

# Flavour Mixing

Misura della frequenza di  
oscillazione del  $B_s$  a CDF

Studente: Valerio Rossetti

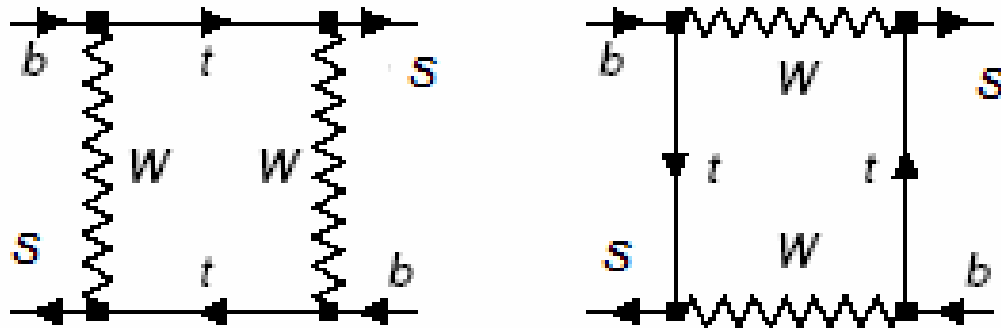
Tutor: Stefano Giagu

# Sommario

- Introduzione fenomenologica
- Descrizione delle tecniche di misura
  - Selezione dei  $B_s$
  - Ricostruzione (sapore al decadimento)
  - Misure del tempo di decadimento
  - Tagging (sapore alla produzione)
- Risultati
  - Analisi dei risultati con l'Amplitude Scan
  - Confronto con le previsioni teoriche

# Introduzione: oscillazioni di flavour

- $$B_s = \begin{pmatrix} \bar{b} \\ s \end{pmatrix} \quad \bar{B}_s = \begin{pmatrix} b \\ \bar{s} \end{pmatrix}$$



- $$i \frac{d}{dt} \begin{pmatrix} |B_s(t)\rangle \\ |\bar{B}_s(t)\rangle \end{pmatrix} = \left( M - \frac{i}{2} \Gamma \right) \begin{pmatrix} |B_s(t)\rangle \\ |\bar{B}_s(t)\rangle \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_{11} - i \frac{\Gamma_{11}}{2} & M_{12} - i \frac{\Gamma_{12}}{2} \\ M_{21} - i \frac{\Gamma_{21}}{2} & M_{22} - i \frac{\Gamma_{22}}{2} \end{pmatrix}$$

per CPT  $M_{11} = M_{22}$   
 $\Gamma_{11} = \Gamma_{22}$

# Introduzione: oscillazioni di flavour

- Autostati di massa

$$|B_l\rangle = p|B_s\rangle - q|\bar{B}_s\rangle \quad |B_h\rangle = p|B_s\rangle + q|\bar{B}_s\rangle$$

$$|B_{l,h}(t)\rangle = |B_{l,h}\rangle e^{-iM_{l,h}t} e^{-\frac{\Gamma_{l,h}}{2}t} \quad \Delta m_s = M_h - M_l \approx 2|M_{12}|$$

- Probabilità di mixing e non mixing

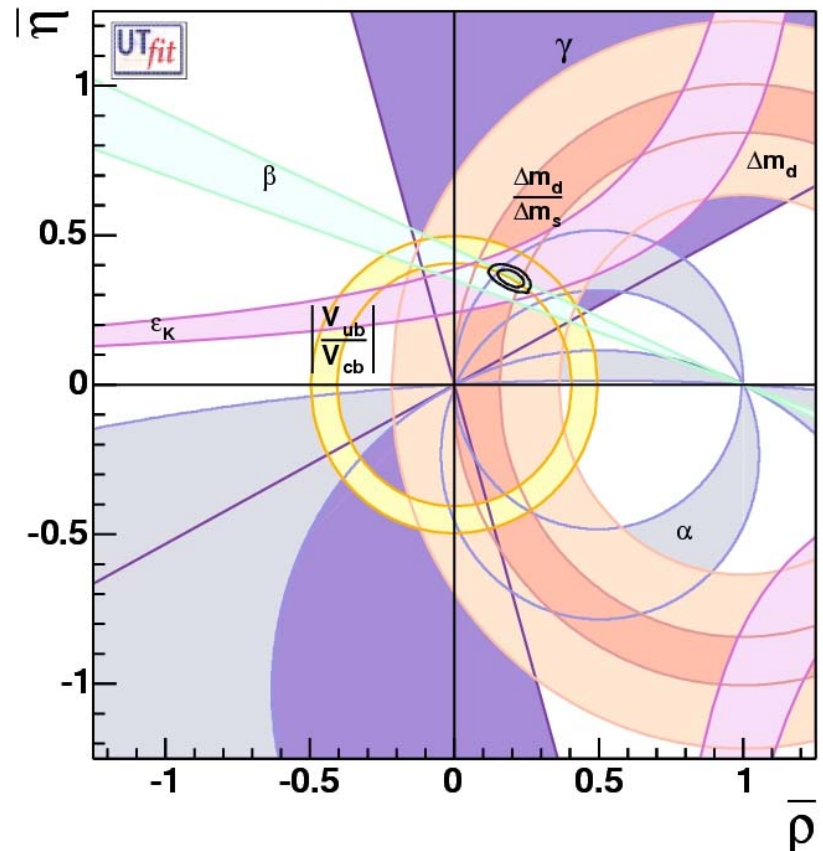
$$P(B_s \rightarrow B_s) = \frac{e^{-\frac{t}{\tau}}}{2\tau} (1 + \cos(\Delta m_s t))$$

$$A(t) = \frac{P_{mix} - P_{nomix}}{P_{mix} + P_{nomix}} = \cos(\Delta m_s \cdot t)$$

$$P(B_s \rightarrow \bar{B}_s) = \frac{e^{-\frac{t}{\tau}}}{2\tau} (1 - \cos(\Delta m_s t))$$

# Perché è interessante

- I loop potrebbero provocare correzioni non predette dal MS (nuova fisica)
- Aiuta a definire con maggiore precisione i parametri del MS



