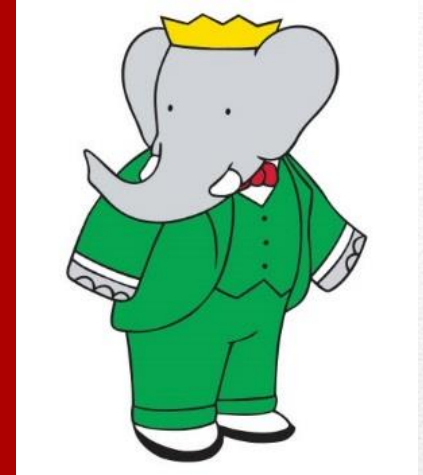


Misura di Asimmetrie di CP nel canale $D^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ a BaBar



Alessandro Pilloni

“Sapienza” Università di Roma – INFN sez. Roma 1



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

101° Congresso Nazionale
Società Italiana di Fisica
Roma – 25 Settembre 2015

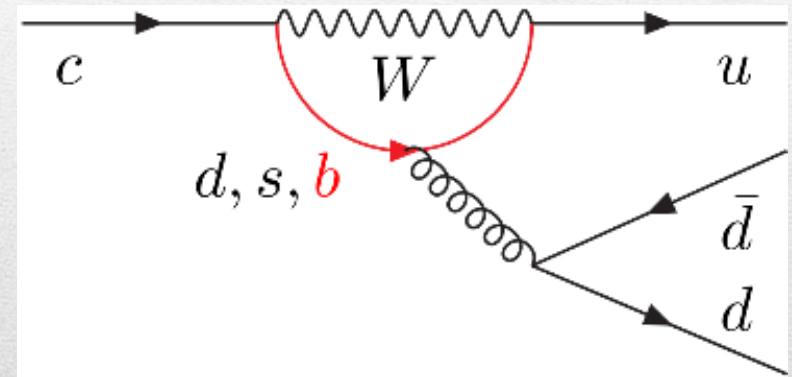
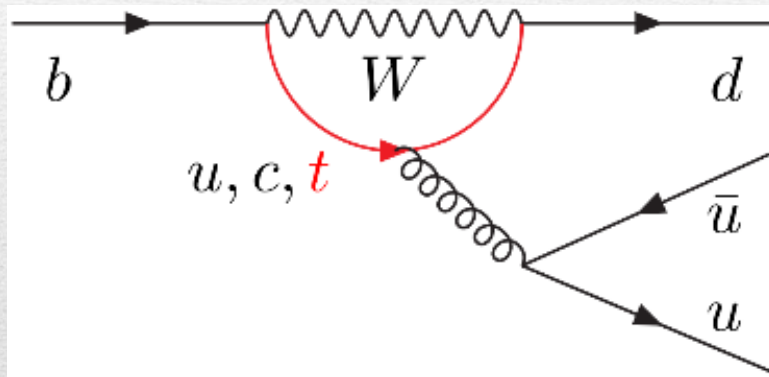


Asimmetrie di CP nel Modello Standard

Nel Modello Standard l'unica fonte di CPV è la **fase complessa** della matrice CKM

Nel sistema dei K e B le misure sono consistenti con le predizioni

Cosa succede nel settore del Charm?



$$A_{CP} \sim \frac{\alpha_s}{12\pi} \log \frac{m_t}{m_b} \times \lambda^3$$

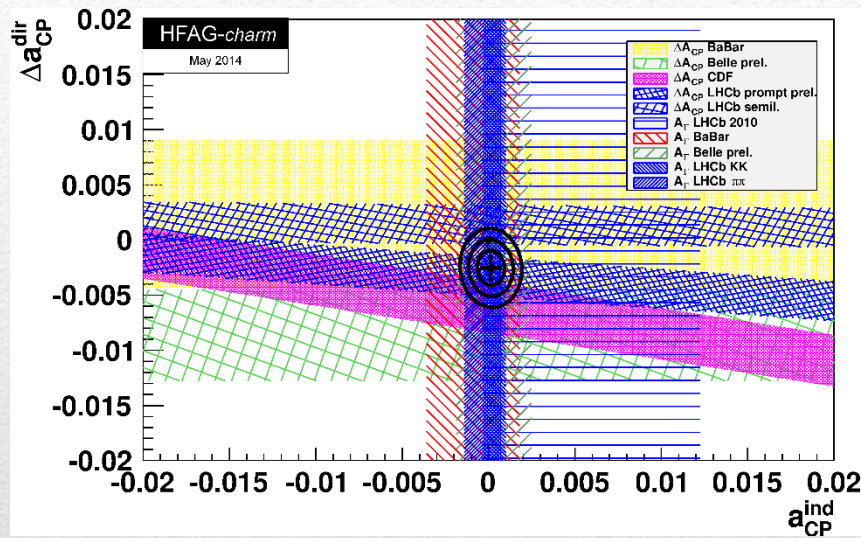
$$A_{CP} \sim \frac{\alpha_s}{12\pi} \log \frac{m_b}{m_c} \times \lambda^5$$

