



Stato e risultati di LHCb

Walter M. Bonivento

INFN Sezione di Cagliari

in rappresentanza della collaborazione LHCb

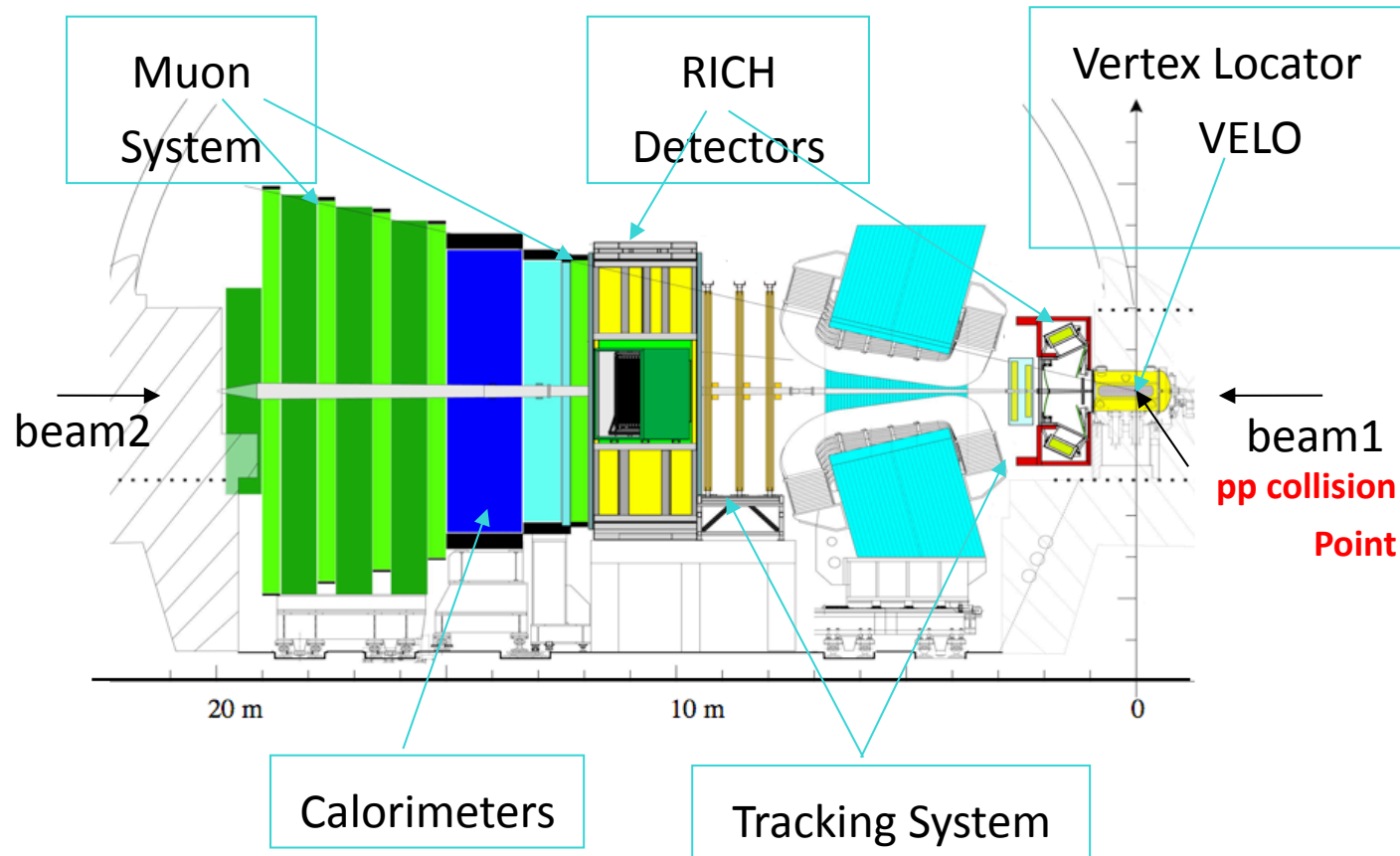
Due eccellenti talks su LHCb a questa conferenza in cui saranno dati maggiori dettagli:

M.Palutan – Decadimenti rari

S.Vecchi – CP, mixing ecc.

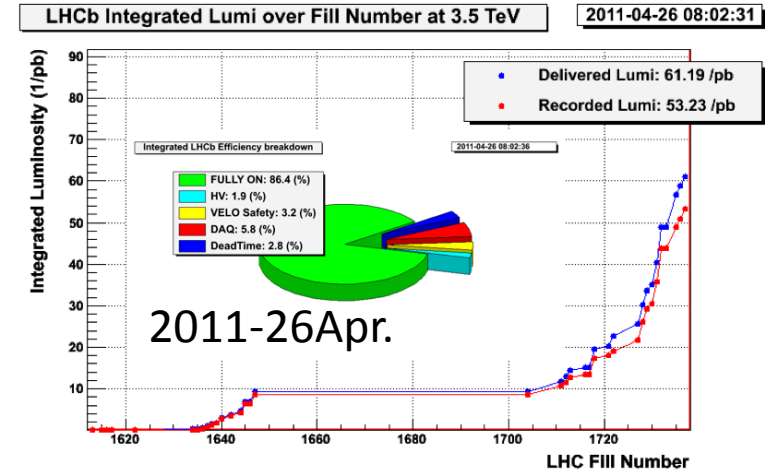
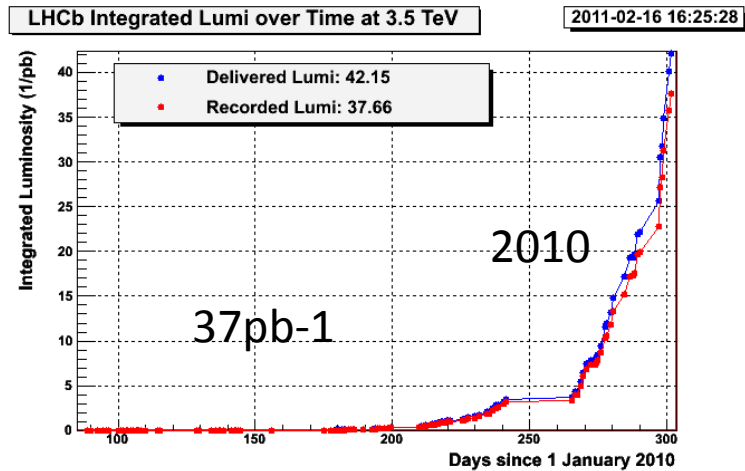
+ dottorandi: M.Frosini – Quarkonia; S.Perazzini – dec. adronici senza charm

Il rivelatore LHCb



- copertura in pseudo-rapidita' 1.9-4.9
- inversione periodica del campo B per ridurre effetto asimmetrie rivelazione

Luminosita' integrata



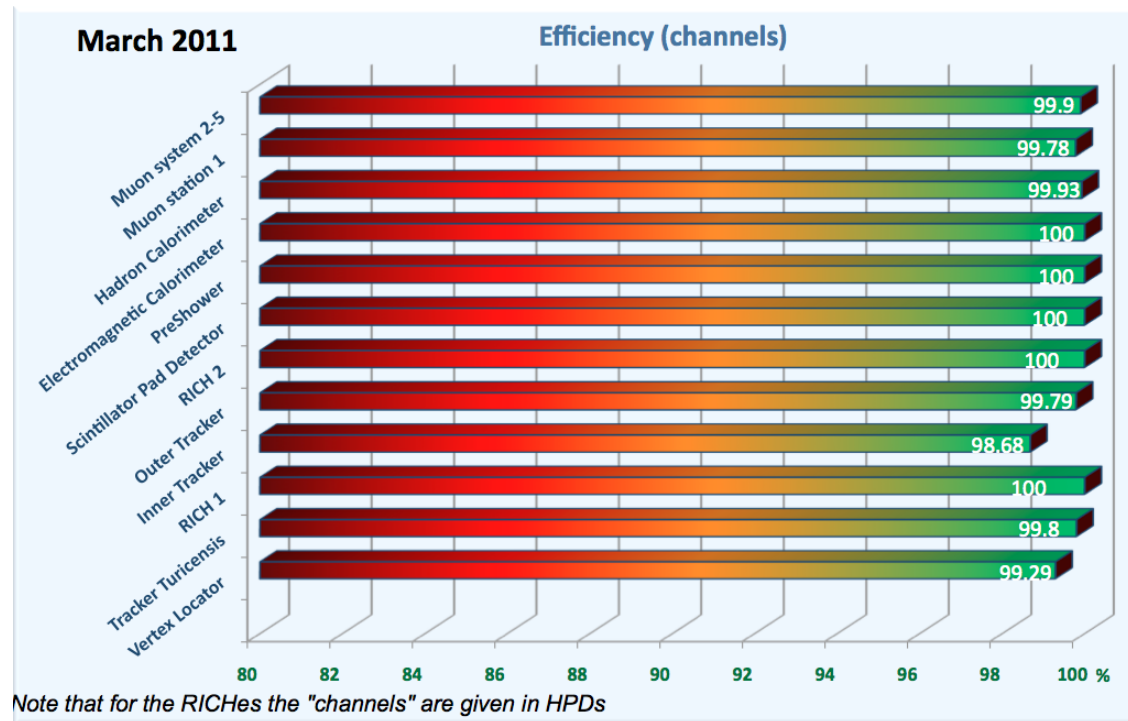
Per il 2011, condizioni di funzionamento di LHCb diverse da GPE's:

- numero di collisioni visibili pp/bunch crossing, $\mu_{\max} \approx 2$ (1.8 nel 2010)
- luminosita' di picco a $L_{\max} \approx 3 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

ottenuto mediante il "livellamento" della luminosita', muovendo i fasci uno rispetto all'altro: in funzione dal 21 Aprile!

Ci aspettiamo $\geq 200 \text{ pb}^{-1}$ per la fine di Giugno e 1 fb^{-1} entro la fine del 2011

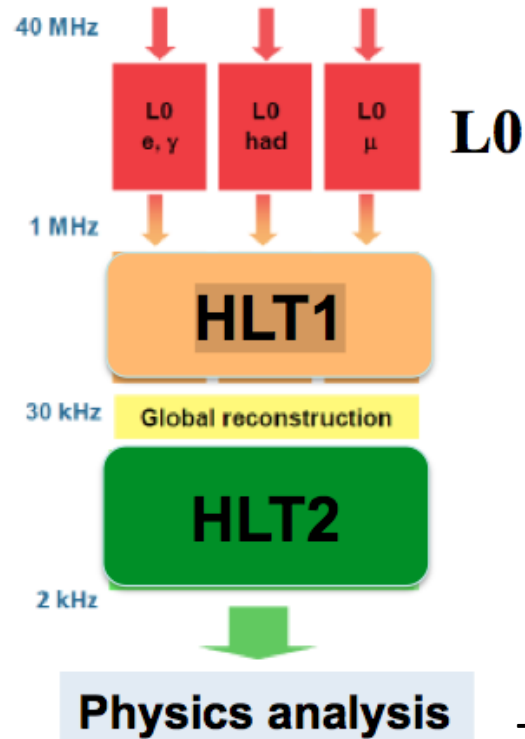
Stato e prestazioni del rivelatore



Il rivelatore LHCb e' pronto per le misure "core" nel 2011!

