

Misura delle oscillazione del sistema dei B_d al Fermilab



Fisica Nucleare e Subnucleare II – Prof. Carlo Dionisi

Marco Nardecchia

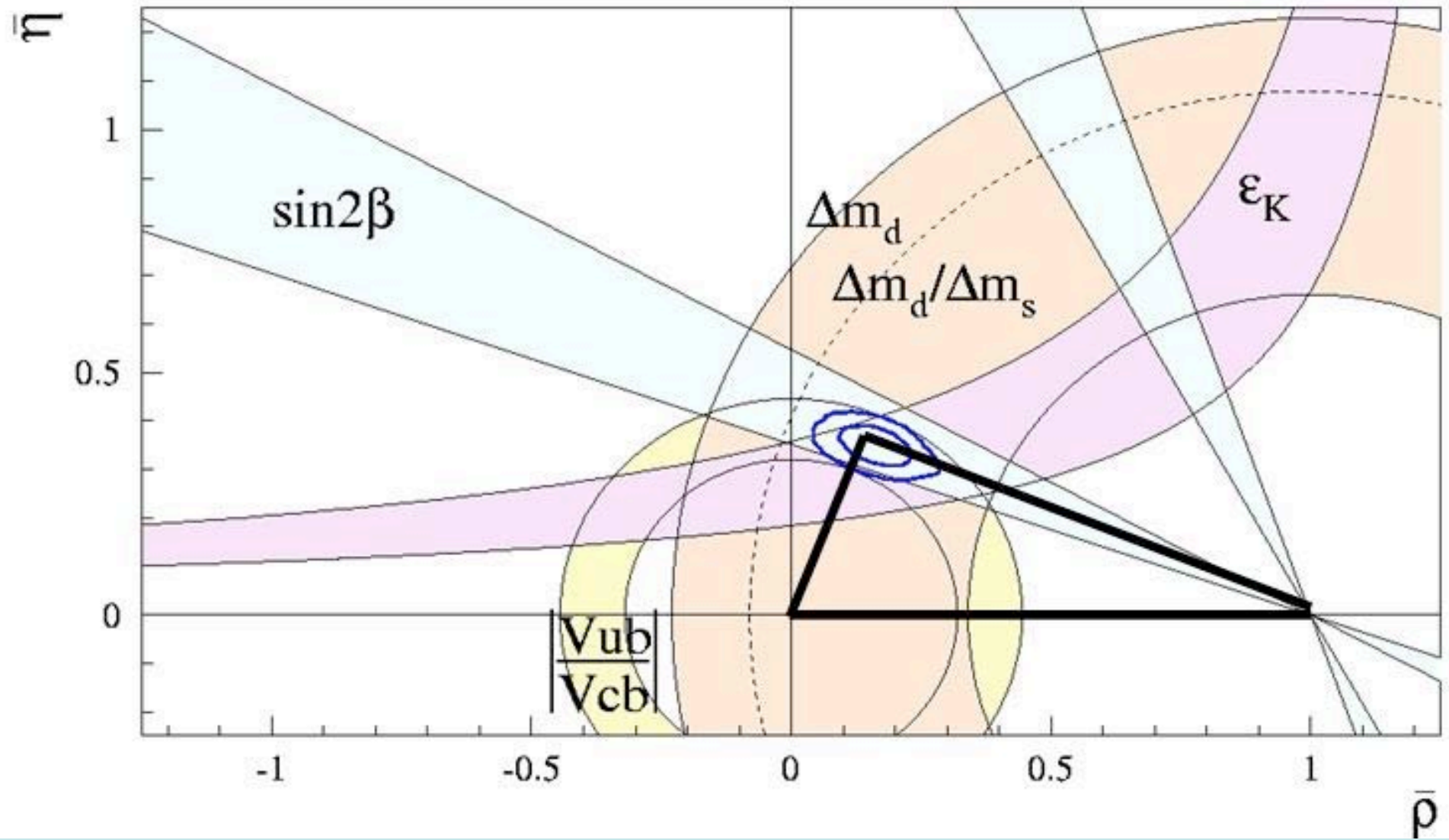
La matrice CKM

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$

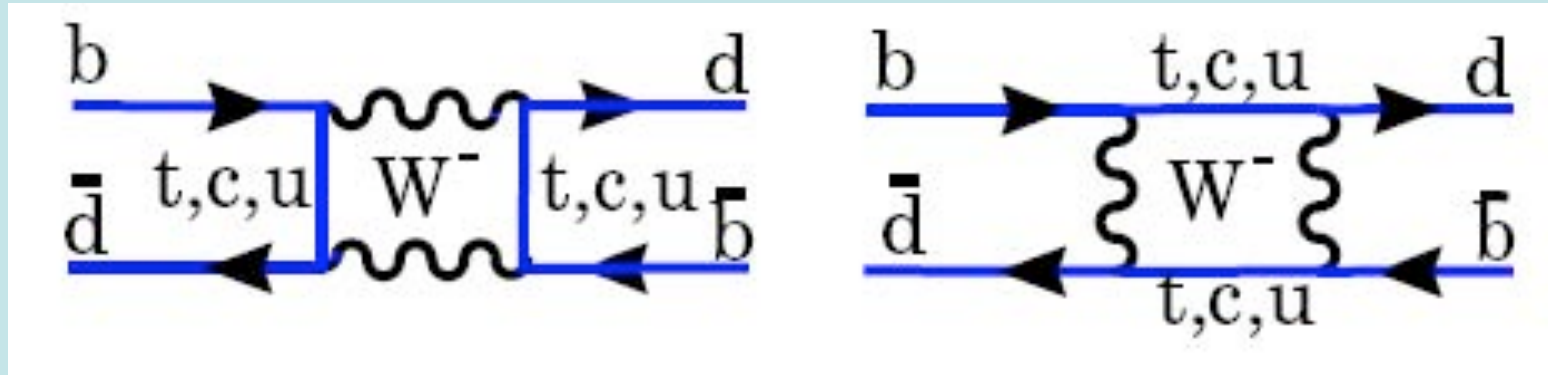
$$V_{CKM} = \begin{pmatrix} 1 - \lambda^2/2 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta(1 - \lambda^2/2)) \\ -\lambda & 1 - \lambda^2/2 - i\eta A^2\lambda^4 & A\lambda^2(1 + i\eta\lambda^2) \\ A\lambda^3(1 - \rho - i\eta) & -A\lambda^2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$V_{ub}V_{ud}^* + V_{cb}V_{cd}^* + V_{tb}V_{td}^* = 0$$

Il triangolo di unitarietà



B mixing (1)



$$|B_1^0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|B^0\rangle + |\bar{B}^0\rangle)$$

$$|B_2^0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|B^0\rangle - |\bar{B}^0\rangle)$$

$$CP|B_1^0\rangle = |B_1^0\rangle ,$$

$$CP|B_2^0\rangle = -|B_2^0\rangle .$$

$$a|B^0\rangle + b|\bar{B}^0\rangle$$

$$i\frac{d}{dt} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \left(M - \frac{i}{2}\Gamma \right) \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} .$$

B mixing (2)

$$|B_L\rangle = p|B^0\rangle + q|\bar{B}^0\rangle, \quad |B_H\rangle = p|B^0\rangle - q|\bar{B}^0\rangle,$$