Cancellazioni di tipo GIM e la struttura della matrice CKM rendono A_{CP} nel charm **ordini di grandezza più piccole** rispetto agli altri settori

Un'eventuale $A_{CP} \sim O(\%)$ sarebbe dovuta a **Nuova Fisica**

Asimmetrie nel Charm

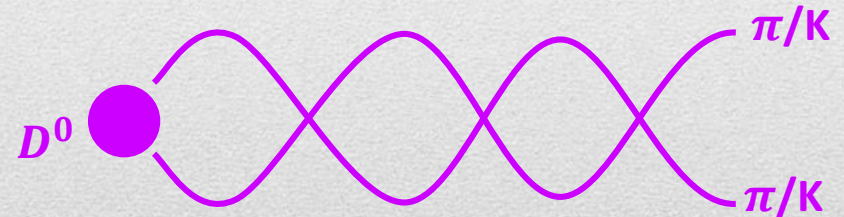
Le misure attuali di A_{CP} sia diretta che indiretta sono **compatibili con zero**



Nel 2012 la media mondiale riportava

$$\Delta A_{CP}^{dir} = (-0.656 \pm 0.154)\%$$

Domanda: è Nuova Fisica?



Risposta: ...?

Una strada per cercare Nuova Fisica è la misura di segnali non previsti dallo SM (Lepton Flavour Violation, Electric Dipole Moments...)

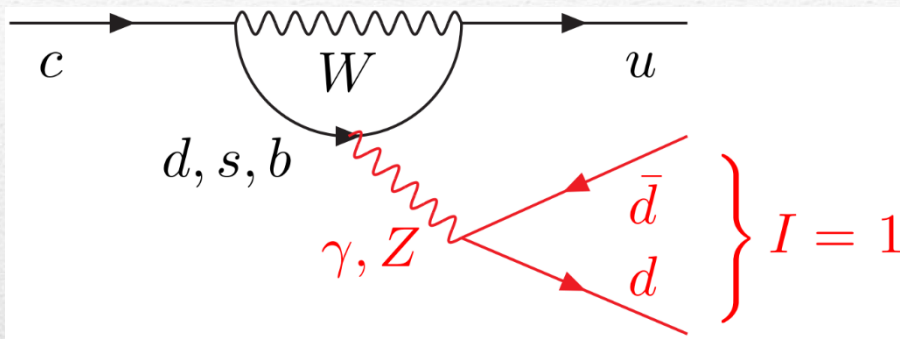
Alcuni lavori mostrarono che **interazioni di stato finale** nel canale $I = 0$ (parenti della $\Delta I = \frac{1}{2}$ rule) possono aumentare sensibilmente l'asimmetria

La natura di lunga distanza di queste FSI le rende soggette a **grandi incertezze teoriche**

Isospin sum rules

Grossman ha proposto di cercare asimmetrie di CP nei decadimenti
single-Cabibbo-suppressed con stato finale in $I = 2$

PRD85, 114036 (2012)



$$A_{CP} \sim \frac{\alpha_{em}}{12\pi} \log \frac{m_b}{m_c} \times \lambda^5 \sim 10^{-6}$$

Inoltre, l'interazione tra due pioni in $I = 2$ è repulsiva, quindi non vi è incremento da FSI

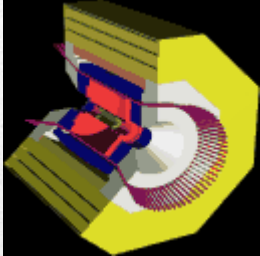
$$|\mathcal{A}(D^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0)|^2 - |\mathcal{A}(D^- \rightarrow \pi^- \pi^0)|^2 \neq 0 \rightarrow \text{Nuova Fisica}$$

$$\begin{aligned} & |\mathcal{A}(D^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-)|^2 - |\mathcal{A}(\bar{D}^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-)|^2 \\ & + |\mathcal{A}(D^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0)|^2 - |\mathcal{A}(\bar{D}^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0)|^2 \\ & - \frac{2}{3} \left(|\mathcal{A}(D^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0)|^2 - |\mathcal{A}(D^- \rightarrow \pi^- \pi^0)|^2 \right) = 0 \\ & + \text{un'asimmetria individuale} \end{aligned} \rightarrow \text{Nuova Fisica}$$

Richiesta la misura di
 $A_{CP}(D^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0)$ e
 $A_{CP}(D^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0)$

$A_{CP}(D^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-)$ è
già ben studiato

Misure esistenti



CLEO-c, PRD81, 052013 (2010)