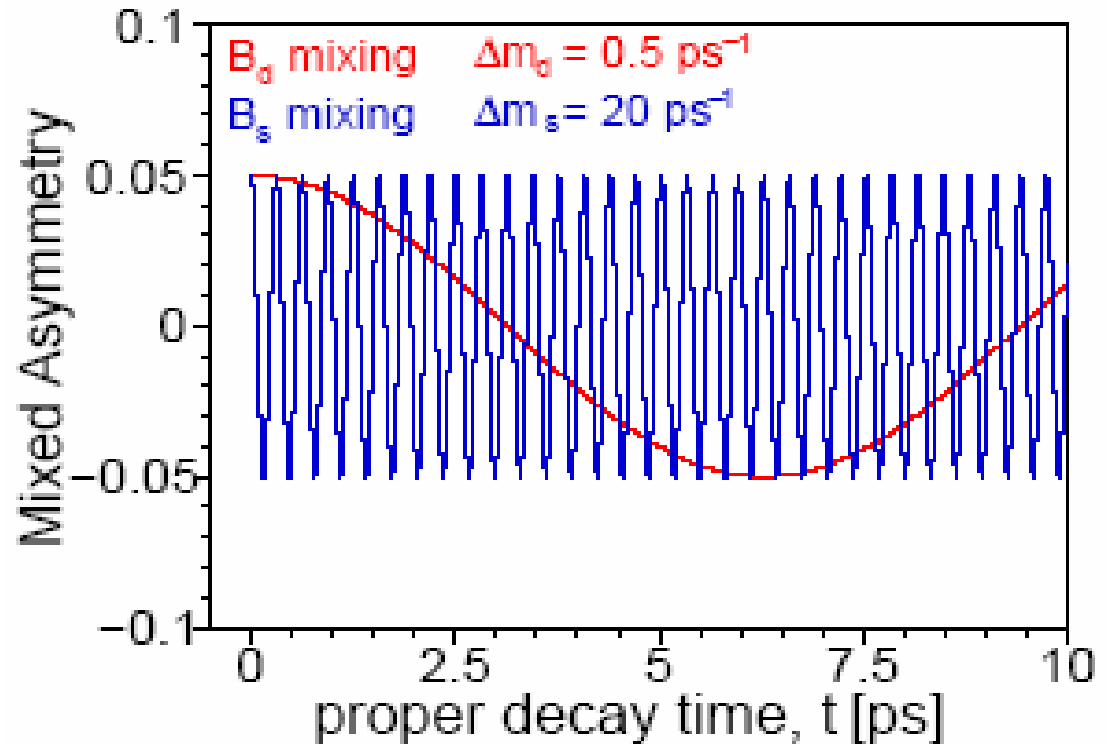
# Perché $\Delta m_s$ non è stata misurata fino al 2006

- La  $\Delta m_d$  ( $B_0$ ) era stata misurata a ARGUS nel 1987

$$\frac{\Delta m_s}{\Delta m_d} = \frac{m_{B_s}}{m_{B_d}} \xi^2 \left| \frac{V_{ts}}{V_{td}} \right|^2$$

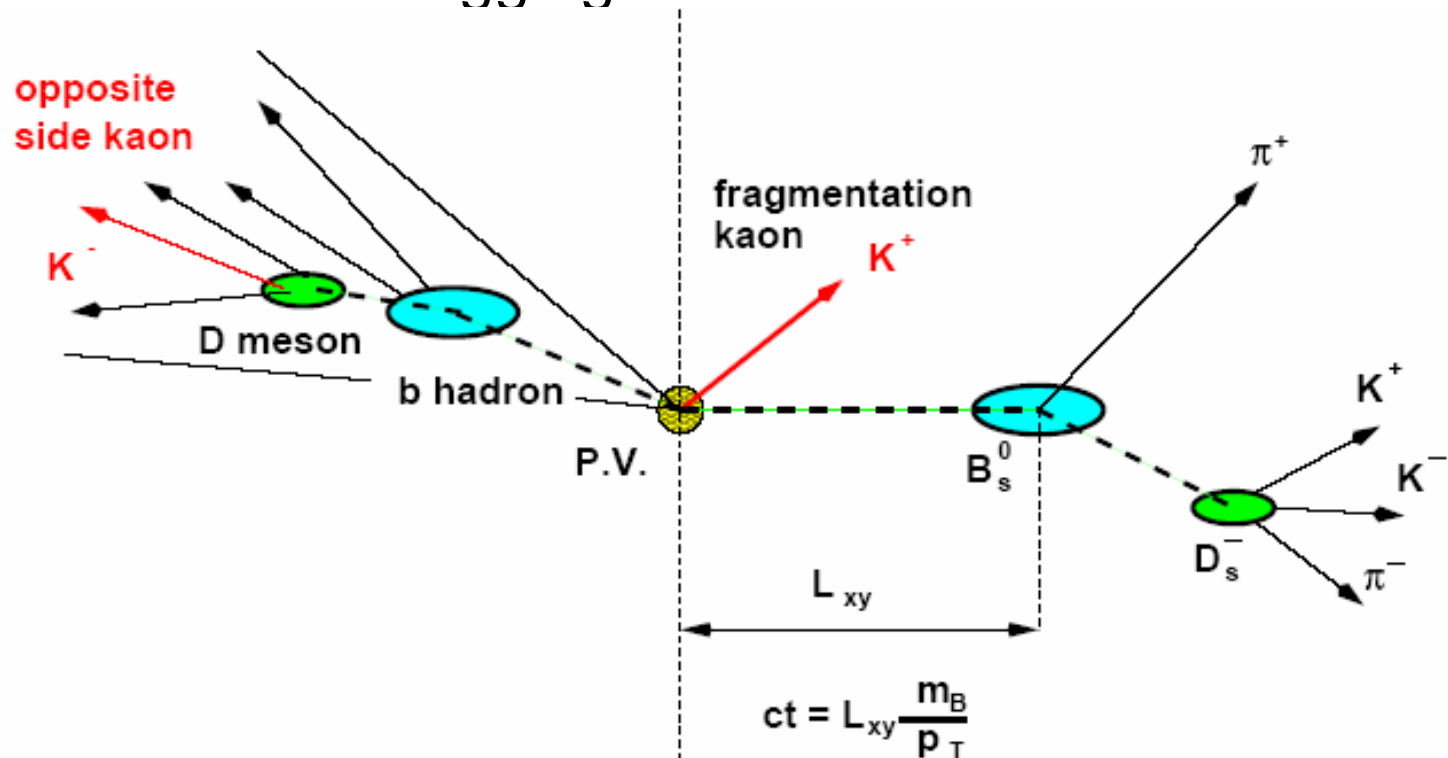


$$\Delta m_s \approx 40 \Delta m_d$$



# Punti centrali della misura

- Selezione dei  $B_s$
- Ricostruzione
- Misura tempo di decadimento
- Flavour tagging





Central calorimeters

Solenoid

Central muon

Essential for Bs mix. anal.