- Trigger flessibile e efficiente
- Risoluzione sul vertice e sul parametro di impatto
- Tracciamento e identificazione di particelle
- Risoluzione sul tempo proprio
- Flavour Tagging

Trigger



Efficienza di trigger molto vicina alle aspettative

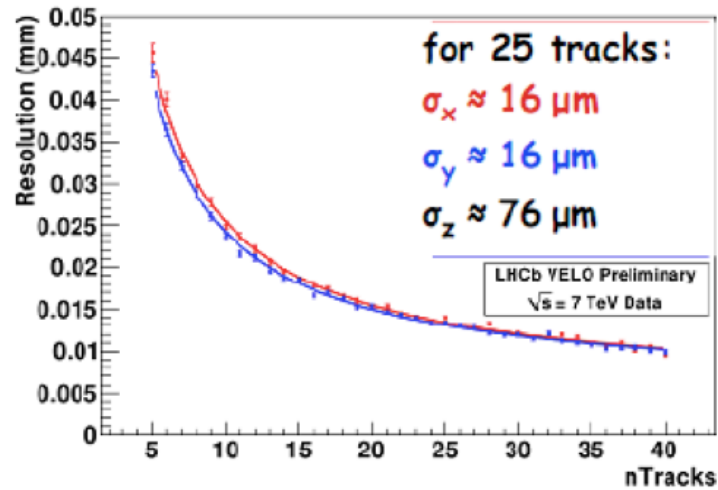
Trigger efficiencies L0xHLT1 determined on data using the tag-and-probe methods:

	Muon trigger (J/ψ)	Hadron trigger (D^0)
Data	$94.9 \pm 0.2\%$	$60 \pm 4\%$
MC	$93.3 \pm 0.2\%$	66%

Trigger completamente operativo e ha dimostrato sul campo di essere in grado di sostenere le condizioni molto impegnative del run 2010

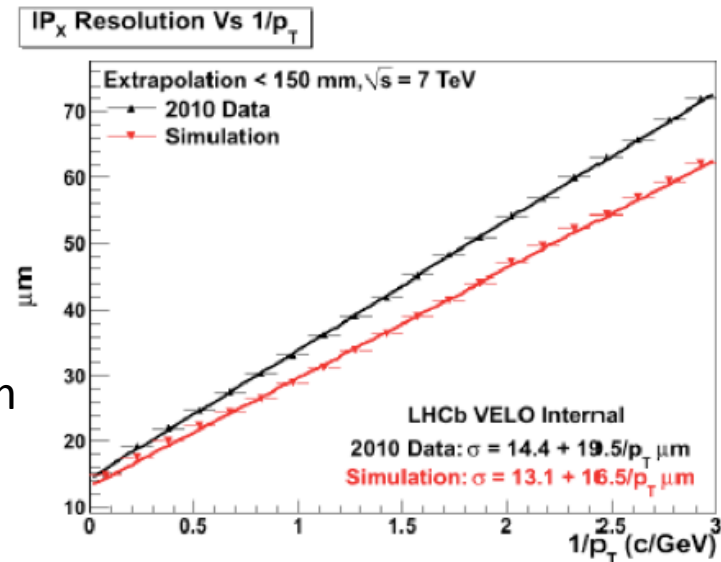
L'estensione del programma di fisica ad includere la fisica del charm richiede un output rate del Hlt2 di 3kHz (rispetto ai 2kHz del computing model)

Risoluzioni sul vertice primario e parametro di impatto



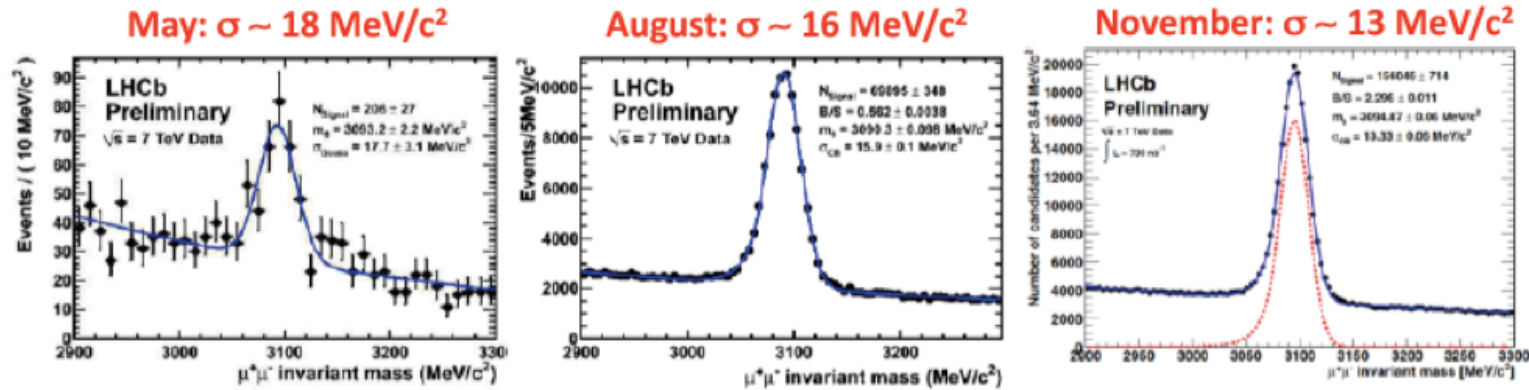
Risoluzione sul vertice primario:
 15(75) μm nel piano trasverso (longitudinale)

Migliore risoluzione sul
 parametro di impatto $\approx 15\mu\text{m}$

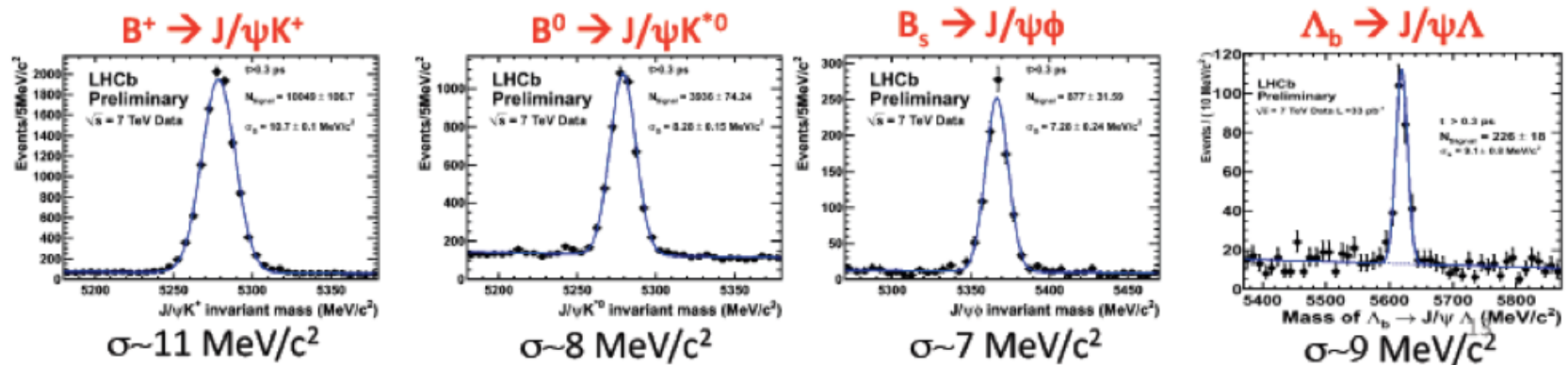


Tracciamento: eccellente risoluzione in massa

Evoluzione della risoluzione in massa sulla $J/\psi \rightarrow \mu\mu$ col tempo (MC $\approx 12 \text{ MeV}$)

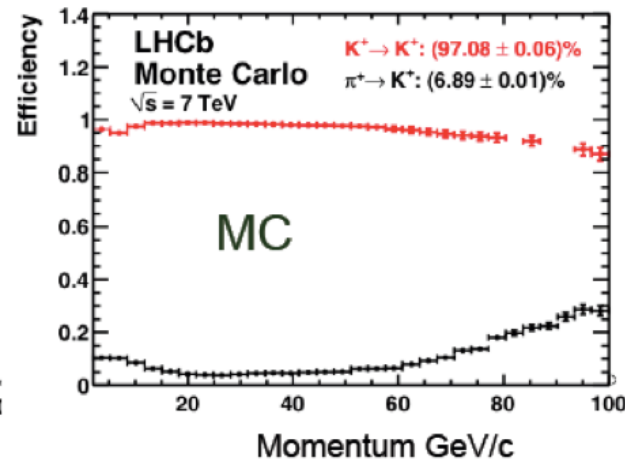
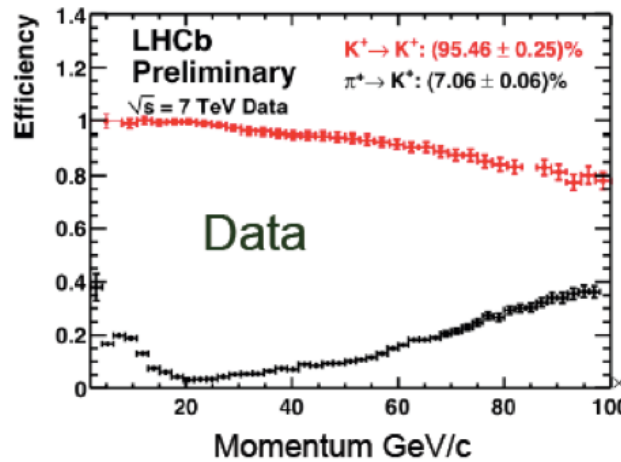


Diverse specie di adroni con beauty in stati finali $J/\psi X$



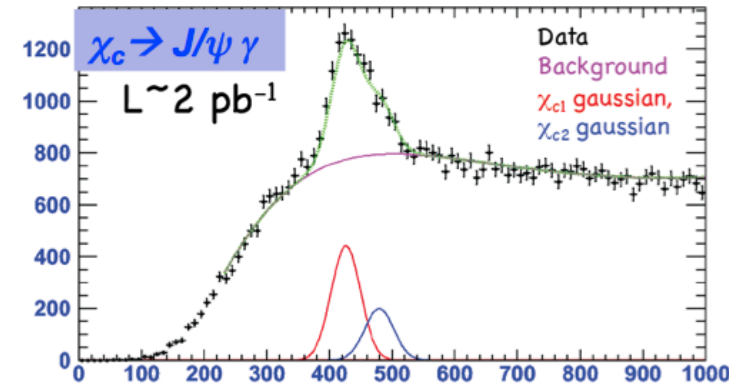
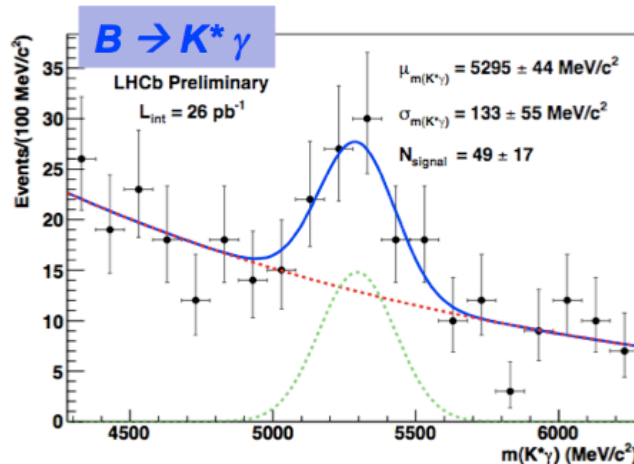
Segnali estremamente puliti!