818 pb^{-1} @ $\sqrt{s} \sim 3.77 \text{ GeV}$

2649 ± 76 signal yield

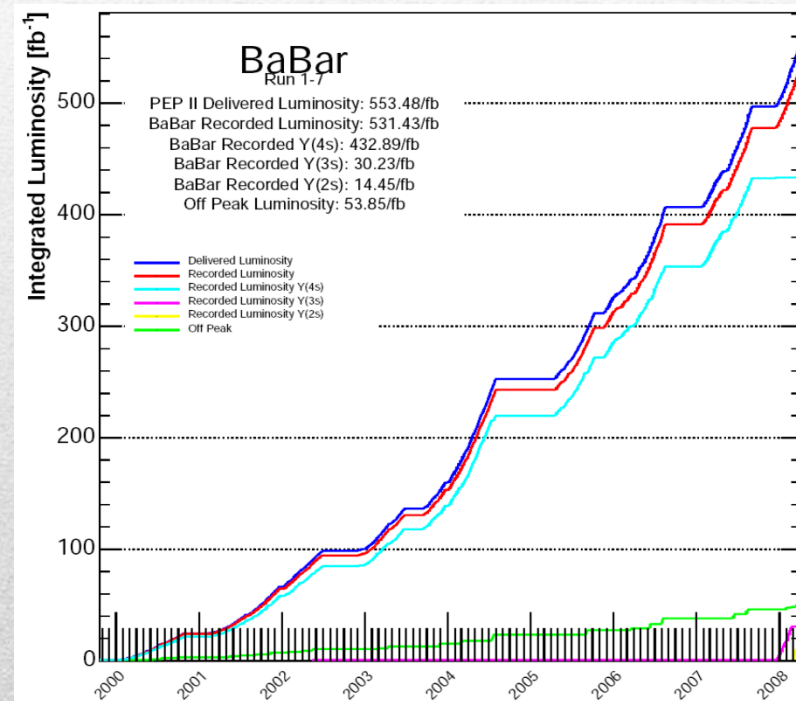
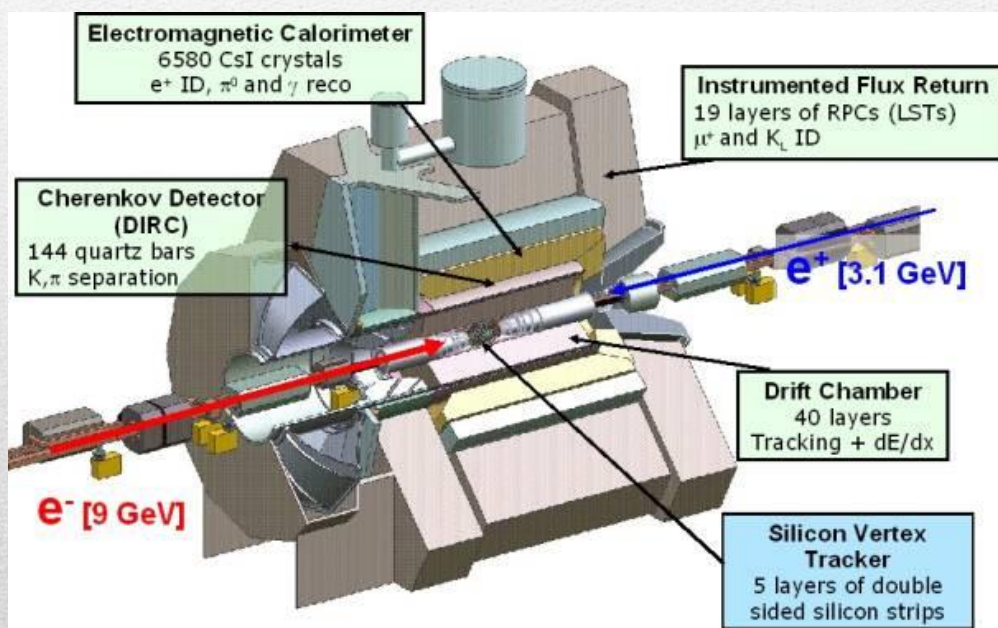
$A_{CP} = (2.9 \pm 2.9 \pm 0.3)\%$



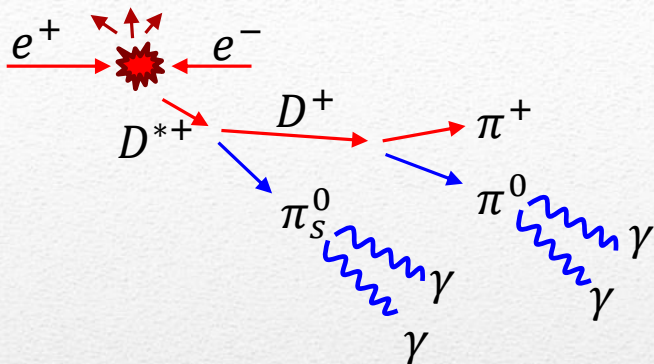
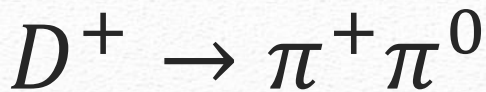
BaBar può contribuire a migliorare queste misure