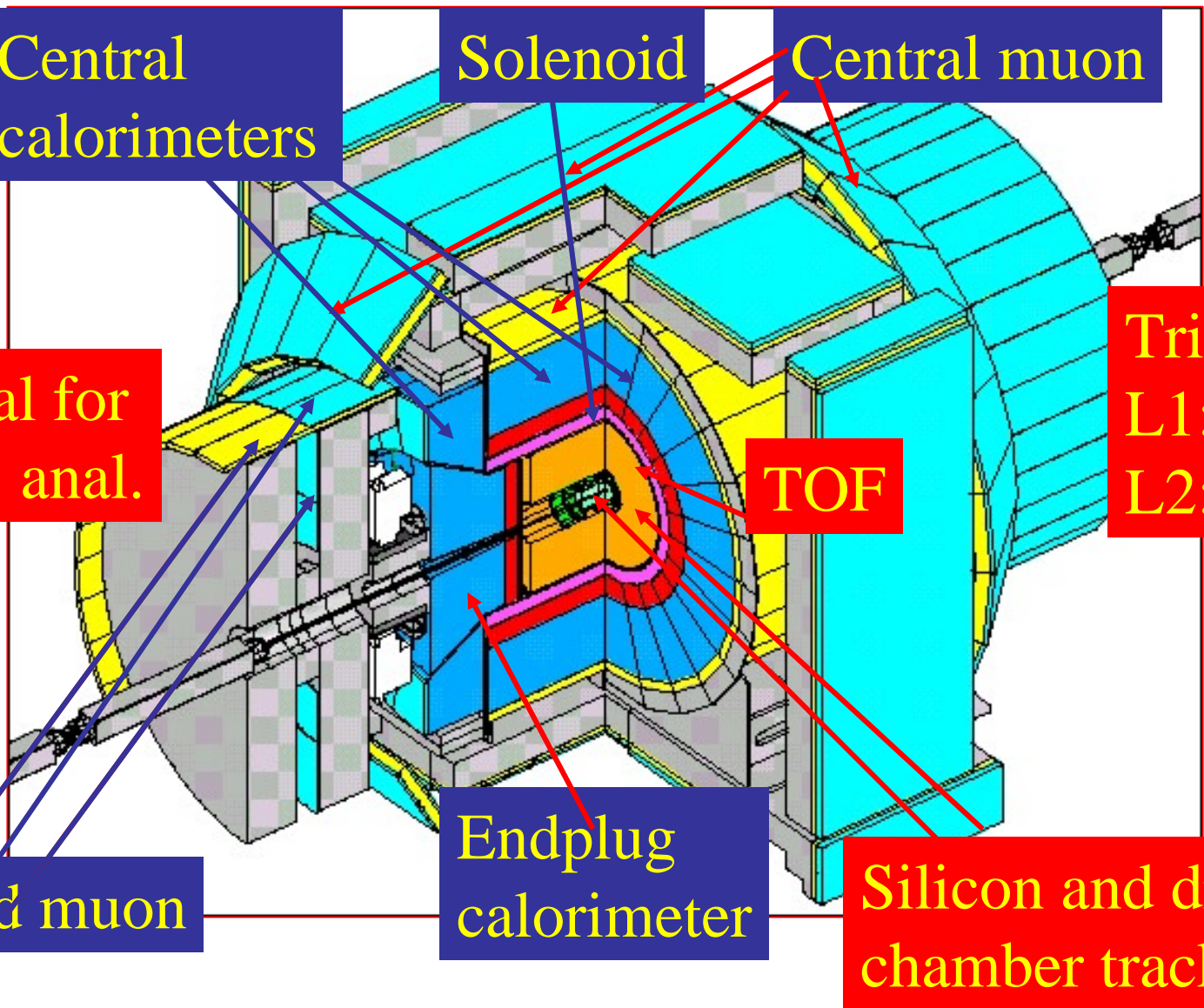
Forward muon

Endplug calorimeter

TOF

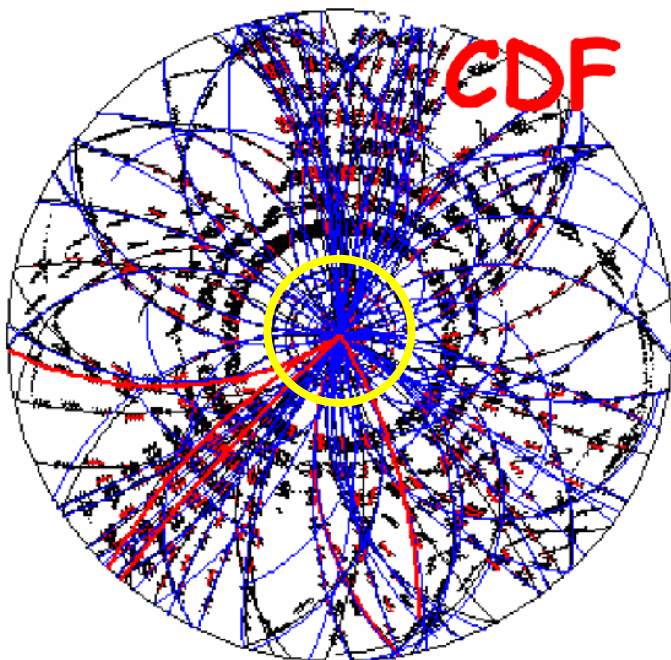
Silicon and drift chamber trackers

Triggers:  
L1: XFT  
L2: SVT

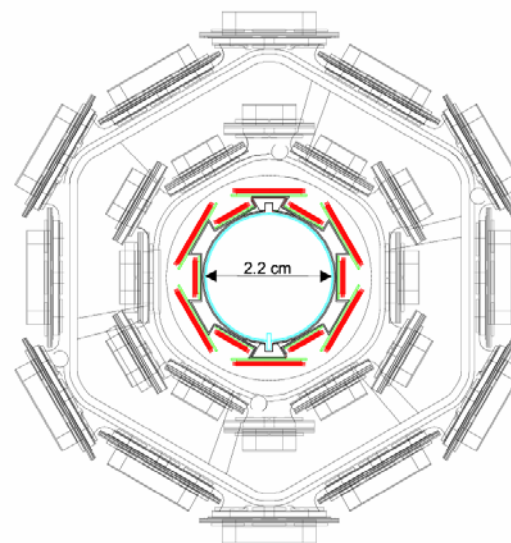
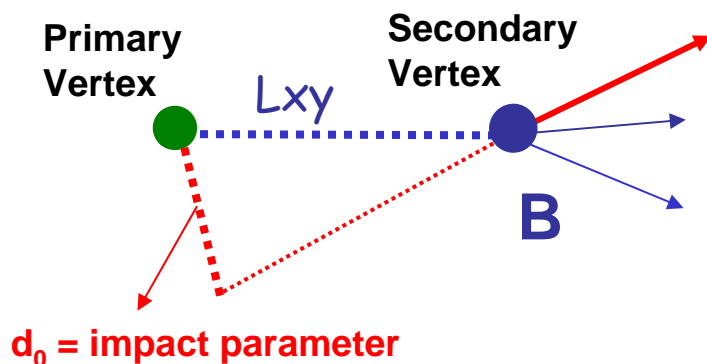