Identificazione di particelle



RICH

Identificazione di fotoni: importante per la ricostruzione di B,D e per studi spettroscopici



ECAL



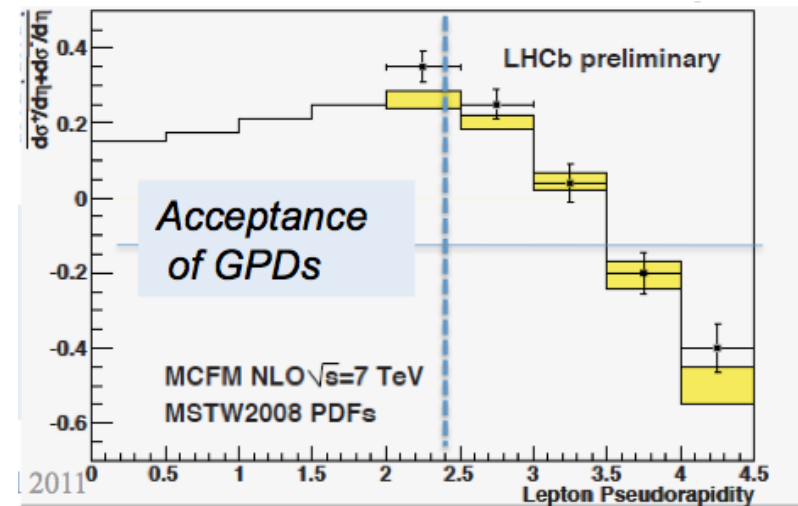
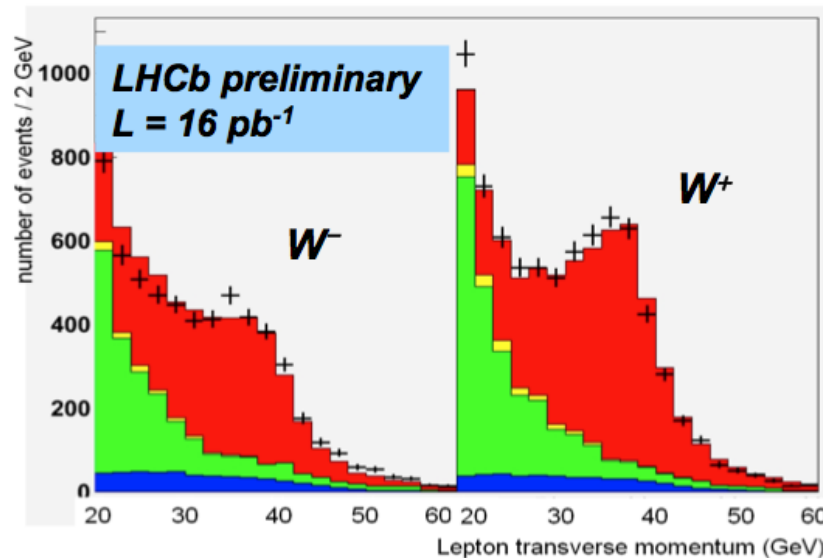
Risultati run 2010: misure di produzione

Produzione di W

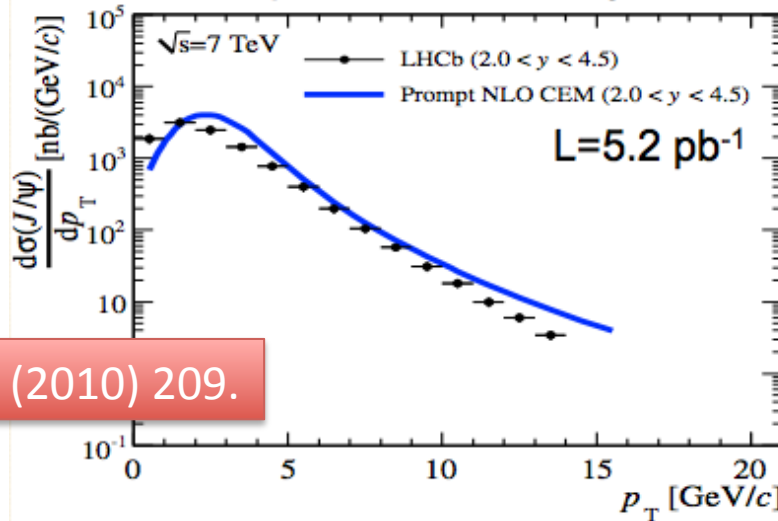
Il confronto delle asimmetrie W^\pm misurate a LHCb con le diverse PDF fornisce vincoli sul contenuto di quark del protone a basso x e alto q^2

Selezione del W: muoni isolati con $p_T > 20 \text{ GeV}$ e piccolo p_T di rinculo

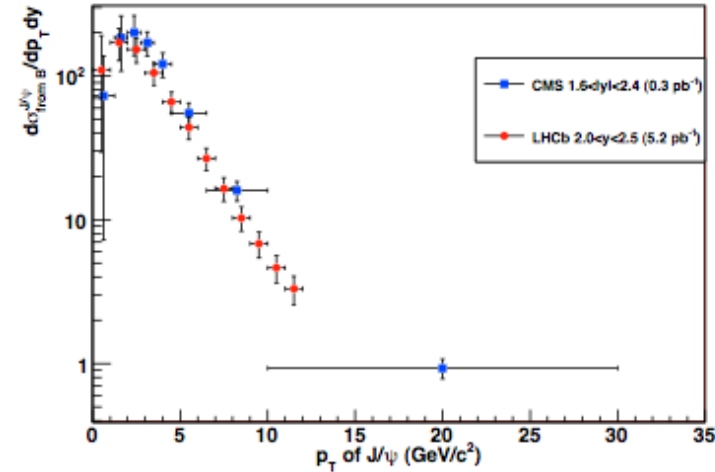
$$\frac{(NW^+ - NW^-)}{(NW^+ + NW^-)}$$



Produzione prompt di J/ψ



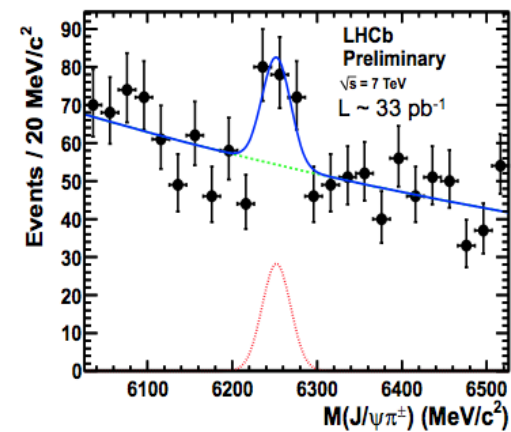
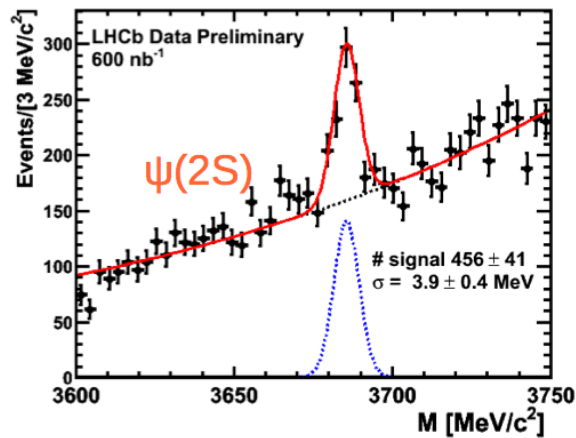
PLB 694 (2010) 209.

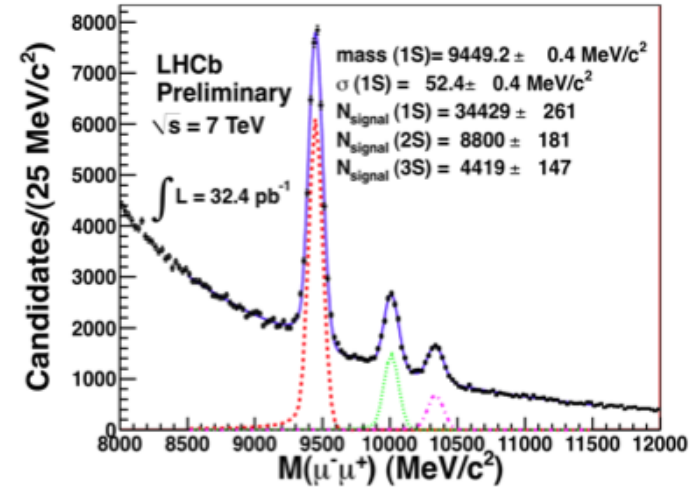
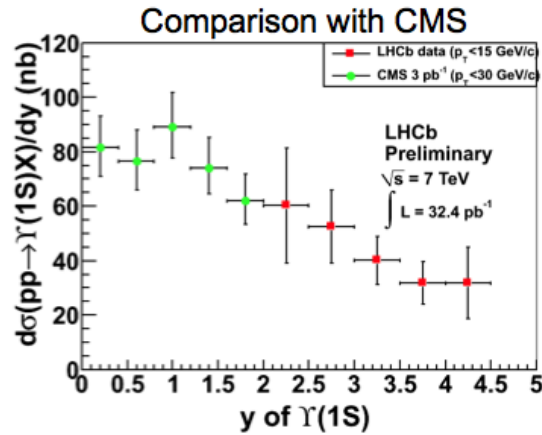