L'esperimento BaBar

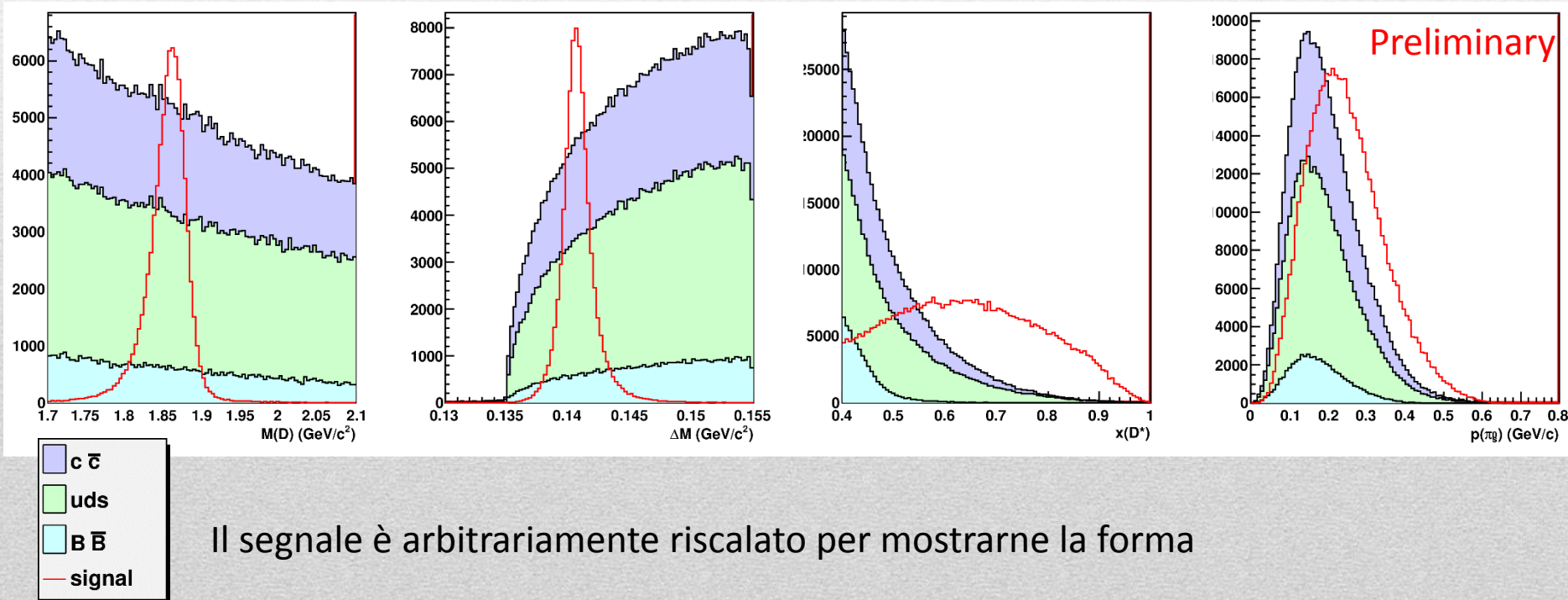
Il rivelatore Babar è situato nel punto di interazione di un **collider asimmetrico e^+e^-** prevalentemente a un'energia nel CDM $\sqrt{s} \sim 10.58 \text{ GeV}$

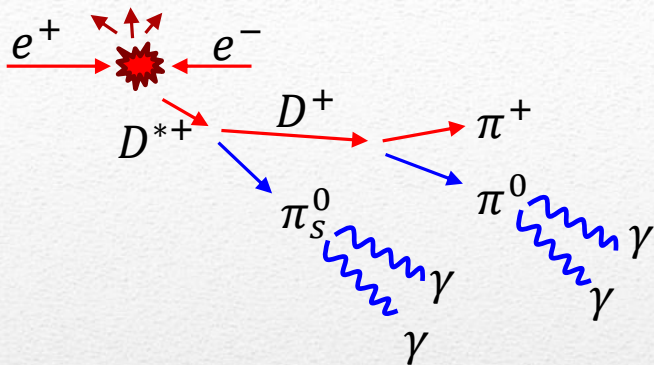
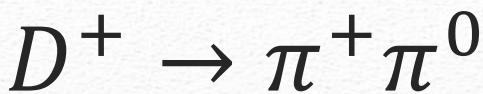


Nel periodo 1999-2008 ha registrato $\sim 530 \text{ fb}^{-1}$, corrispondenti a 680×10^6 coppie $c\bar{c}$



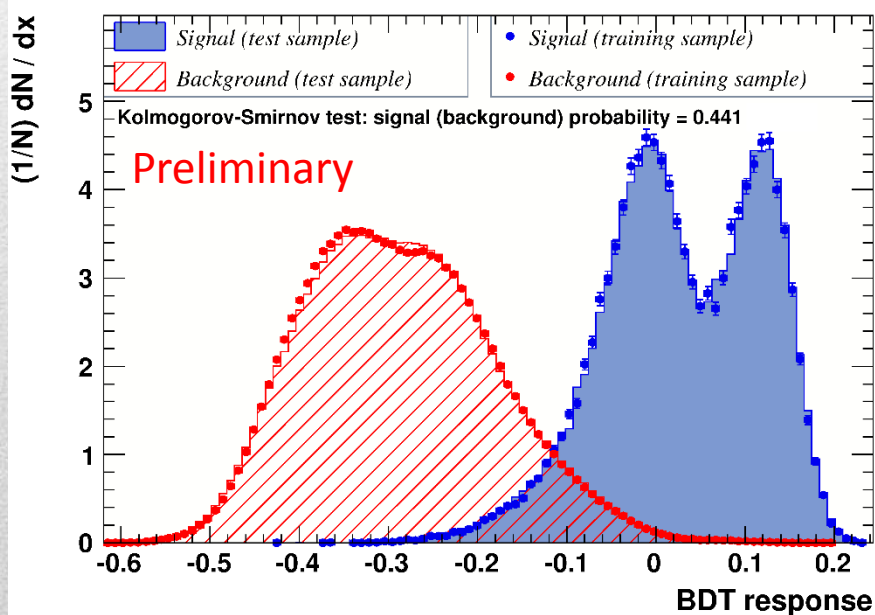
Ricostruiamo la catena a partire da un D^{*+}
 Con 518 fb^{-1} sono previsti $\sim 120 \times 10^3$ eventi di segnale
 I dati sono analizzati con tecniche di **analisi multivariata**
 Boosted Decision Trees effettuano il training su campioni
 MC di segnale e fondo