# Selezione $B_s$



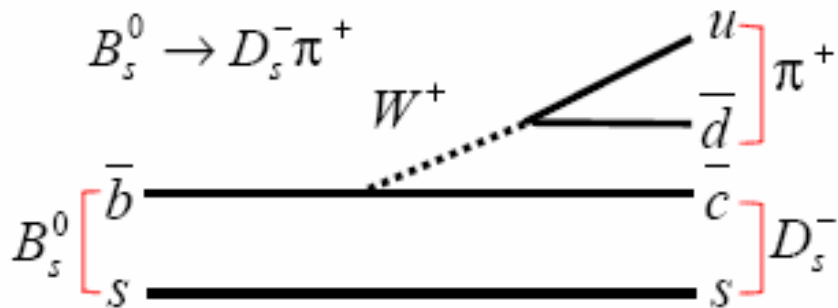
- Serve una alta risoluzione vicino al PV
- Il SVX permette di andare a vedere se le tracce vengono dal PV o no
- Bisogna separare le tracce che ci interessano
- CDF ha un trigger molto veloce che mi permette di mettere in memoria i decadimenti del  $B_s$ : SVT



# Ricostruzione $B_s$

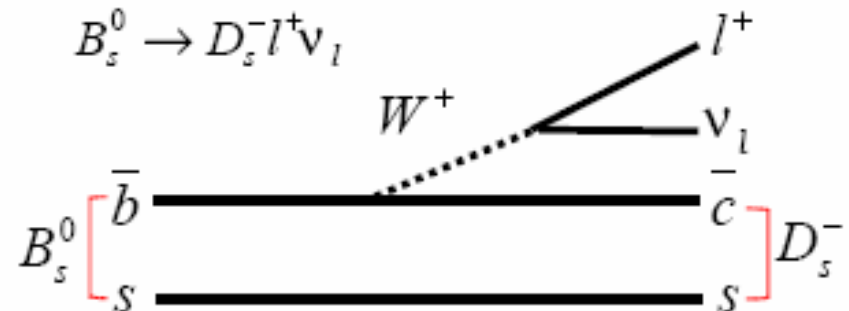
## Decadimenti adronici e semileptonici

“Hadronic”



- Bassa statistica (3700 eventi)
- Totalmente ricostruiti

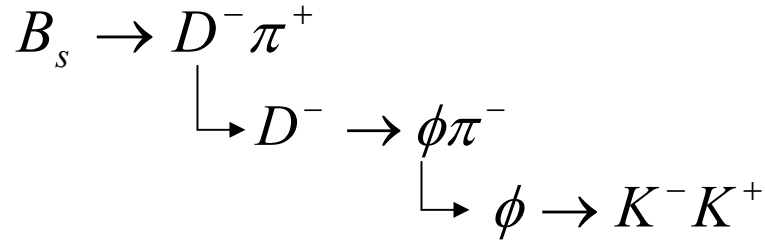
“Semileptonico”



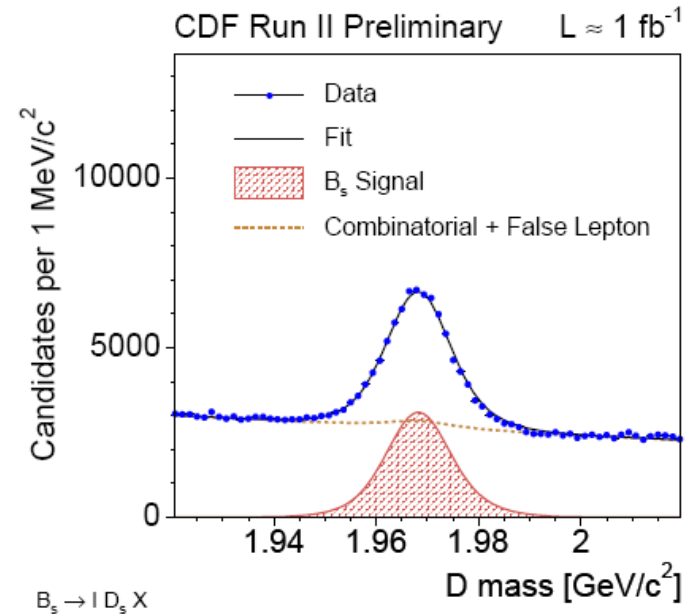
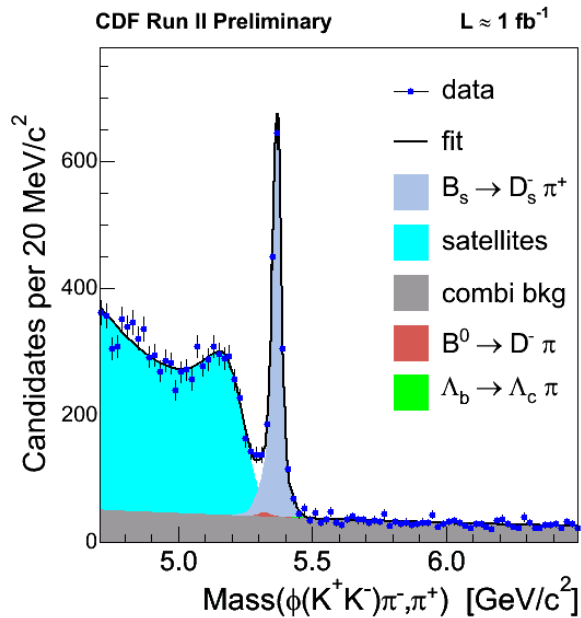
- Alta statistica (50000 eventi)
- Parzialmente ricostruiti  
(manca l'impulso del neutrino)