Doppia produzione di J/ψ anche osservata in accordo con le predizioni

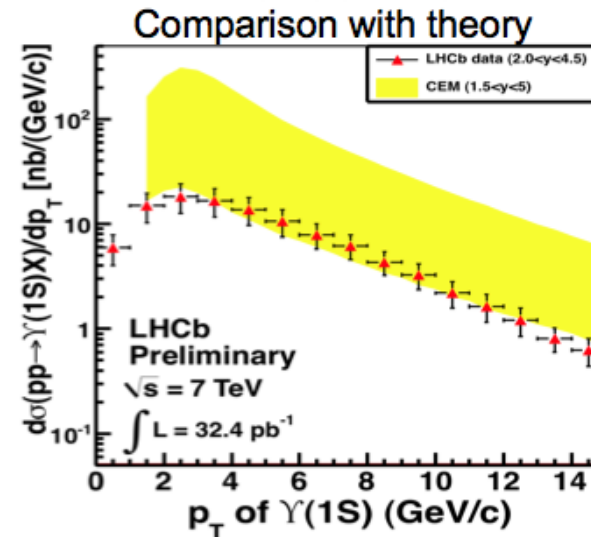
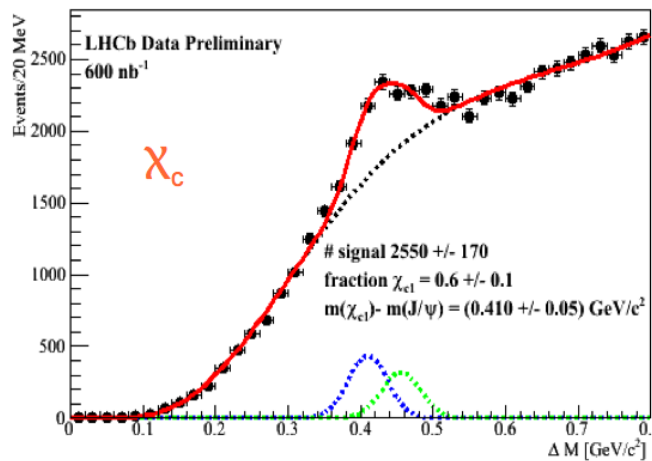
Produzione di Bc

produzione di $\psi(2S)$



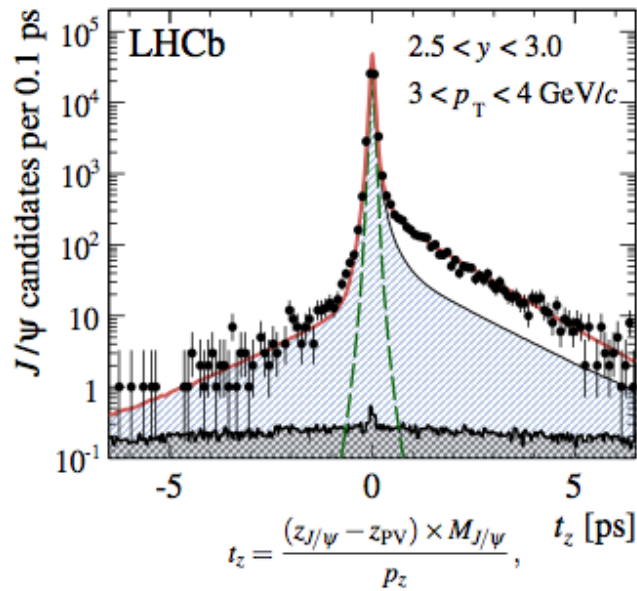


produzione di χ_c



Produzione b-bbar

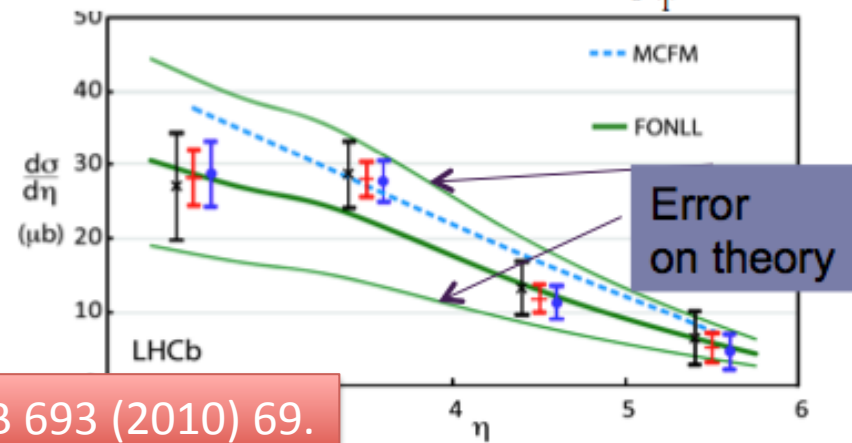
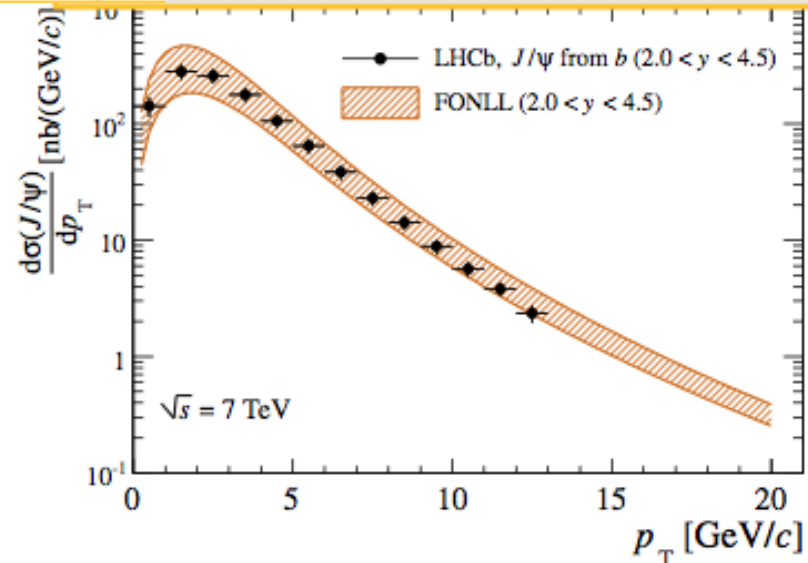
Utilizzando J/ψ prodotte nei decadimenti del B: $\sigma(J/\psi \text{ from } b, 2 < y < 4.5) = 1.14 \pm 0.01 \pm 0.16 \mu\text{b}$,
 che corrisponde a **$\sigma(pp \rightarrow b \text{ bbar } X) = 288 \pm 4 \pm 48 \mu\text{b}$**



In eccellente accordo con le misure di LHCb usando $b \rightarrow D0 \mu \nu X$

$\sigma(pp \rightarrow b \text{ bbar } X) = 284 \pm 20 \pm 49 \mu\text{b}$

PLB 694 (2010) 209.

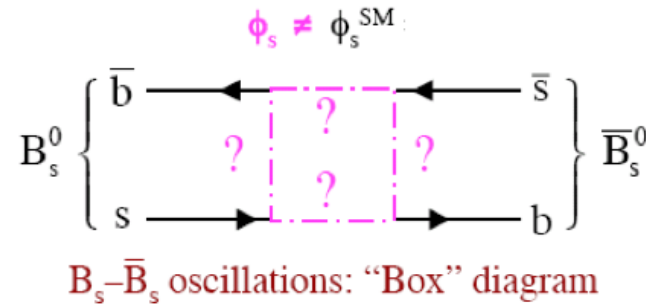
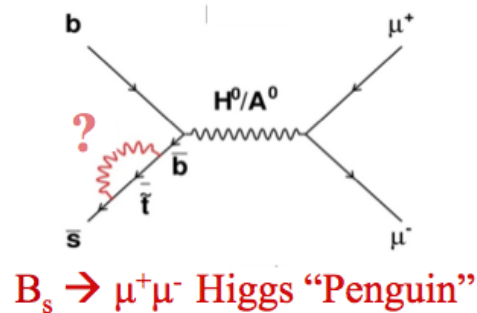


PLB 693 (2010) 69.

Ricerca di Nuova Fisica

Il principale obiettivo di LHCb e' trovare evidenza di Nuova Fisica, attraverso gli effetti indiretti che nuovi gradi di liberta possono indurre sui decadimenti dei B e dei D.

Questa ricerca e' complementare alle ricerche dirette e fornisce informazioni su masse, accoppiamenti, spin e fasi di CP

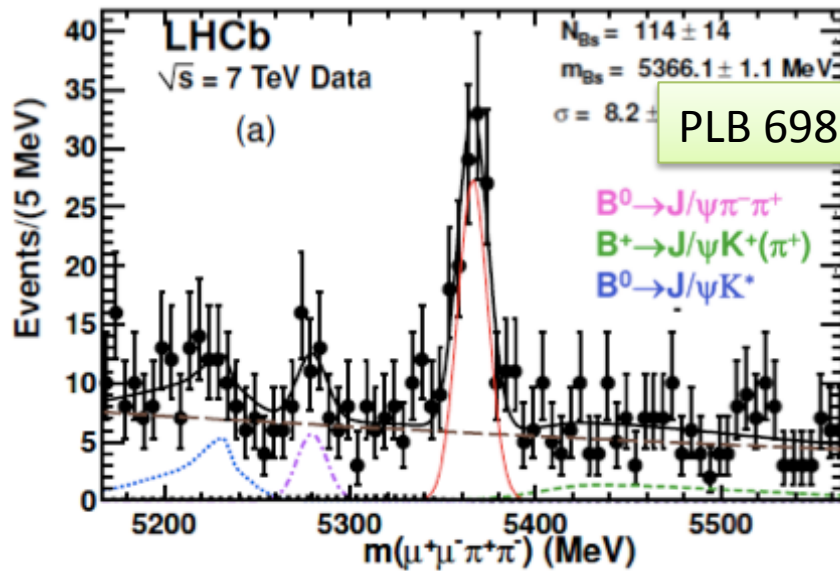


LHCb pertanto utilizza LHC come una macchina "intensity frontier" piuttosto che come "energy frontier"

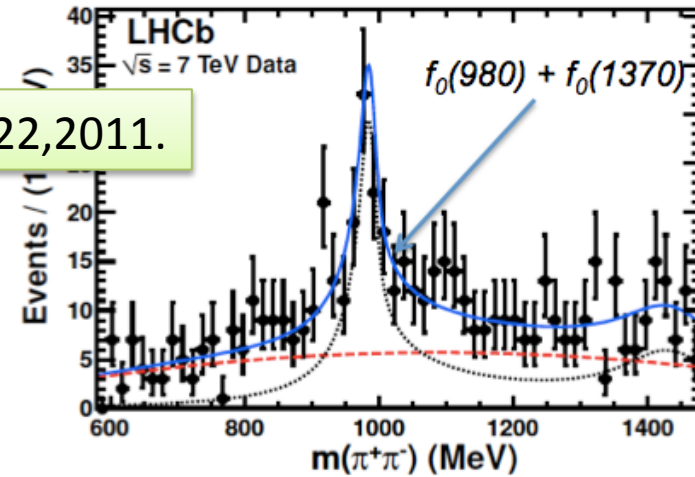
Detto questo, e' ragionevole che LHCb sia competitiva con soli 40pb^{-1} (dati 2010) di luminosita' confrontati con $>6000\text{pb}^{-1}$ di CDF/D0 con una sezione d'urto solo un fattore 3 piu' grande?