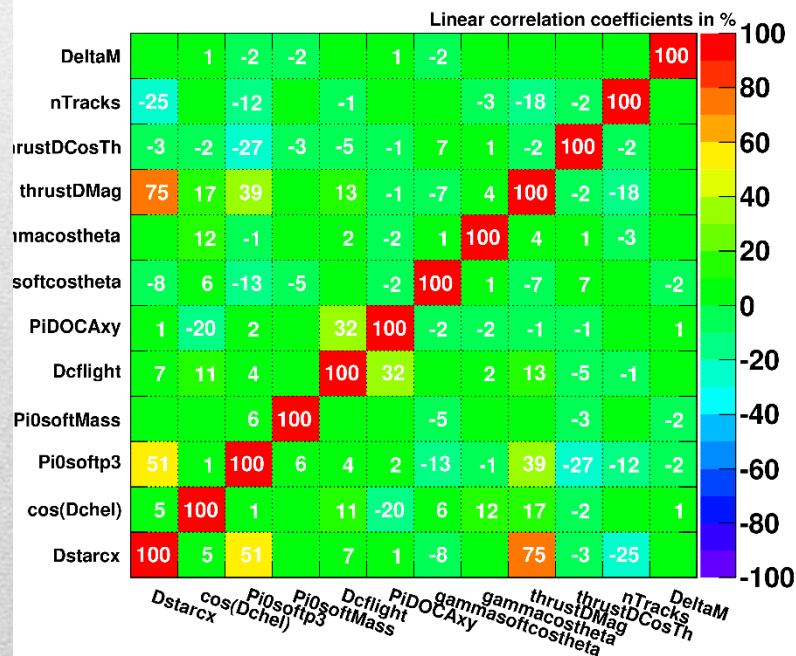
Ricostruiamo la catena a partire da un D^{*+}
 Con 518 fb^{-1} sono previsti $\sim 120 \times 10^3$ eventi di segnale
 I dati sono analizzati con tecniche di **analisi multivariata**
Boosted Decision Trees effettuano il training su campioni
 MC di segnale e fondo

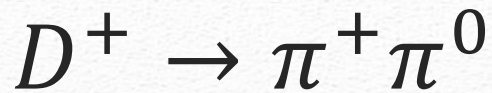
TMVA overtraining check for classifier: BDT



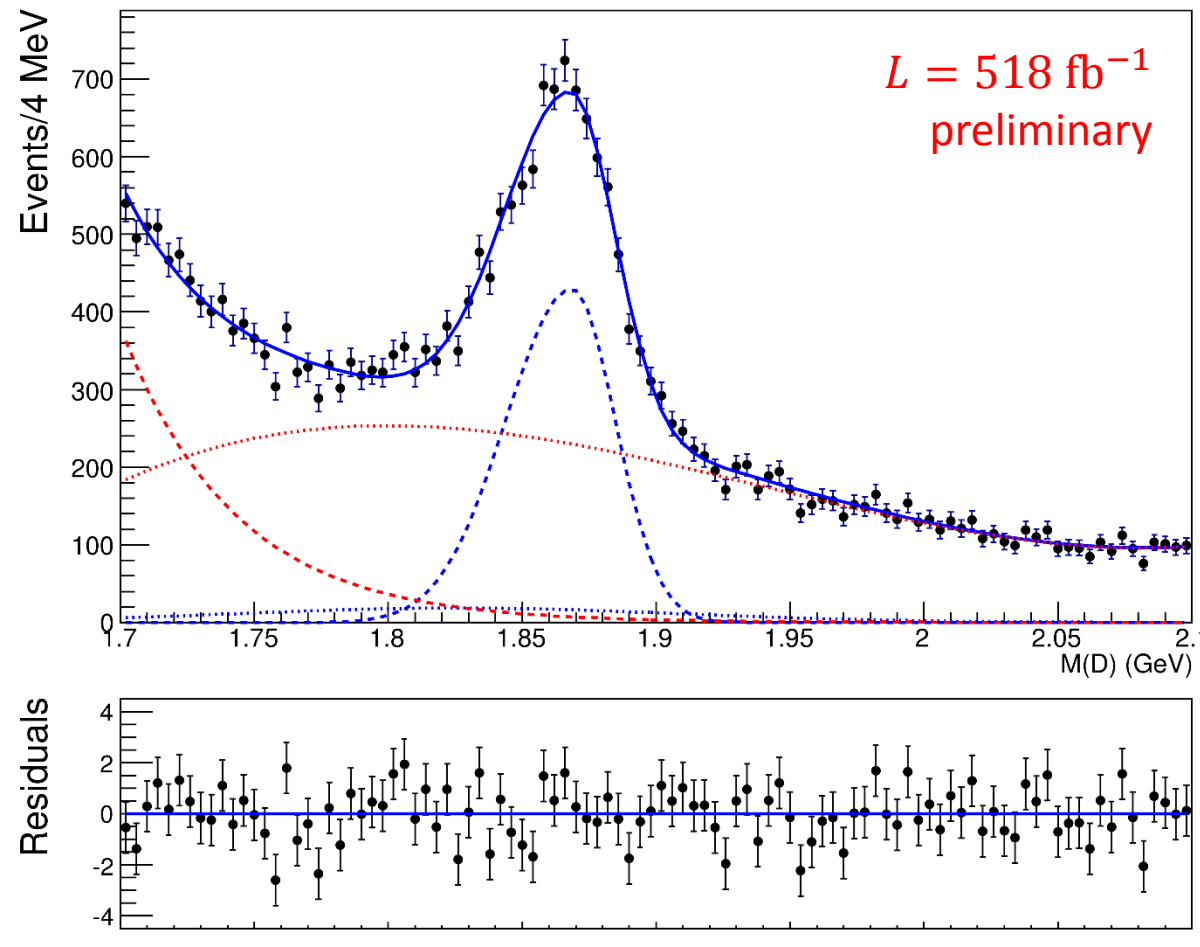
Correlation Matrix (signal)