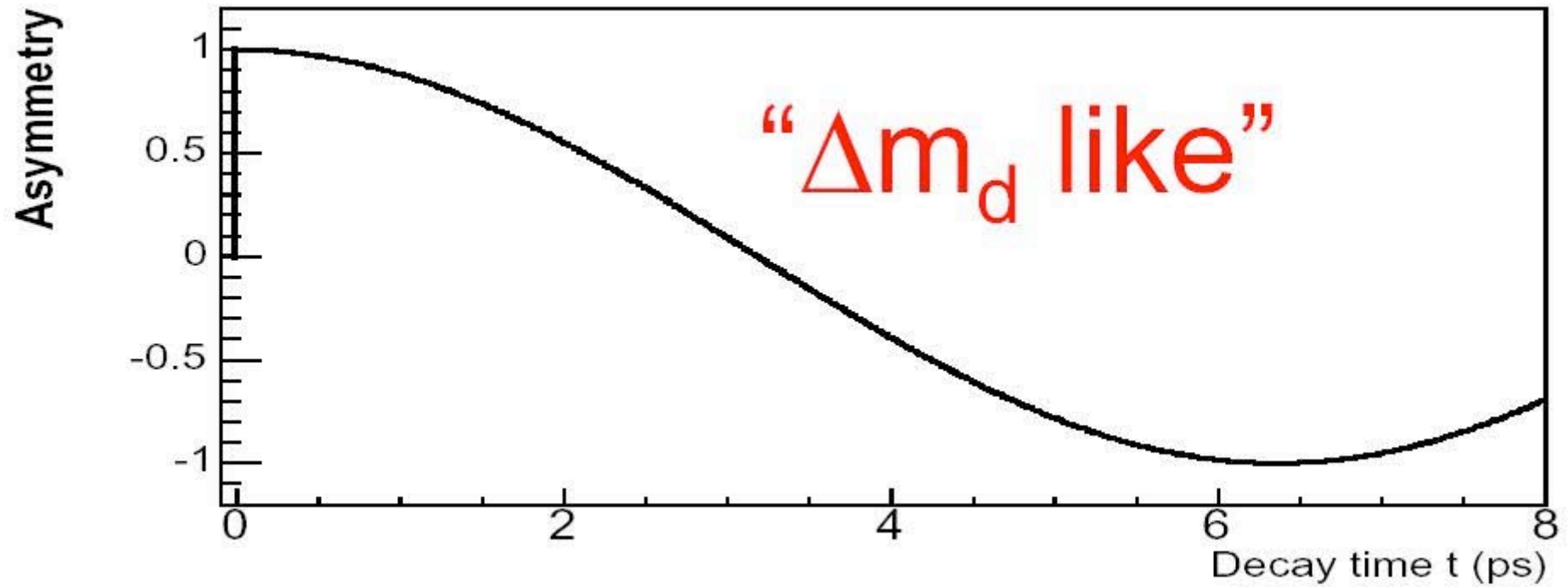
$$p = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1 + \epsilon_B}{\sqrt{1 + |\epsilon_B|^2}}, \quad q = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1 - \epsilon_B}{\sqrt{1 + |\epsilon_B|^2}}.$$

$$m = (m_L + m_H)/2, \quad \Delta m = m_H - m_L \text{ and } \Gamma = \Gamma_L \approx \Gamma_H$$

$$|B^0(t)\rangle = e^{-(im + \frac{\Gamma}{2})t} \left(\cos \frac{\Delta mt}{2} |B^0(0)\rangle + i \frac{q}{p} \sin \frac{\Delta mt}{2} |\bar{B}^0(0)\rangle \right)$$

$$|\bar{B}^0(t)\rangle = e^{-(im + \frac{\Gamma}{2})t} \left(i \frac{p}{q} \sin \frac{\Delta mt}{2} |B^0(0)\rangle + \cos \frac{\Delta mt}{2} |\bar{B}^0(0)\rangle \right).$$