La risposta e' si grazie all'accettanza di LHCb, il trigger e la risoluzione sperimentale

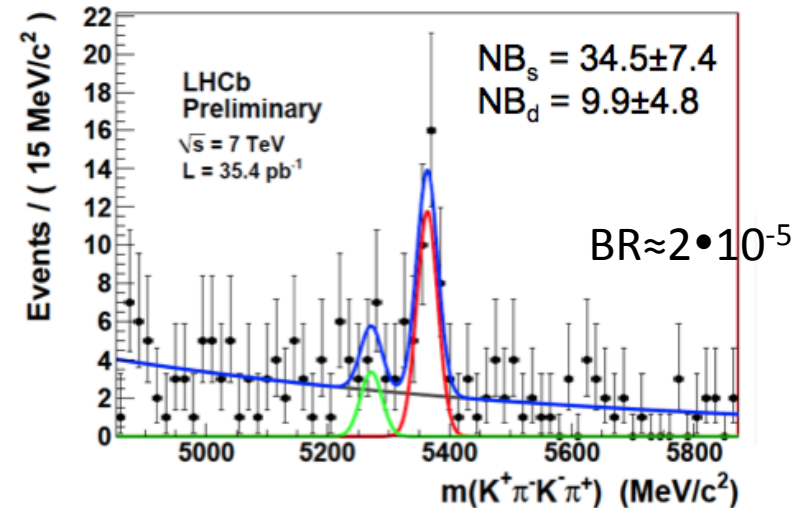
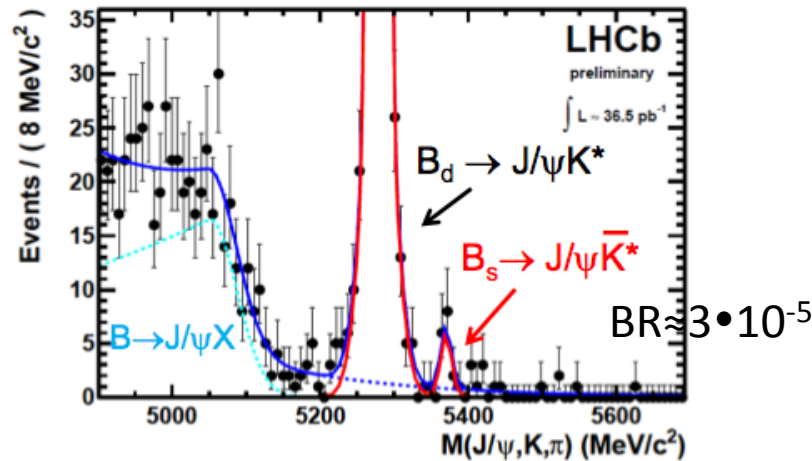
Prime osservazioni di decadimenti di Bs



PLB 698:115-122,2011.



$B_s \rightarrow J/\psi f_0(980) \rightarrow$ promettente per β_s
(BR \approx 1/4 di $J/\psi \phi$ ma autostato di CP!)



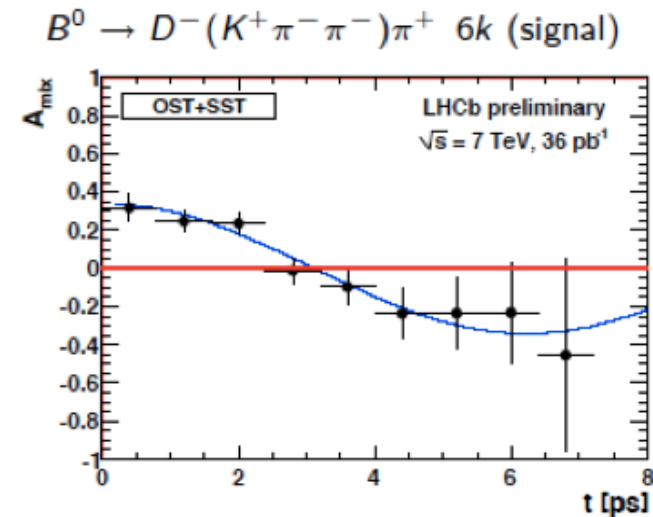
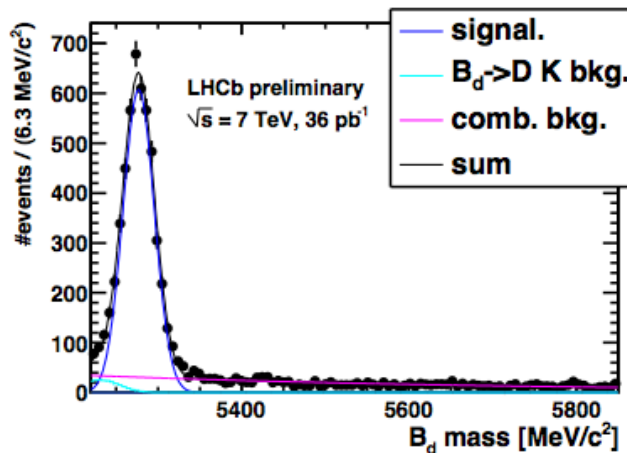
$B_s \rightarrow K^* K^*$ (pinguini nel B_s)

Flavour tagging e frequenza di mixing del B^0 : Δm_d

Studi sul tagger del K “same side” sono in corso. Necessitano di un campione di dati piu grande

Prestazioni misurate sui dati

OS	ϵ_{tag} (%)	ω (%)	ϵ_{eff} (%)
$B^0 \rightarrow D^{*-} \mu^+ \nu_\mu$	18.3 ± 0.2	33.6 ± 0.8	1.97 ± 0.18
$B^+ \rightarrow J/\psi K^+$	15.4 ± 0.3	32.2 ± 1.2	1.97 ± 0.31
$B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$	15.8 ± 0.7	30.0 ± 6.6	2.52 ± 0.82
SS π +OS	ϵ_{tag} (%)	ω (%)	ϵ_{eff} (%)
$B^0 \rightarrow D^{*-} \mu^+ \nu_\mu$	28.9 ± 0.2	34.2 ± 0.8	2.87 ± 0.32
$B^+ \rightarrow J/\psi K^+$	23.0 ± 0.5	33.9 ± 1.1	2.38 ± 0.33
$B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$	26.1 ± 0.9	33.6 ± 5.1	2.82 ± 0.87

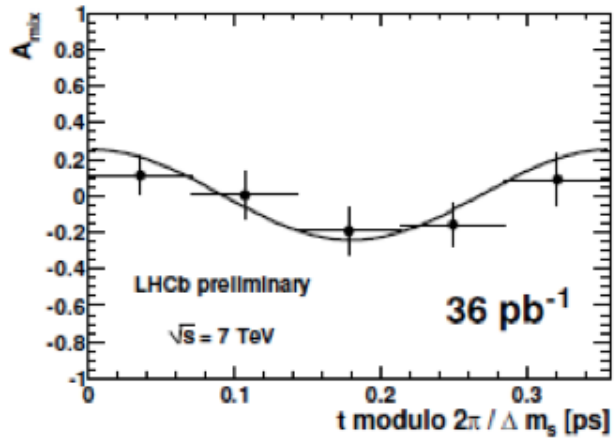


$$\Delta m_d = 0.499 \pm 0.032(\text{stat}) \pm 0.003(\text{sys}) \text{ ps}^{-1}$$

($\Delta m_d = 0.507 \pm 0.005 \text{ ps}^{-1}$ world average, PDG [1])

Frequenza di mixing del B_s : Δm_s

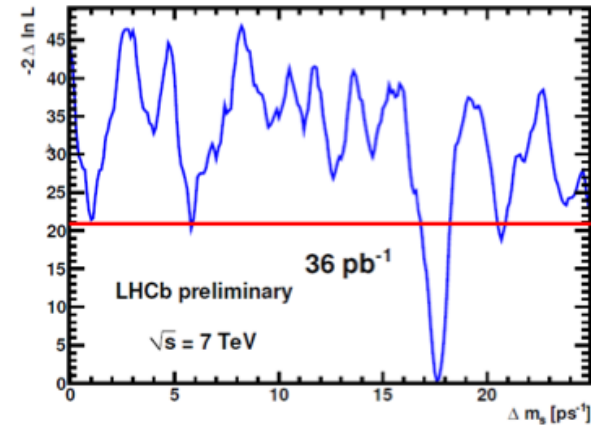
asymmetry modulo $2\pi / \Delta m_s$



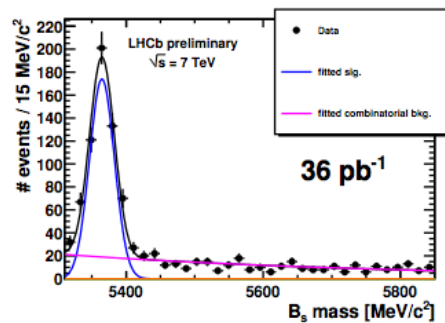
$B_s^0 - \bar{B}_s^0$ oscillations

$$\Delta m_s = {}^a 17.63 \pm 0.11(\text{stat}) \pm 0.04(\text{sys}) \text{ ps}^{-1}$$

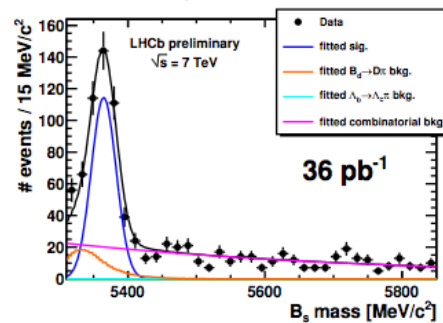
($\Delta m_s = 17.77 \pm 0.10(\text{stat}) \pm 0.07(\text{sys}) \text{ ps}^{-1}$ CDF, 2006)



$B_s \rightarrow D_s^- (\phi \pi^-) \pi^+$: (515 \pm 25 ev.)