Preliminary





Total PDF (data)

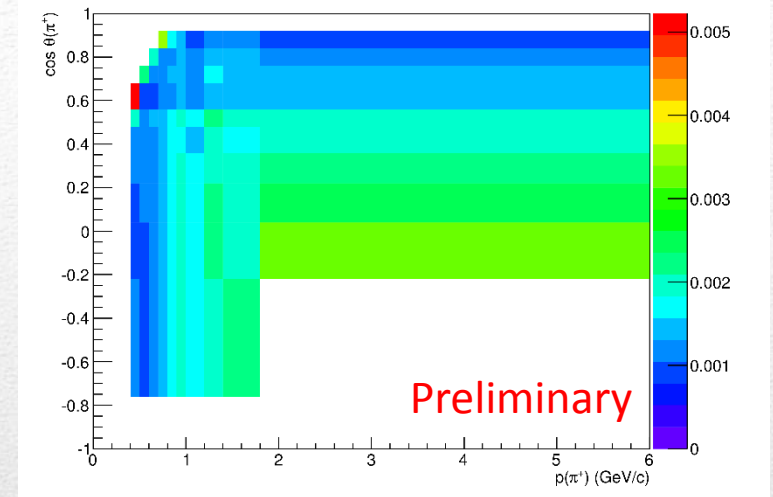
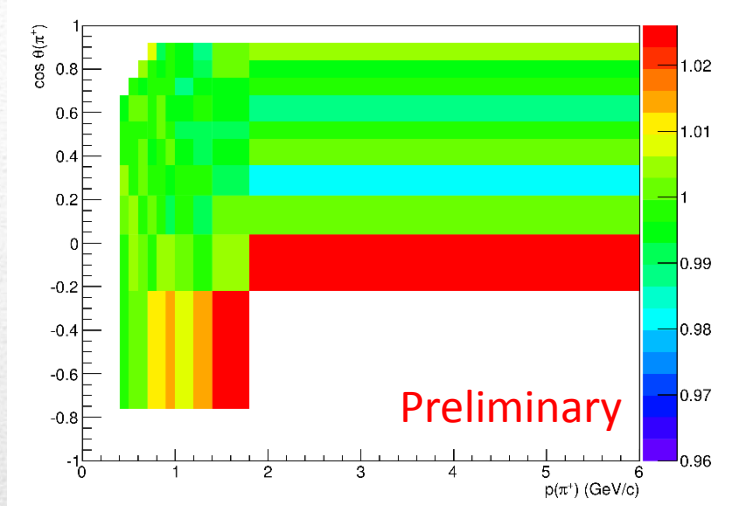


Si taglia sulla variabile BDT in modo da massimizzare la significatività $\frac{S}{\sqrt{S+B}}$

Un'analisi preliminare mostra uno yield per D^\pm di

$$N = 6412 \pm 229$$

Sistematiche previste



Le asimmetrie di efficienza del detector possono essere corrette studiando grandi campioni di eventi $B\bar{B}$

| | |
|------------------------------|--------------------------|
| Binning in $\cos\theta$ | 0.12% |
| Statistics of control sample | 0.016% |
| PID asymmetry | 0.05% |
| Background subtraction | 0.078% |
| Total | Preliminary 0.15% |

Altre sistematiche considerate sono dovute al PID, ai bias nel binnaggio in $\cos\theta_{D^*}^{CM}$, e alla presenza di un'ulteriore asimmetria nel background

$$A_{CP} = (??? \pm 2.0 + 0.15)\%$$

Conclusioni

La fisica del **charm** è ancora **da esplorare**



Misure di **precisione** a **BaBar** possono aiutare a costringere le predizioni di **Nuova Fisica**



Questa **analisi** è attualmente **in corso** e si dovrebbero avere i primi risultati a breve...