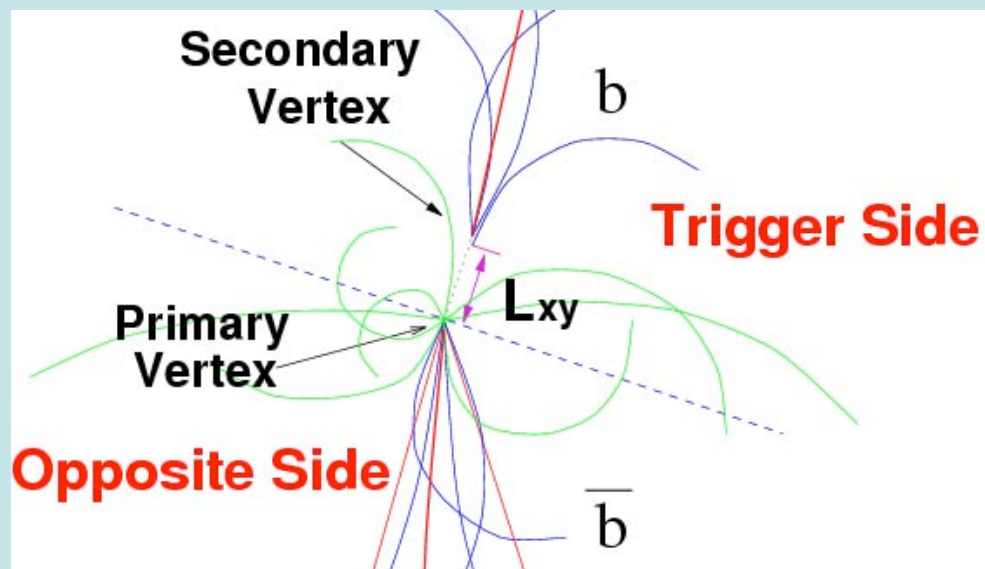
Oscillazione di sapore



Strategia di misura

Per ricavare sperimentalmente la rate che abbiamo appena visto, dobbiamo misurare

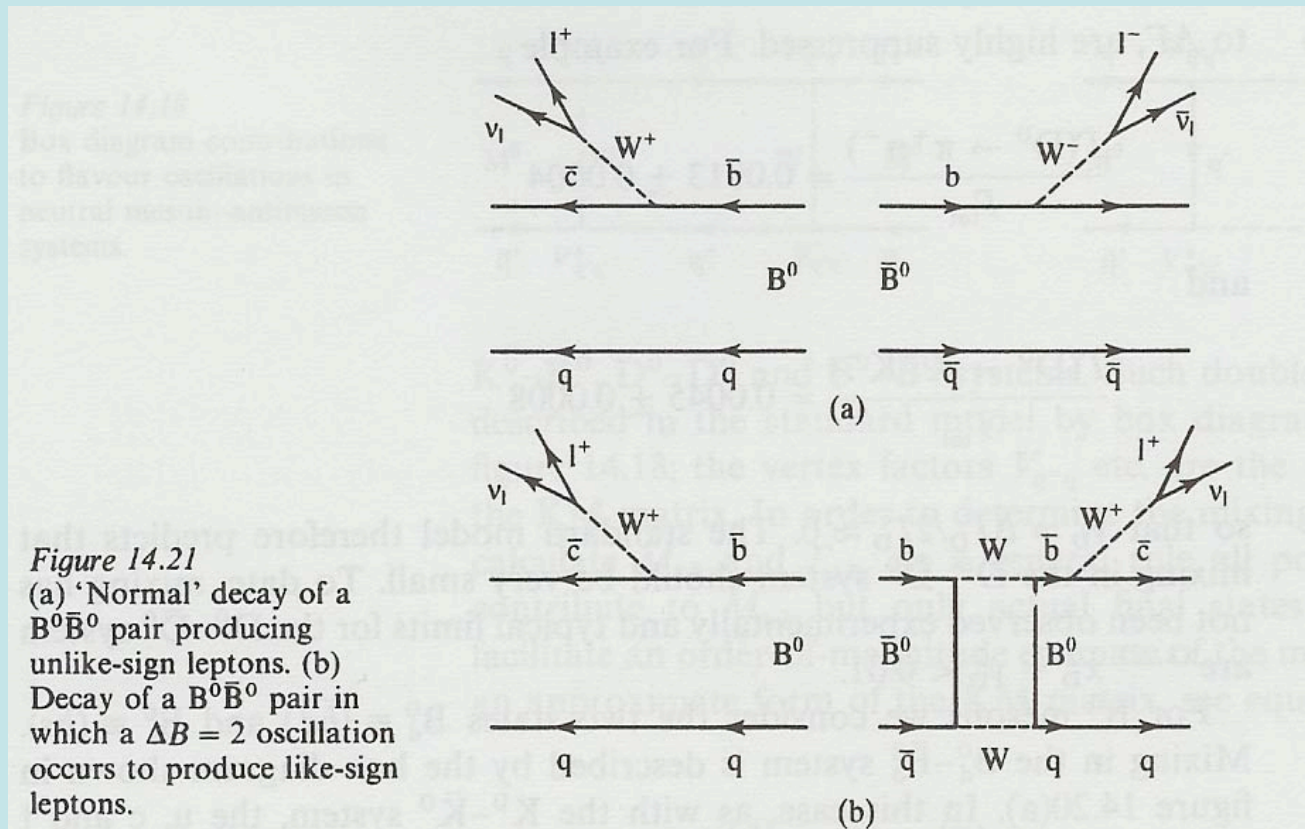
1. Il tempo proprio di decadimento
2. Il sapore del B al vertice primario
3. Il sapore del B al vertice secondario