$B_s \rightarrow D_s^- (K^* K) \pi^+$: (338 \pm 27 ev.)



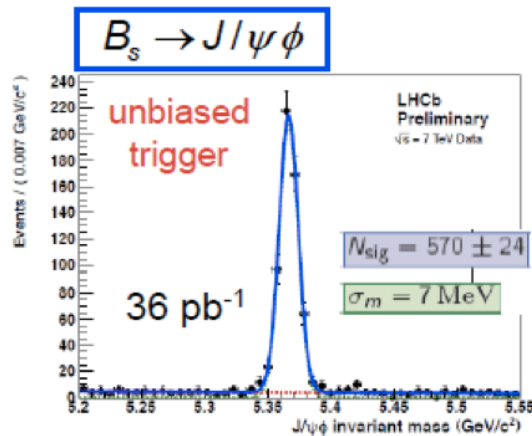
Fase del mixing del Bs

$\phi_s = -2\beta_s$ e' la corrispondente variabile nel Bs di 2β

Contributi dei pinguini $\leq 10^{-3}$

Incertezza teorica molto piccola:

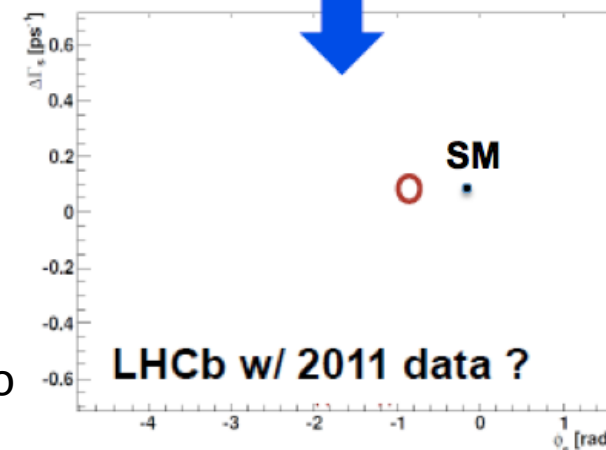
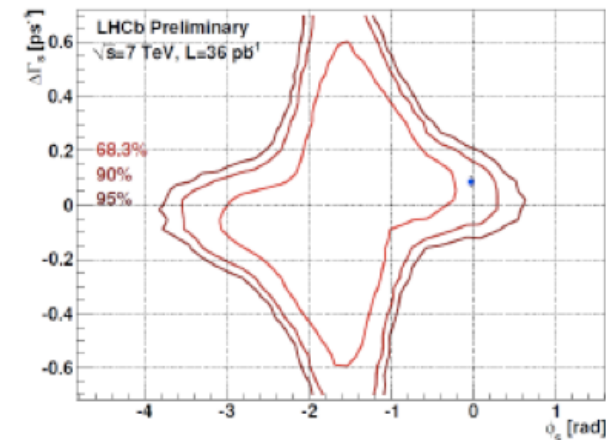
in SM $-2\beta_s = -0.0368 \pm 0.0017$



	LHCb 36 pb ⁻¹	CDF 5.2 fb ⁻¹
$B_s \rightarrow J/\psi \phi$	836	6500
Proper time resolution	50 fs	100 fs
OS tagging power	$2.2 \pm 0.5\%$	$1.2 \pm 0.2\%$
SS tagging power	work ongoing	$3.5 \pm 1.4\%$

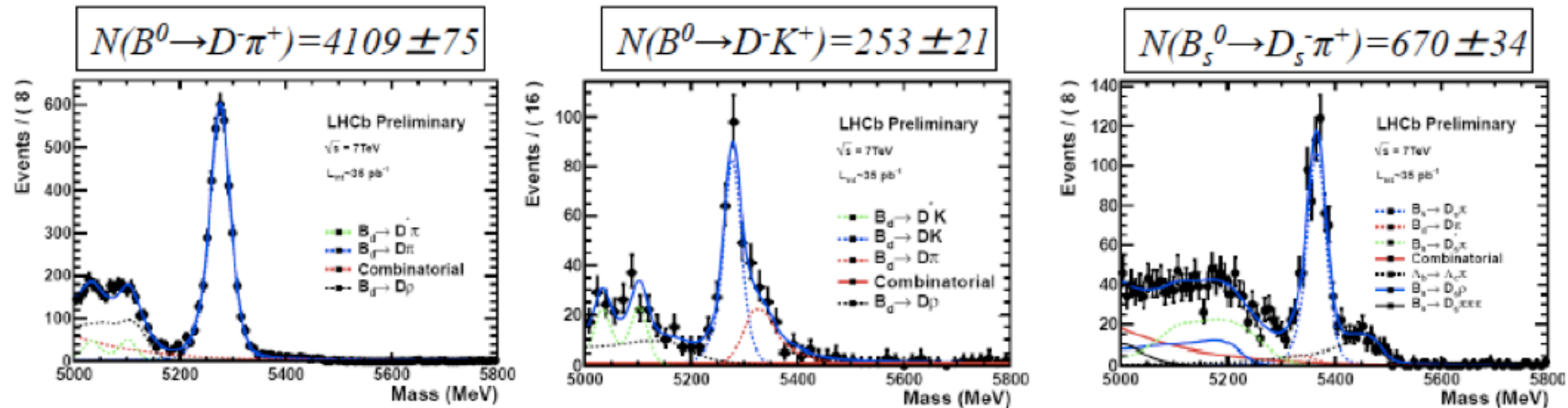
Il tagging "same-side" migliorerà la sensibilità in modo significativo \rightarrow ci si aspetta $\sigma(\phi_s) \approx 0.1$ in 1 fb⁻¹

$\phi_s \in [-2.7, -0.5]$ rad at 68% CL
 $\phi_s \in [-3.5, 0.2]$ rad at 95% CL



Misure del rapporto delle funzioni di frammentazione f_d/f_s

Importanti per la misura di $BR(B_s \rightarrow \mu\mu)$



- fragmentation fractions, f_s/f_d :

- $B^0 \rightarrow D^- K^+$
- $B^0 \rightarrow D^- \pi^+$
- $B^0 \rightarrow D^- h^+$
- $B^0 \rightarrow D^- X \mu^+ \nu$

- $f_s/f_d = 0.242 \pm 0.024 \pm 0.018 \pm 0.016$
 - $f_s/f_d = 0.249 \pm 0.013 \pm 0.020 \pm 0.025$
 - $f_s/f_d = 0.245 \pm 0.017 \pm 0.018 \pm 0.018$
 - $f_s/f_d = 0.260 \pm 0.008 \pm 0.026$
- (stat) (sys) (theo)

Da confrontare con LEP: 0.256 ± 0.026 e il nuovo risultato di CDF (La Thuile): 0.269 ± 0.03

Decadimento super raro nel Modello Standard

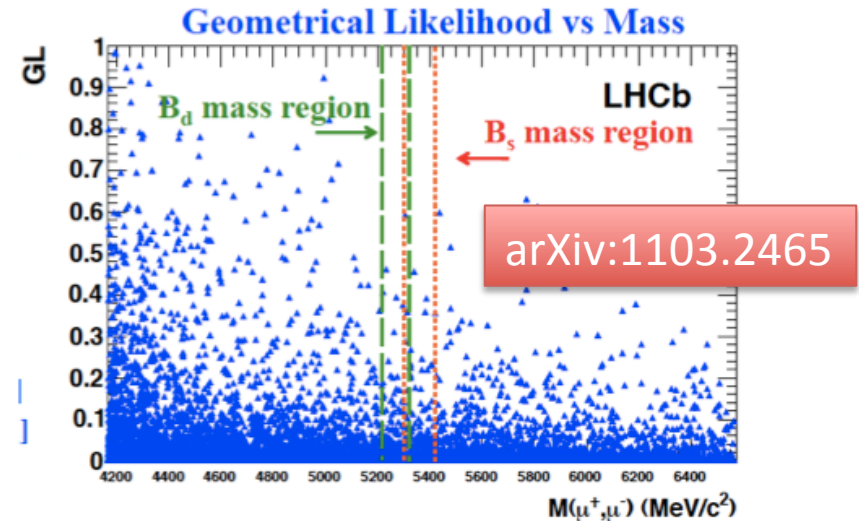
Previsione: $BR(B_s \rightarrow \mu\mu) = (3.2 \pm 0.2) \cdot 10^{-9}$

$BR(B_d \rightarrow \mu\mu) = (1.1 \pm 0.1) \cdot 10^{-10}$

(Buras et al, arXiv:1007.5291)

Sensibile a NP, in particolare nuovi scalari

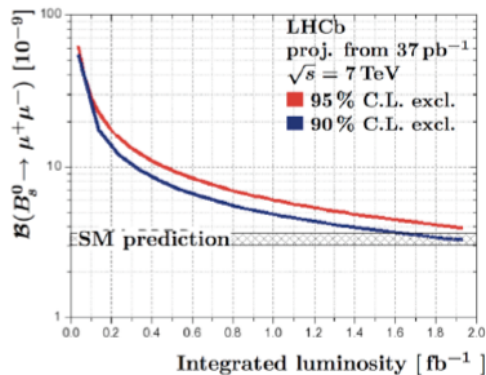
Nel MSSM: $BR \propto \tan^6\beta / M^4 A$



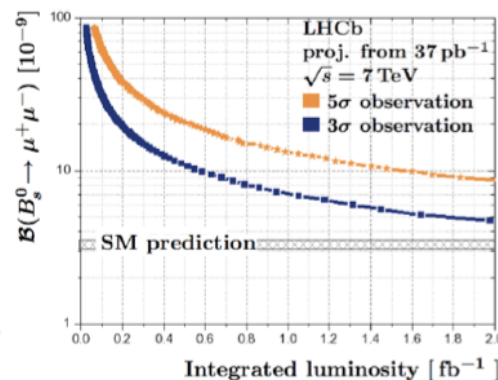
Il limite di LHCb e' basato su 0 eventi osservati nel bin piu' sensibile