# Ricostruzione $B_s$

- Esempio decadimento

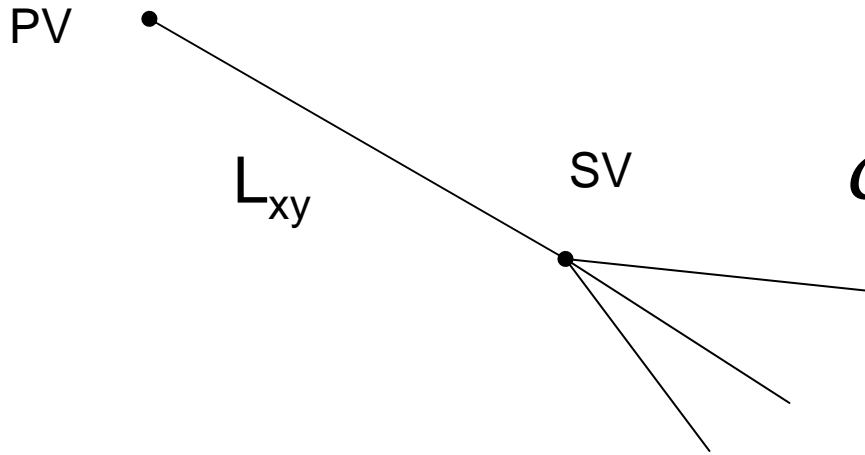


- Differenze adronico-semileptonico



# Misure di tempo

- Misura delle lunghezze nel piano trasverso



$$ct = \frac{L}{\beta\gamma} = \frac{EL}{p\gamma} = L_{xy} \frac{m}{p_T}$$

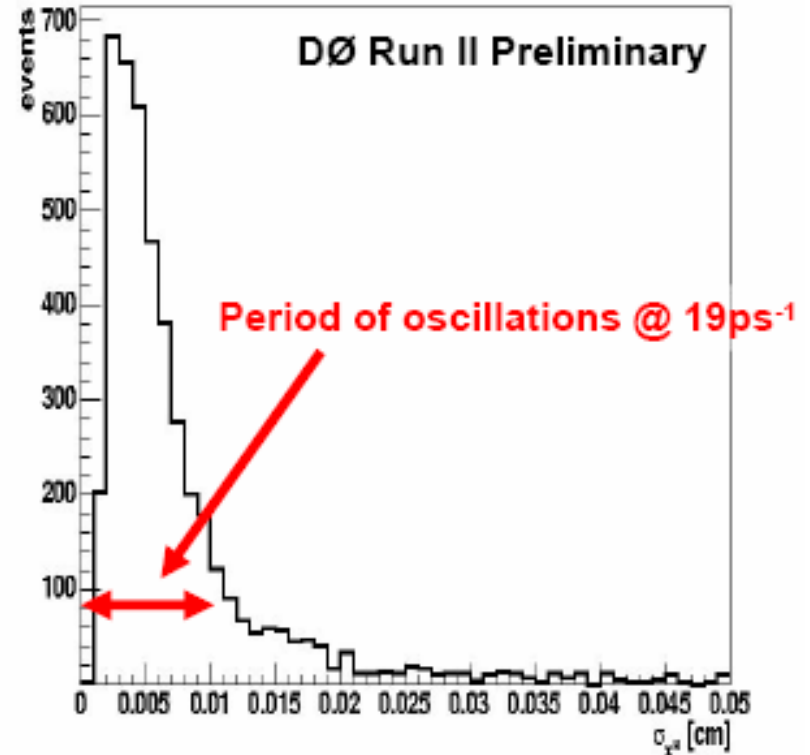
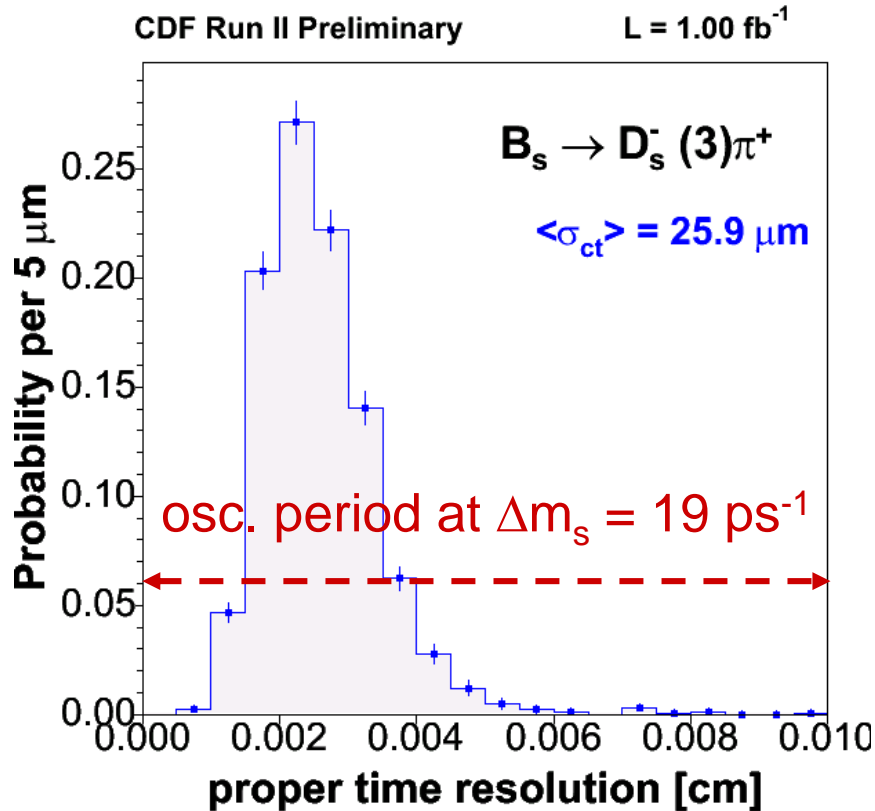
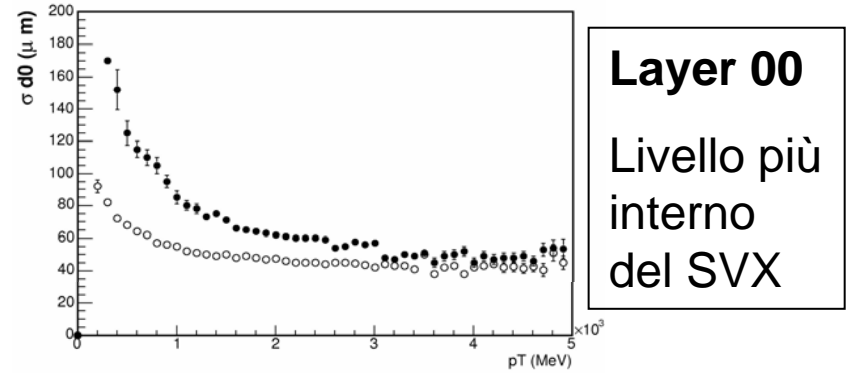
- Risoluzione in tempo proprio

$$\sigma_{ct} = \sqrt{\left(\sigma_{ct}^0\right)^2 + \left(ct \times \frac{\sigma_p}{p}\right)^2}$$