Grazie per l'attenzione!

BACKUP

Parametri CP violating nel charm

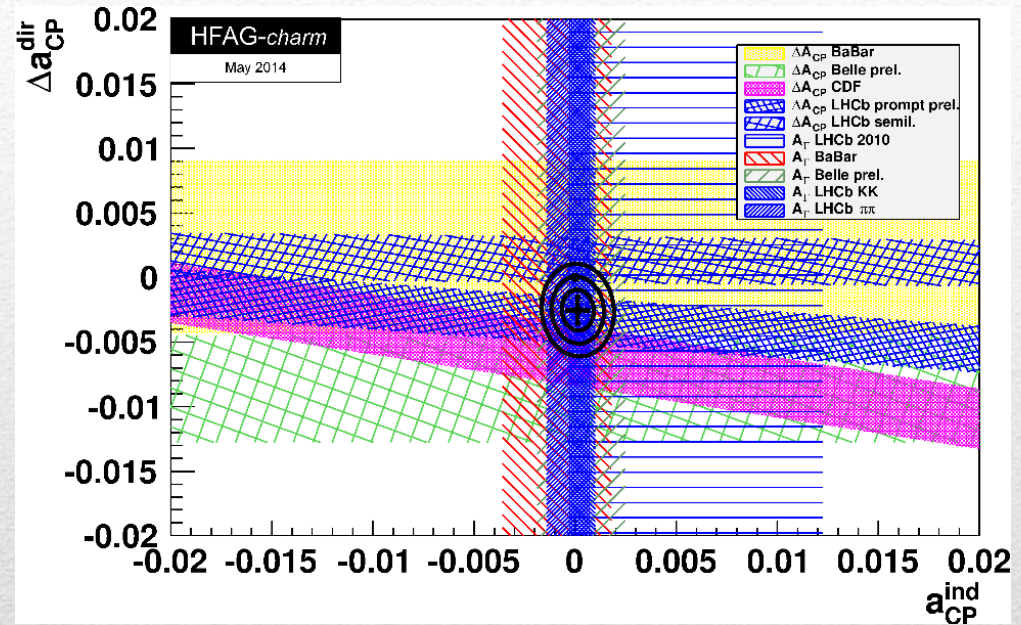
$$\Gamma^{hh} = \tau^{-1}(D^0 \rightarrow K^+K^-, \pi^+\pi^-)$$

$$\overline{\Gamma}^{hh} = \tau^{-1}(\overline{D}^0 \rightarrow K^+K^-, \pi^+\pi^-)$$