Prospettive per il run 2011/2012

Esclusione



Osservazione

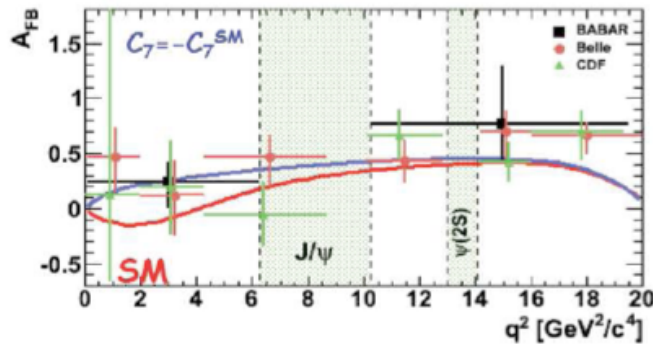


		@ 90% CL	@ 95% CL
LHCb	Today, $37 pb^{-1}$	$< 43 \times 10^{-9}$	$< 56 \times 10^{-9}$
D0	World best, $6.1 fb^{-1}$ PLB 693 539 (2010)	$< 42 \times 10^{-9}$	$< 51 \times 10^{-9}$
CDF	Preliminary, $3.7 fb^{-1}$ Note 9892	$< 36 \times 10^{-9}$	$< 43 \times 10^{-9}$

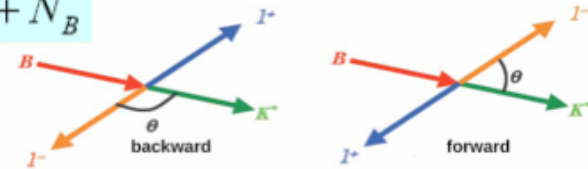
Struttura di elicità nelle ampiezze di decadimento in $B_d \rightarrow K^* \mu \mu$

Asimmetria avanti-indietro A_{FB} osservabile estremamente sensibile per testare SM vs. NP

Forward-backward asymmetry

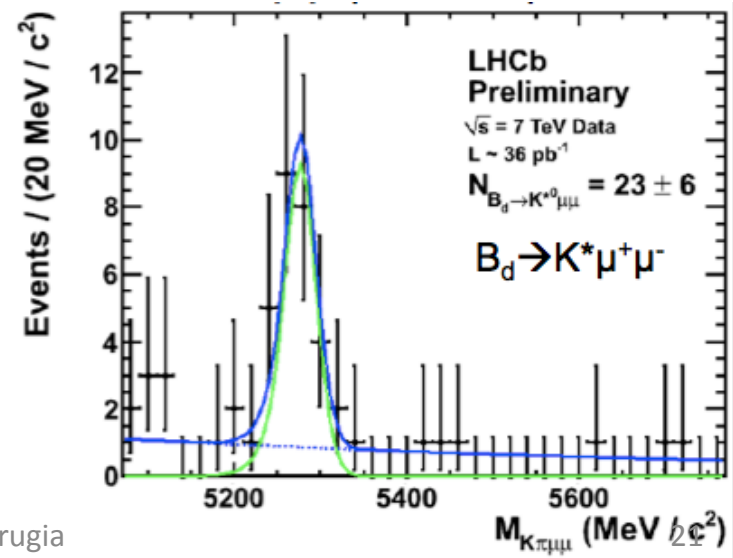
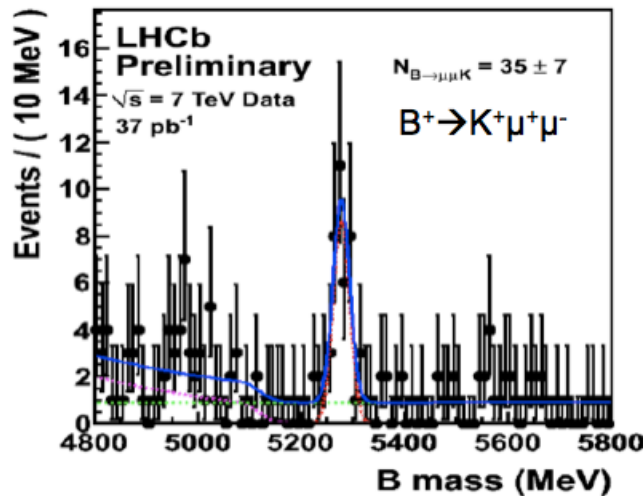


$$A_{FB}(s = m_{\mu^+\mu^-}^2) = \frac{N_F - N_B}{N_F + N_B}$$



Un risultato intrigante, anche se non statisticamente significativo, sta emergendo dagli altri esperimenti, una leggera preferenza per un contributo non standard a C_7

osservazioni!

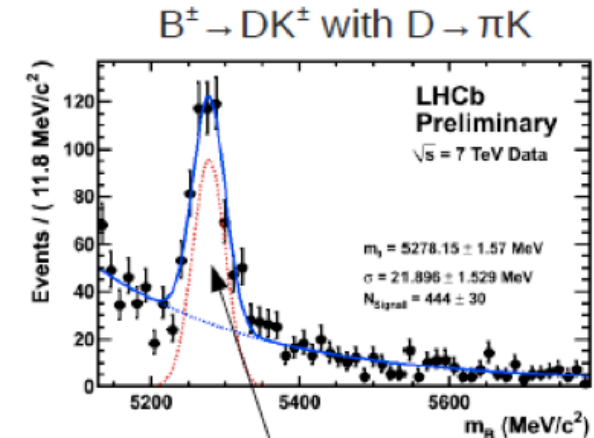


Verso la misura di γ : ricostruzione dei decadimenti adronici dei B

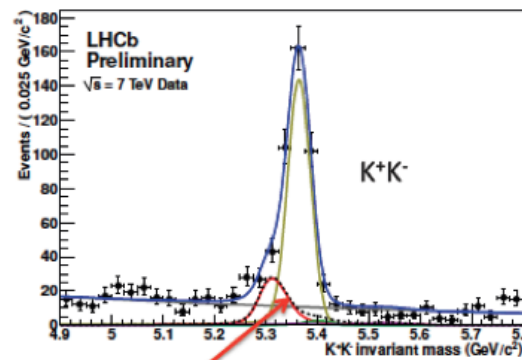
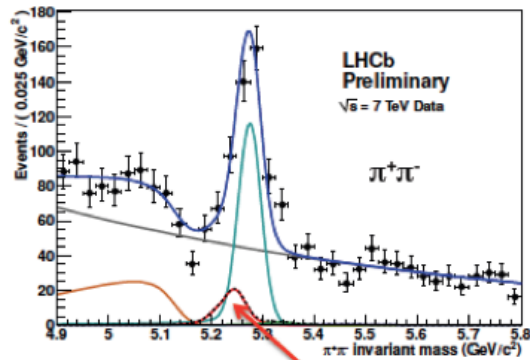
L'angolo conosciuto con minore precisione di U.T. (20°)
Determinazione di γ dai decadimenti a livello albero:

1. ADS-GLW con misure non dipendenti dal tempo
2. con misure di CPV dipendenti dal tempo come $B_s \rightarrow D_s K$ (solo possibile ai collider adronici), sotto studio

Sensibilità combinata per γ nel run 2011/12e' circa 5°



LHCb yield: $444 \pm 30 / 34 \text{ pb}^{-1}$
CDF yield: $516 \pm 37 / \text{fb}^{-1}$



• LHCb yields: $275 \pm 24 B_d \rightarrow \pi^+ \pi^-$ & $333 \pm 21 B_s \rightarrow K^+ K^-$ in 37 pb^{-1}
c.f. CDF in 1 fb^{-1} $1121 \pm 63 B_d \rightarrow \pi^+ \pi^-$ and $1307 \pm 64 B_s \rightarrow K^+ K^-$

Anche misure in
decadimenti mediati da
loop: CPV dipendenti dal
tempo sensibili a nuova
fisica

Violazione di CP diretta

LHCb preliminary:

$$A_{CP}(B^0 \rightarrow K^+ \pi^-) = -0.074 \pm 0.033 \pm 0.008$$

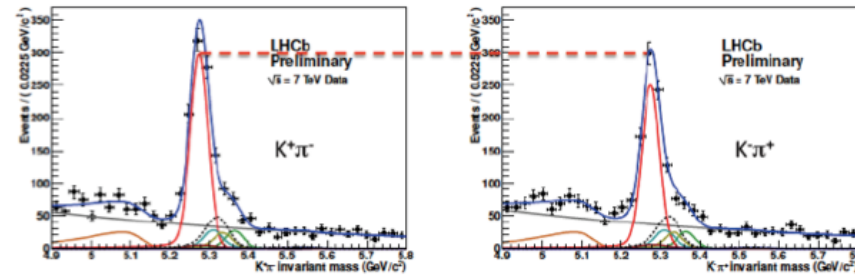
$$A_{CP}(B_s^0 \rightarrow \pi^+ K^-) = 0.15 \pm 0.19 \pm 0.02$$

competitiva con la migliore misura mondiale di CDF:

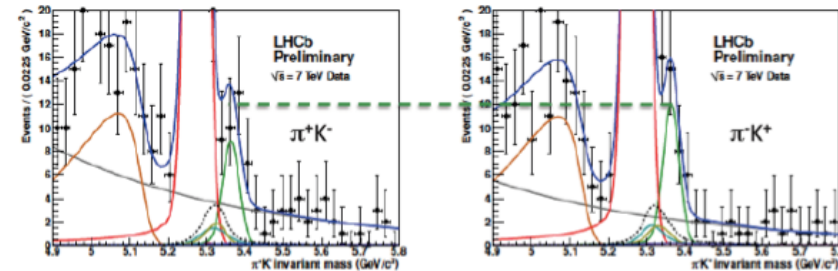
$$A_{CP}(B_s \rightarrow \pi^+ K^-) = 0.39 \pm 0.15 \pm 0.08$$

Eccellenti prospettive per l'osservazione di A_{CP} in decadimenti della Λ_b con 1 fb^{-1}