- Differenze tra decadimenti adronici e semileptonici

# Misure di tempo

- Minimizzazione  $\sigma_t$



# Flavour Tagging

- Tagging : individuare il flavour al PV

- Fattore  $\varepsilon D^2$

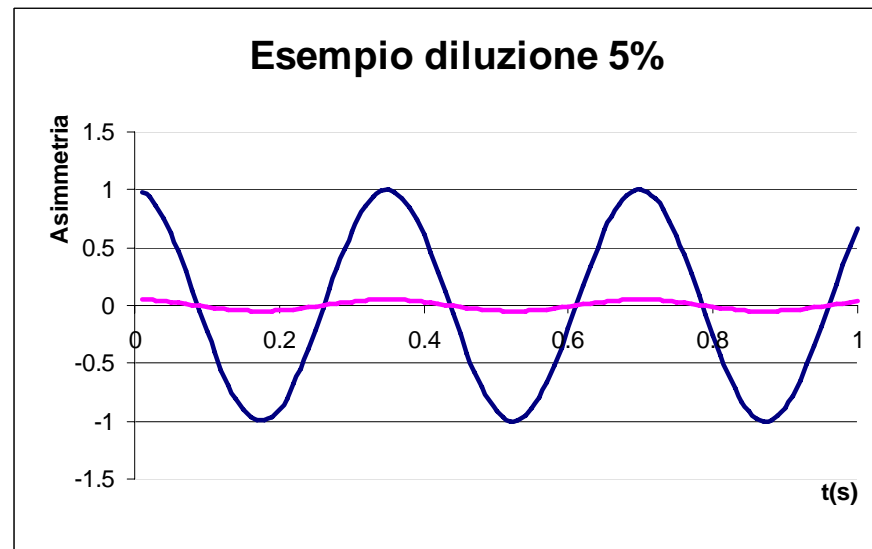
- Efficienza  $\varepsilon = \frac{\text{decadimenti "taggabili"}}{\text{decadimenti totali}}$

- Diluzione  $D = 1 - 2W$   $W = \text{probabilità di errore nel tagging}$

- Asimmetria  $A(t)$

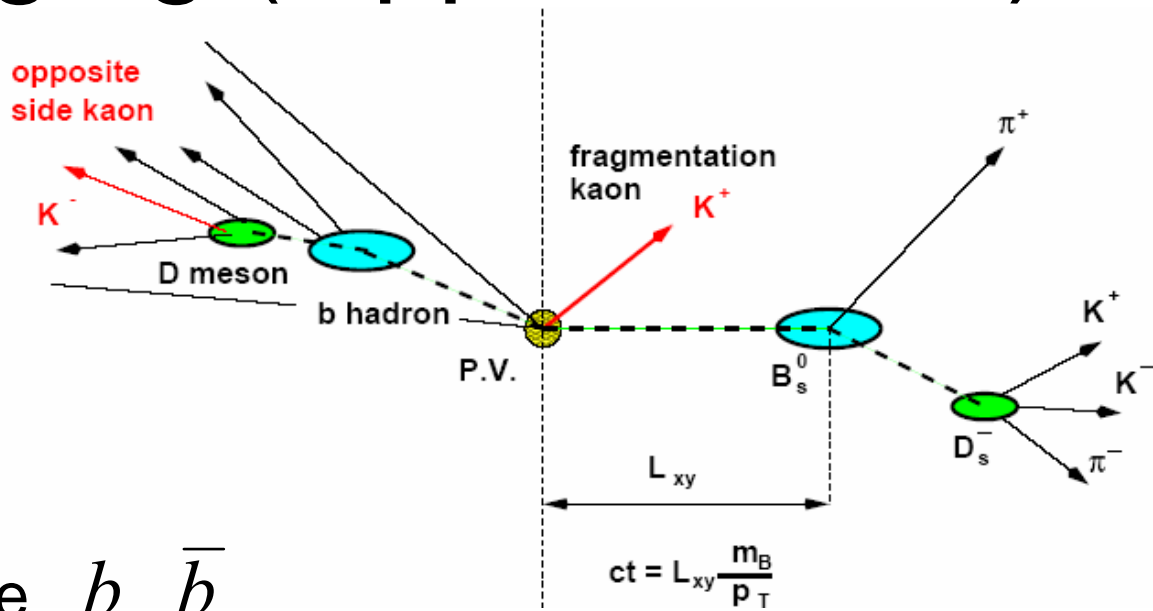
$$A_{mis}(t) = \frac{N_{mis} - \bar{N}_{mis}}{N_{mis} + \bar{N}_{mis}} = \frac{(N\varepsilon(1-W) + \bar{N}\varepsilon W) - (\bar{N}\varepsilon(1-W) + N\varepsilon W)}{N\varepsilon + \bar{N}\varepsilon} = DA(t)$$

- $\sigma_A \propto \sqrt{\frac{1}{\varepsilon D^2 S}}$



# Flavour Tagging (Opposite-side)

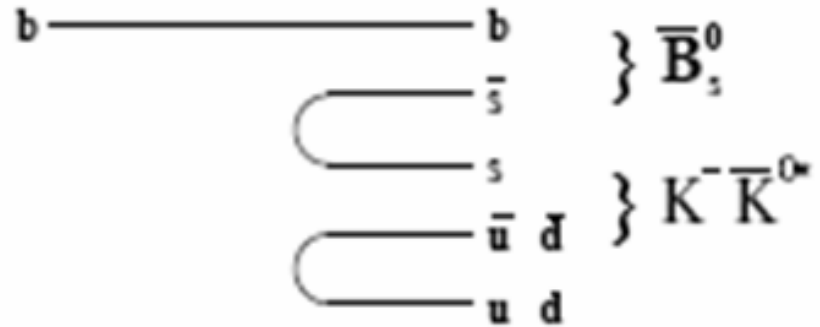
$\epsilon D^2$  tipico 1.5%



- Produzione di coppie  $b \bar{b}$
- Dalla parte opposta al  $B_s$  mi devo ritrovare un adrone con quark  $b$  ( $\bar{B}_s, \bar{B}^0, B^- \dots$ )
- $\bar{B}_s, \bar{B}^0, B^- \rightarrow l + X$  ho una identificazione del flavour
- Jet (correlazione tra la carica del jet e flavour)
- Problemi sul B dell'opposite-side
  - Posso non rivelarlo
  - Può oscillare

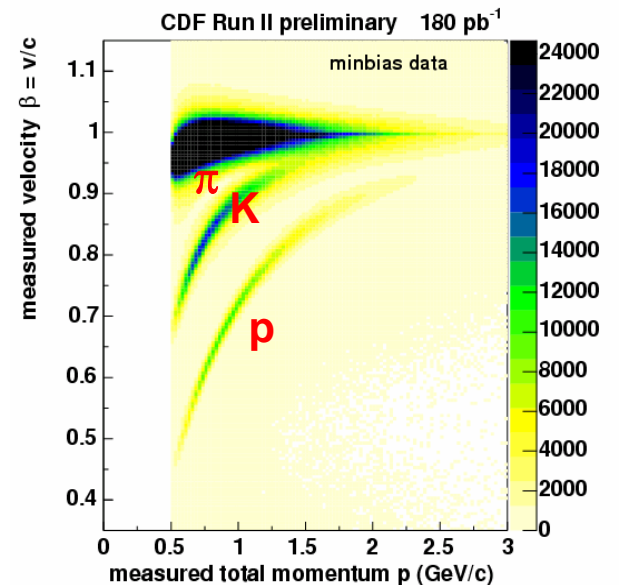
# Flavour Tagging (Same-side)