$$\Gamma = \tau^{-1}(D^0, \overline{D}^0 \rightarrow K^\pm \pi^\mp)$$

$$y_{CP} = \frac{\Gamma^{hh} + \overline{\Gamma}^{hh}}{2\Gamma} - 1$$

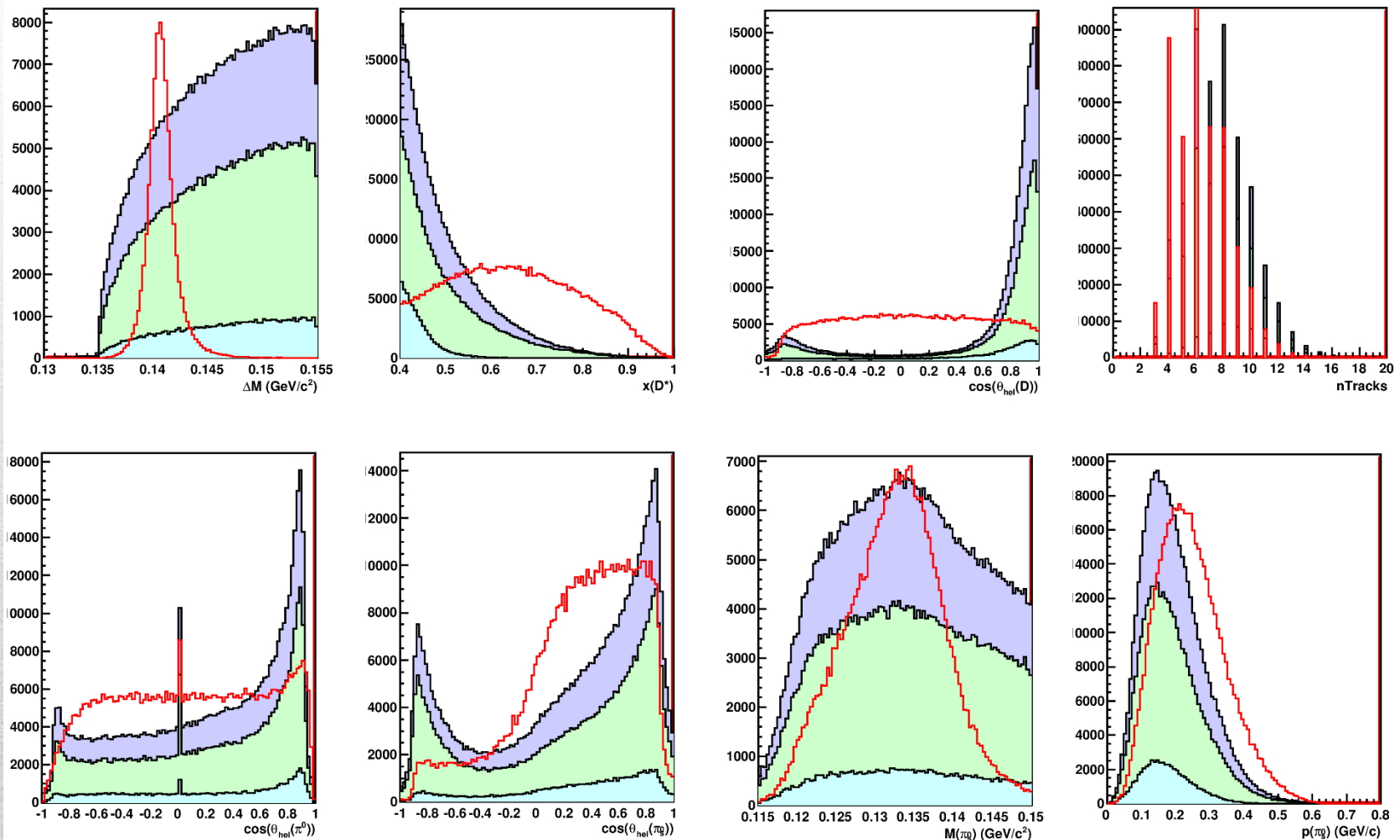
$$\Delta A_{CP} = A_{CP}(K^+K^-) - A_{CP}(\pi^+\pi^-)$$



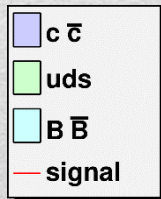
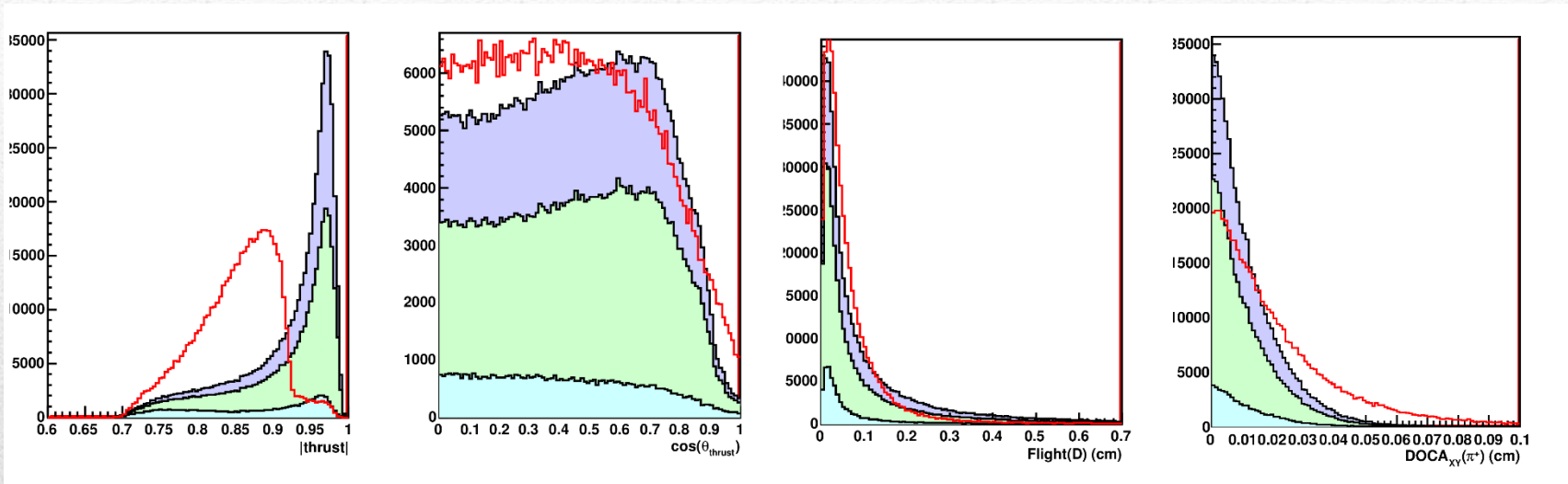
$$\Delta A_{CP} = \Delta A_{CP}^{dir} (1 + y_{CP} \Gamma\langle t \rangle) + \Gamma\Delta\langle t \rangle a_{CP}^{ind}$$

$\Gamma\langle t \rangle$ e $\Gamma\Delta\langle t \rangle$ misurano il bias delle lifetimes

Osservabili nel BDT di $D^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ (1)



Osservabili nel BDT di $D^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ (2)



Il segnale è arbitrariamente riscaldato per mostrarne la forma