B)$ systematics					
$D^* \mu$ fit	+0.0% -1.5%	+0.0% -0.7%	+1.1% -0.6%	+0.8% -0.3%	+6.4% -2.2%
f_b	+1.6% -0.5%	+2.0% -0.5%	+1.5% -0.6%	+1.5% -0.6%	+1.3% -0.9%
trk+ μ rec	+7.0% -6.5%	+7.2% -6.6%	+8.7% -7.8%	+11.2% -10.0%	+15.8% -13.1%
μ 6trig	+6.9% -3.3%	+7.2% -3.3%	+5.3% -2.8%	+4.9% -2.8%	+4.4% -2.7%
MC p_T/η reweight	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
D^0 mass correct	1%	1%	1%	1%	1%
lumi	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%	3.4%
$BR_{D^* \rightarrow D^0 \pi}$	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%
$BR_{D^0 \rightarrow K \pi}$	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%
tot syst $\sigma(b \rightarrow D^* \mu)$	+10.8% -8.5%	+11.2% -8.5%	+11.1% -9.3%	+13.0% -11.2%	+18.1% -14.2%
$\sigma(B)$ only systematics					
$BR_{b \rightarrow D^* \mu X}$	7%	7%	7%	7%	7%
acceptance (α)	+7.3% -7.5%	+7.6% -7.8%	+0.4% -14%	+1.5% -10.3%	+5.8% -7.6%
tot syst $\sigma(b)$	14.8% -13.3%	+15.2% -13.5%	+13.1% -18.2%	+14.8% -16.7%	+20.2% -17.6%

Incertezze sistematiche della misura di b -tagging

Incertezze sistematiche della misura:

- ▶ variato del 50% il rapporto n_{cc}/n_b
- ▶ variato del 100% il valore ϵ_c ottenuto da MC
- ▶ variato del 50% il rapporto $n_{b'}/n_b$ e α (assunto 1)
- ▶ fit simultaneo: libera la σ del picco D^*
- ▶ fit simultaneo: libera la forma del fondo

L'incertezza sistematica complessiva risulta inferiore all'incertezza statistica

	$p_T \in [20,25]$ GeV	$p_T \in [25,40]$ GeV	$p_T \in [40,60]$ GeV	$p_T \in [60,90]$ GeV
$\epsilon_{Data} \pm \sigma(\epsilon_{Data})^{stat}$	0.528 ± 0.04	0.608 ± 0.036	0.618 ± 0.045	0.71 ± 0.062
$\sigma(\epsilon_{Data})^{syst}(n_{cc}/n_{bb})$	+0.011 -0.011	+0.014 -0.013	+0.014 -0.013	+0.016 -0.016
$\sigma(\epsilon_{Data})^{syst}(n_{b'}/n_{bb}, \alpha)$	+0.002 -0.007	+0.003 -0.008	+0.003 -0.008	+0.003 -0.009
$\sigma(\epsilon_{Data})^{syst}(\epsilon_c)$	+0.008 -0.008	+0.008 -0.008	+0.008 -0.008	+0.008 -0.008
$\sigma(\epsilon_{Data})^{syst}(D^* \text{ width})$	-0.006	0.003	-0.002	-0.006
$\sigma(\epsilon_{Data})^{syst}(Bkg.param.)$	-0.003	-0.003	0.001	-0.008
$\sigma(\epsilon_{Data})^{syst}(total)$	+0.014 -0.016	+0.016 -0.017	+0.016 -0.017	+0.018 -0.022
$\epsilon_{MC} \pm \sigma(\epsilon_{MC})^{stat}$	0.532 ± 0.018	0.663 ± 0.016	0.681 ± 0.024	0.774 ± 0.03
Data/MC Scale Factor	0.992 ± 0.083	0.917 ± 0.058	0.909 ± 0.073	0.918 ± 0.087