- Adronizzazione del  $B_s$   
Il b crea dal vuoto una coppia  $s \bar{s}$



- Identificazione del  $K^-$ 
  - Tempo di volo (TOF)
  - $\frac{dE}{dx}$  (COT)

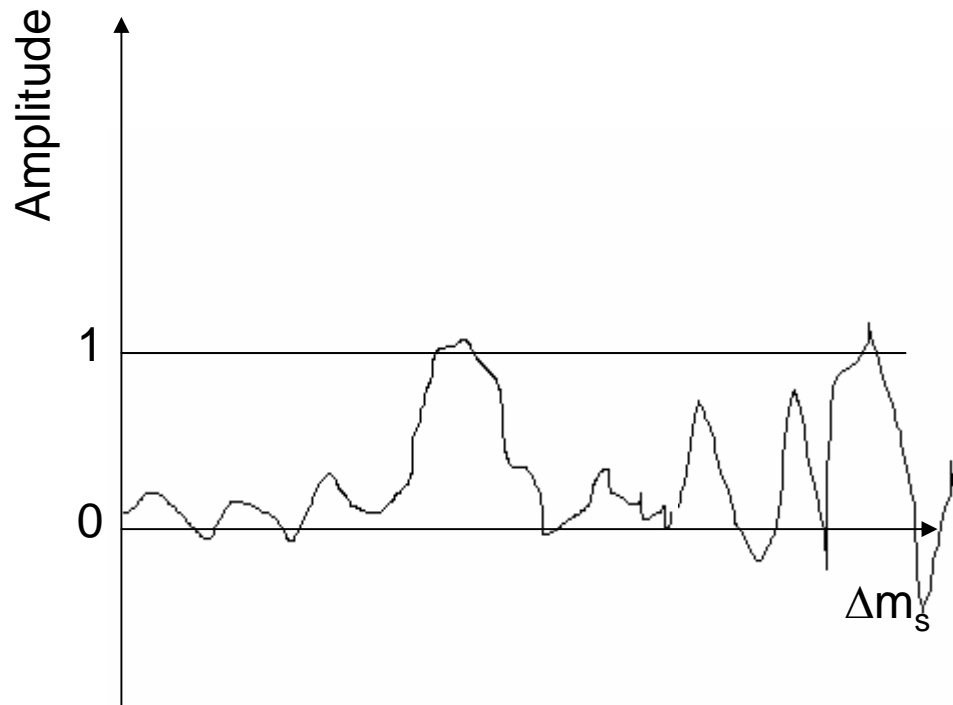
$\epsilon D^2$  tipico 3.5%





# Amplitude Scan

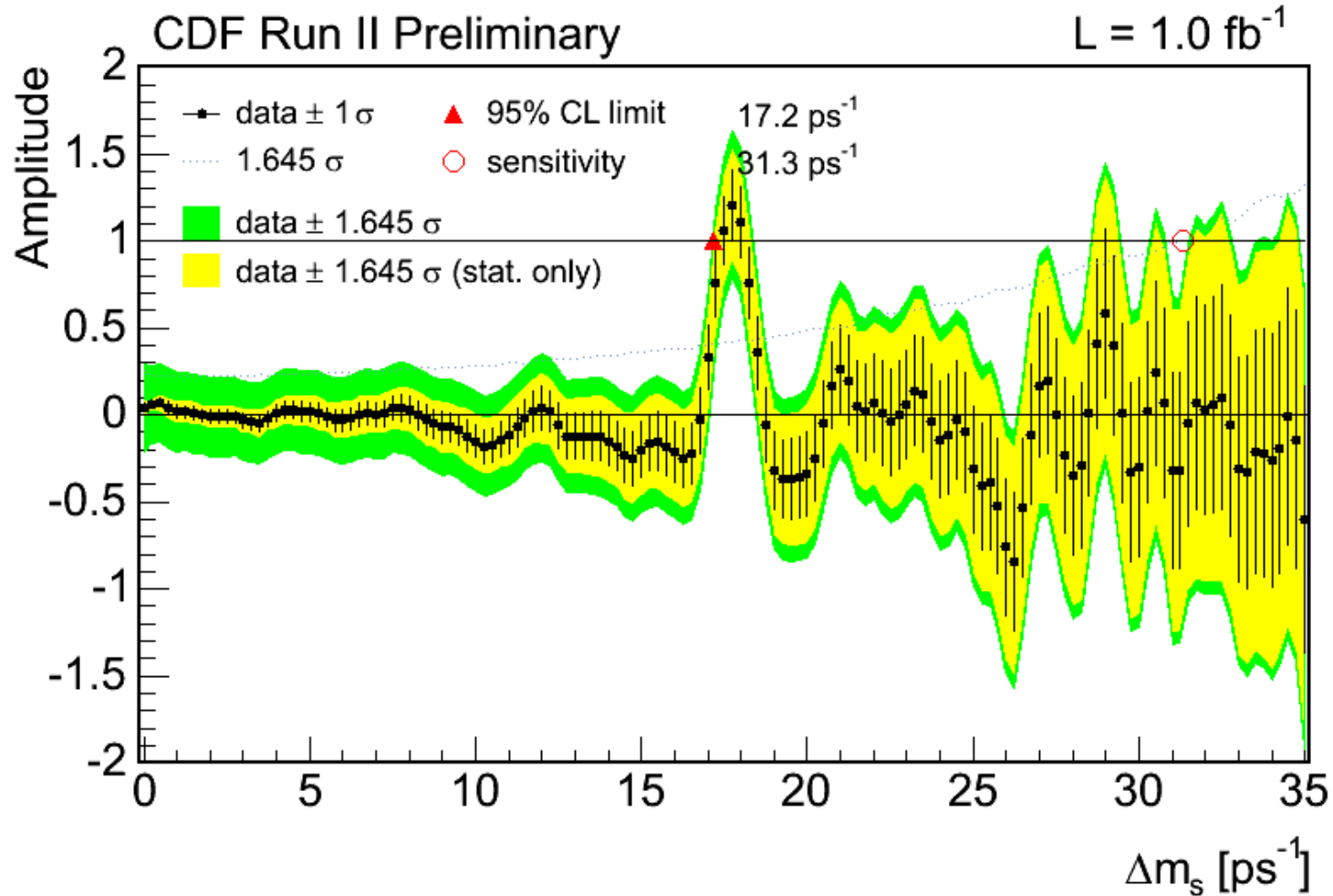
$$A(t) = \text{Ampl.} * D \cos(\Delta m_s \cdot t)$$