Raw CP asymmetry in $B^0 \rightarrow K\pi$ decays: -0.086 ± 0.033

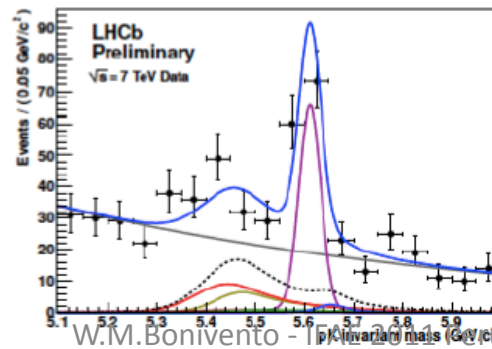


Raw CP asymmetry in $B_s \rightarrow \pi K$ decays: 0.15 ± 0.19

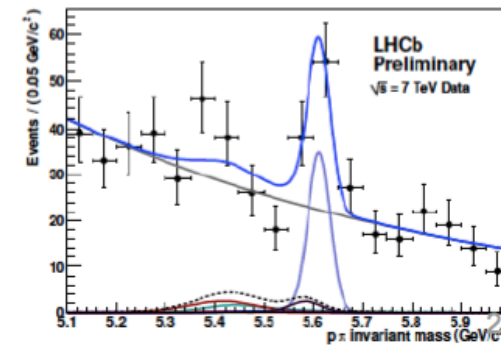


Eventi in 37 pb^{-1}

$\Lambda_b \rightarrow pK$ yield: 76 ± 12 events

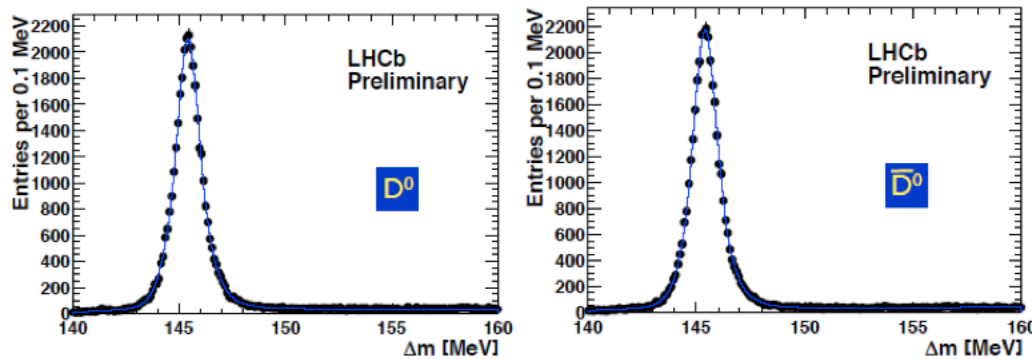


$\Lambda_b \rightarrow p\pi$ yield: 41 ± 10 events



Violazione di CP nel charm: misure dipendenti dal tempo

Eccellenti prospettive per studi CPV: ci si aspettano alcuni milioni di $D^0 \rightarrow KK$ taggati con $1\text{fb}^{-1} \rightarrow$ molto sensibili a CPV nel D-mixing!

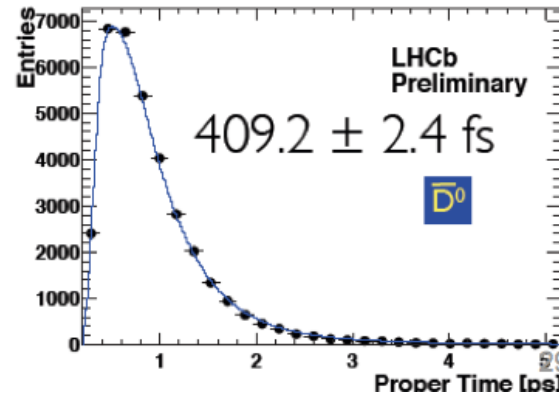
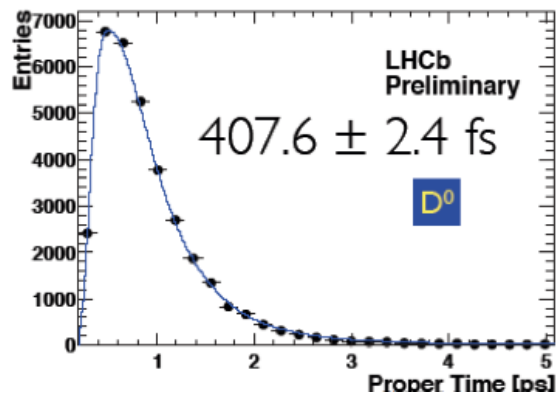


Campioni di eventi con basso mistag già di simile entità statistica di quelli delle B factories

Misura di A_F in corso, molto avanzata!

$$A_{CP}(f) = \frac{\Gamma(D^0 \rightarrow f) - \Gamma(\bar{D}^0 \rightarrow \bar{f})}{\Gamma(D^0 \rightarrow f) + \Gamma(\bar{D}^0 \rightarrow \bar{f})}$$

Canale di controllo: pseudo- A_F in $D^0 \rightarrow K\pi$



$$\text{pseudo-}A_F = (-2 \pm 4) \cdot 10^{-3}$$

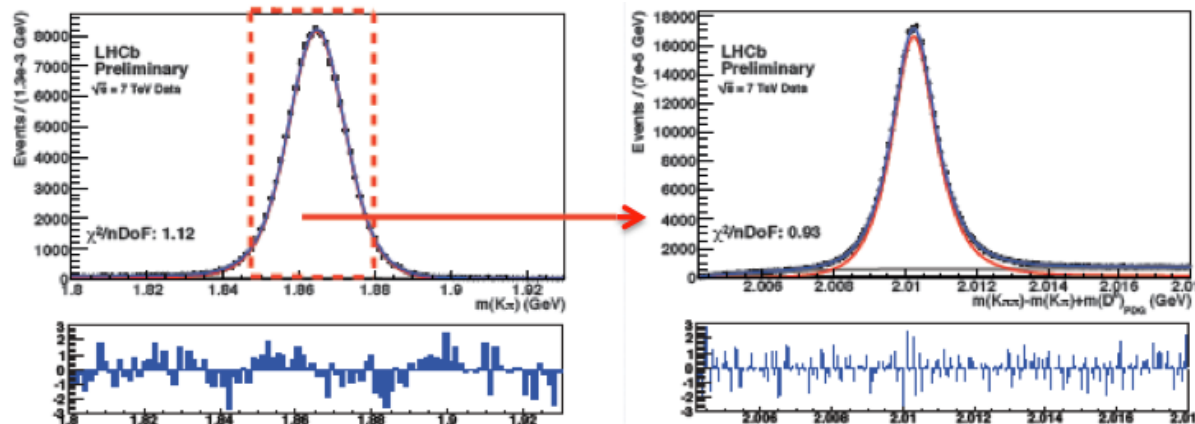
Violazione di CP nel charm: misure integrate nel tempo

$$A_{CP}(KK) - A_{CP}(\pi\pi) = A_{CP}^{RAW}(KK)^* - A_{CP}^{RAW}(\pi\pi)^* \quad (\text{misura estremamente pulita})$$

$$A_{CP}^{RAW}(f)^* = \frac{N(D^{*+} \rightarrow D^0(f)\pi^+) - N(D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0(\bar{f})\pi^-)}{N(D^{*+} \rightarrow D^0(f)\pi^+) + N(D^{*-} \rightarrow \bar{D}^0(\bar{f})\pi^-)}$$

Ci si attende che nella differenza la CPV indotta dal mixing si cancelli, così come molte incertezze sistematiche (e.g. asimmetrie di produzione e tracciamento)

Ma la sensibilità ai pinguini e' mantenuta (in generale ci si aspetta l'effetto sia diverso per diverse fasi forti)



ci si aspetta una sensibilità migliore di un fattore 5 con i dati 2011

$$A_{CP}(KK) - A_{CP}(\pi\pi) = -0.275 \pm 0.701 \pm 0.250\%$$

Preparazione all'upgrade

- Obiettivo dell'upgrade
 - raccogliere 50fb-1
- Richiede:
 - run a $L \approx 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - lettura del rivelatore a 40MHz per avere un trigger completamente software
 - sostituzione del front-end di alcuni rivelatori e di rivelatori a Si e foto-rivelatori del RICH2
- Programma di fisica:
 - fisica del flavour (programma “core”)
 - molte misure comuni con SuperB
 - uniche a LHCb:
 - misure CPV dipendenti dal tempo del Bs (es. misura di ϕ_s)
 - misure di $BR(B_s \rightarrow \mu\mu), BR(B_d \rightarrow \mu\mu)$
 - fisica elettro-debole
 - ricerche di particelle esotiche
- Obiettivo installazione 2018

Sensibilita' dell'upgrade ad alcune osservabili chiave

Type	Observable	Current precision	LHCb (5 fb ⁻¹)	Upgrade (50 fb ⁻¹)	Theory uncertainty
Gluonic penguin	$S(B_s \rightarrow \phi\phi)$	-	0.08	0.02	0.02
	$S(B_s \rightarrow K^{*0}K^{*0})$	-	0.07	0.02	< 0.02
	$S(B^0 \rightarrow \phi K_S^0)$	0.17	0.15	0.03	0.02
B_s mixing	$2\beta_s (B_s \rightarrow J/\psi\phi)$	0.35	0.019	0.006	~ 0.003
Right-handed currents	$S(B_s \rightarrow \phi\gamma)$	-	0.07	0.02	< 0.01
	$\mathcal{A}^{\Delta\Gamma_s}(B_s \rightarrow \phi\gamma)$	-	0.14	0.03	0.02
E/W penguin	$A_T^{(2)}(B^0 \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-)$	-	0.14	0.04	0.05
	$s_0 A_{\text{FB}}(B^0 \rightarrow K^{*0}\mu^+\mu^-)$	-	4%	1%	7%
Higgs penguin	$\mathcal{B}(B_s \rightarrow \mu^+\mu^-)$	-	30%	8%	< 10%
	$\frac{\mathcal{B}(B^0 \rightarrow \mu^+\mu^-)}{\mathcal{B}(B_s \rightarrow \mu^+\mu^-)}$	-	-	~ 35%	~ 5%
Unitarity triangle angles	$\gamma (B \rightarrow D^{(*)}K^{(*)})$	~ 20°	~ 4°	0.9°	negligible
	$\gamma (B_s \rightarrow D_s K)$	-	~ 7°	1.5°	negligible
	$\beta (B^0 \rightarrow J/\psi K^0)$	1°	0.5°	0.2°	negligible
Charm CPV	A_Γ	2.5×10^{-3}	2×10^{-4}	4×10^{-5}	-
	$A_{CP}^{\text{dir}}(KK) - A_{CP}^{\text{dir}}(\pi\pi)$	4.3×10^{-3}	4×10^{-4}	8×10^{-5}	-

Conclusioni

- LHCb ha dimostrato di funzionare in modo eccellente:
 - La strada per la Fisica del b e c in collisioni adroniche e' stata aperta da CDF
 - l'idea dello spettrometro in avanti per studiare la fisica del b,c e' stato dimostrato da LHCb con i dati
 - risonanze con b e c sono state ricostruite (cosi come Z e W); le sezioni d'urto sono state misurate (in accordo con MS)
 - Le prime misure del programma di Fisica "core" hanno già raggiunto la sensibilità del Tevatron
- Il campione di dati di LHCb entro la fine del 2011 dovrebbe aumentare di un fattore 25-30.
- Sensibilità a fisica oltre il Modello Standard e' garantita per molte misure tra cui:
 - $B_s \rightarrow \mu\mu$
 - ϕ s in $B_s \rightarrow J/\psi\phi$
 - A_{FB} in $B_d \rightarrow K^*\mu\mu$
- Se la vostra analisi di decadimenti di B o D ad un collisore adronico a caso e' limitata dalla statistica: venite a LHCb!!!