## Amplitude scan

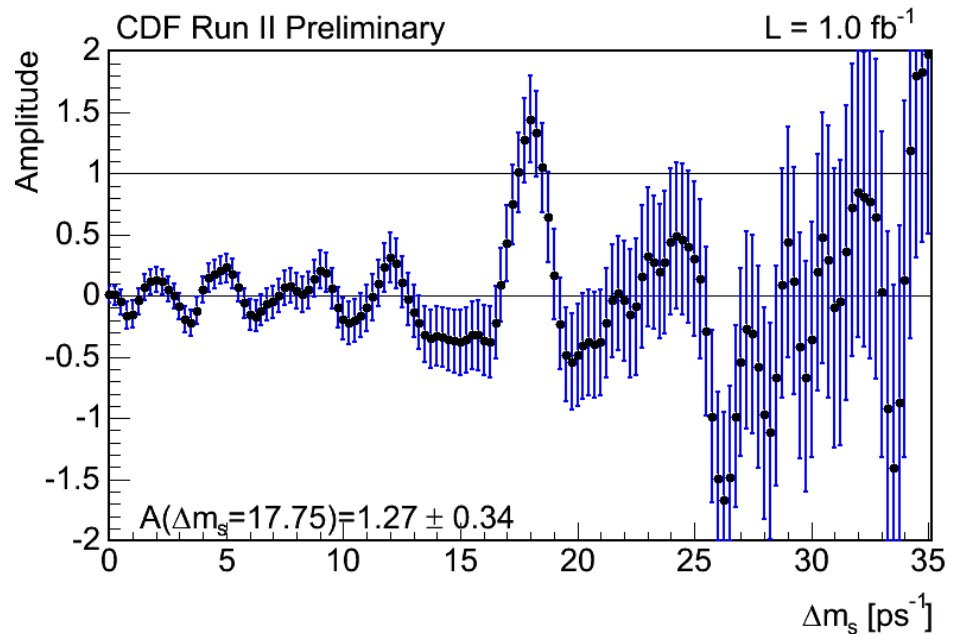
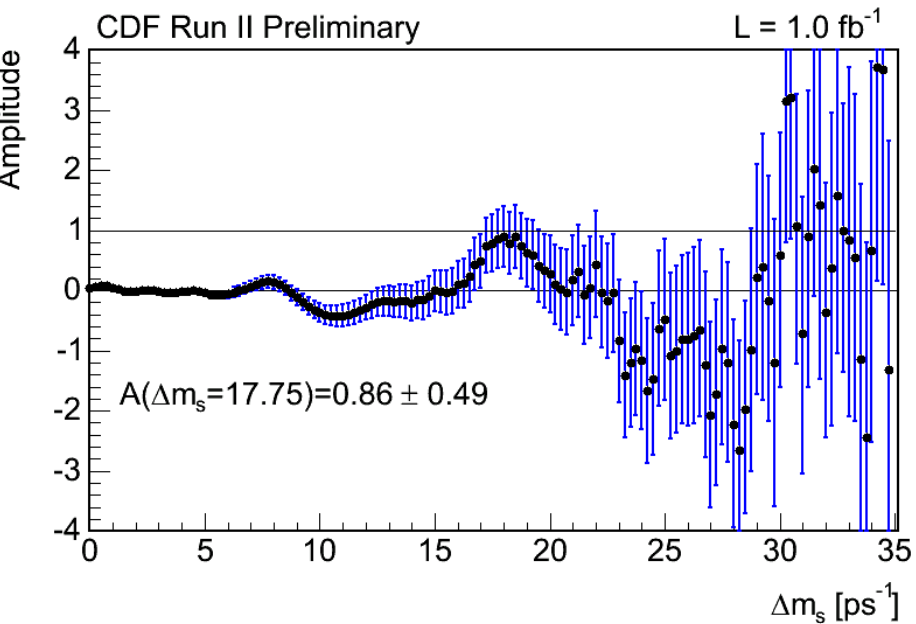
- grafico e fitto nello spazio delle frequenze
- Per alte  $\Delta m_s$  ho una maggiore incertezza

# Risultati



$$\Delta m_s = 17.77 \pm 0.10 \text{ (stat)} \pm 0.07 \text{ (syst)} \text{ ps}^{-1}$$

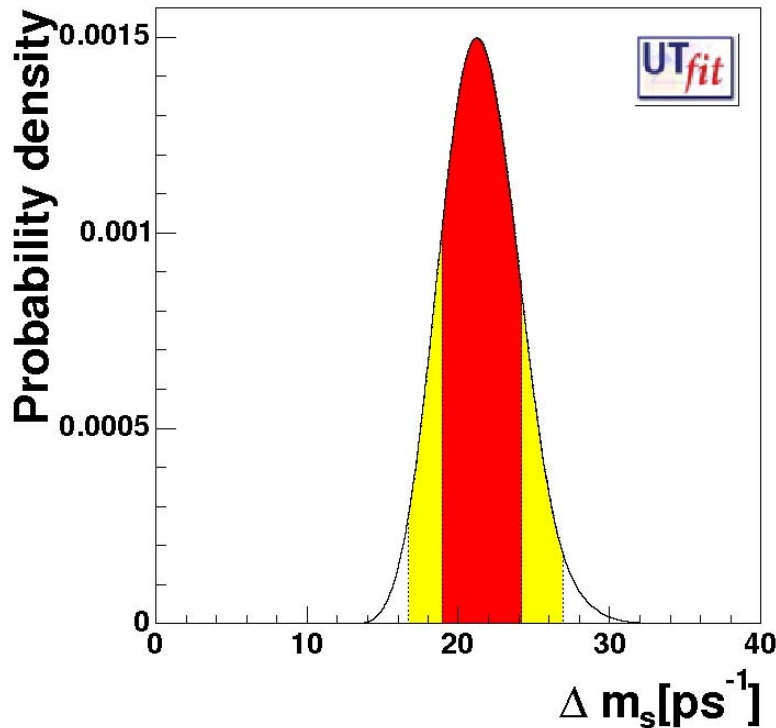
# Contributi dei decadimenti semileptonici e di quelli adronici



# Confronto con i calcoli teorici

Misura sperimentale  $\Delta m_s = 17.77 \pm 0.10$  (stat)  $\pm 0.07$  (syst)  $\text{ps}^{-1}$

Previsione SM  $\Delta m_s = 21.5 \pm 2.6 \text{ ps}^{-1}$



$$\frac{\Delta m_s}{\Delta m_d} = \frac{m_{B_s}}{m_{B_d}} \xi^2 \left| \frac{V_{ts}}{V_{td}} \right|^2$$

$$\left| \frac{V_{ts}}{V_{td}} \right| = 0.2060 \pm 0.0007 (\text{exp.}) \begin{matrix} +0.0081 \\ -0.0060 \end{matrix} (\text{theor.})$$

# Bibliografia

- CDF Collaboration-Observation of  $B_s$ - $\bar{B}_s$  Oscillations
- Fritz DeJongh-CDF Sensivity to  $B_s$  Oscillations in Run II
- W E Burcham, M Jobes-Nuclear and Particle Physics (14.3.10-12)