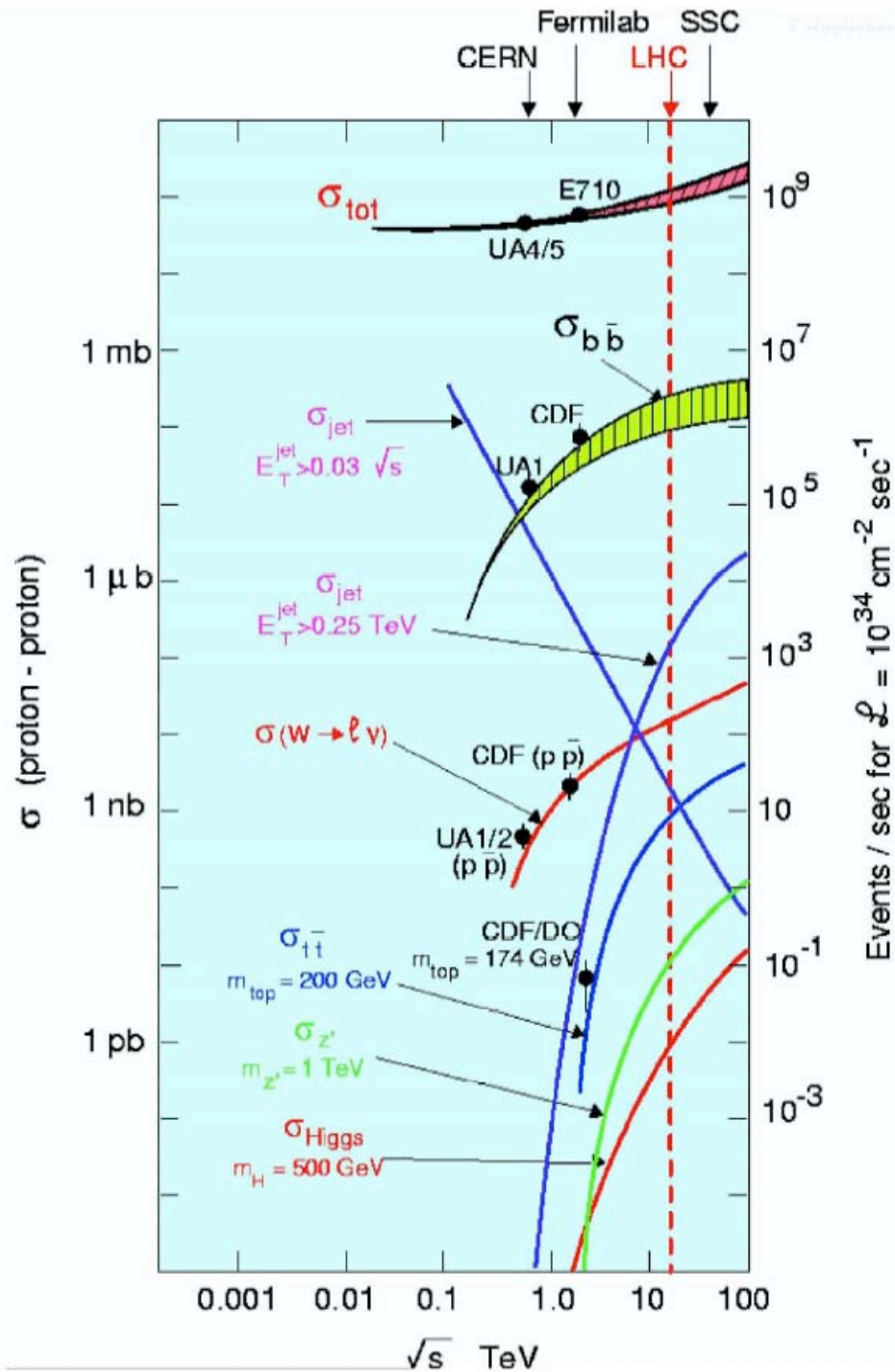
Decadimenti del B

La selezione degli eventi avviene utilizzando elettroni e muoni. Questi sono prodotti dai decadimenti semileptonici del B:

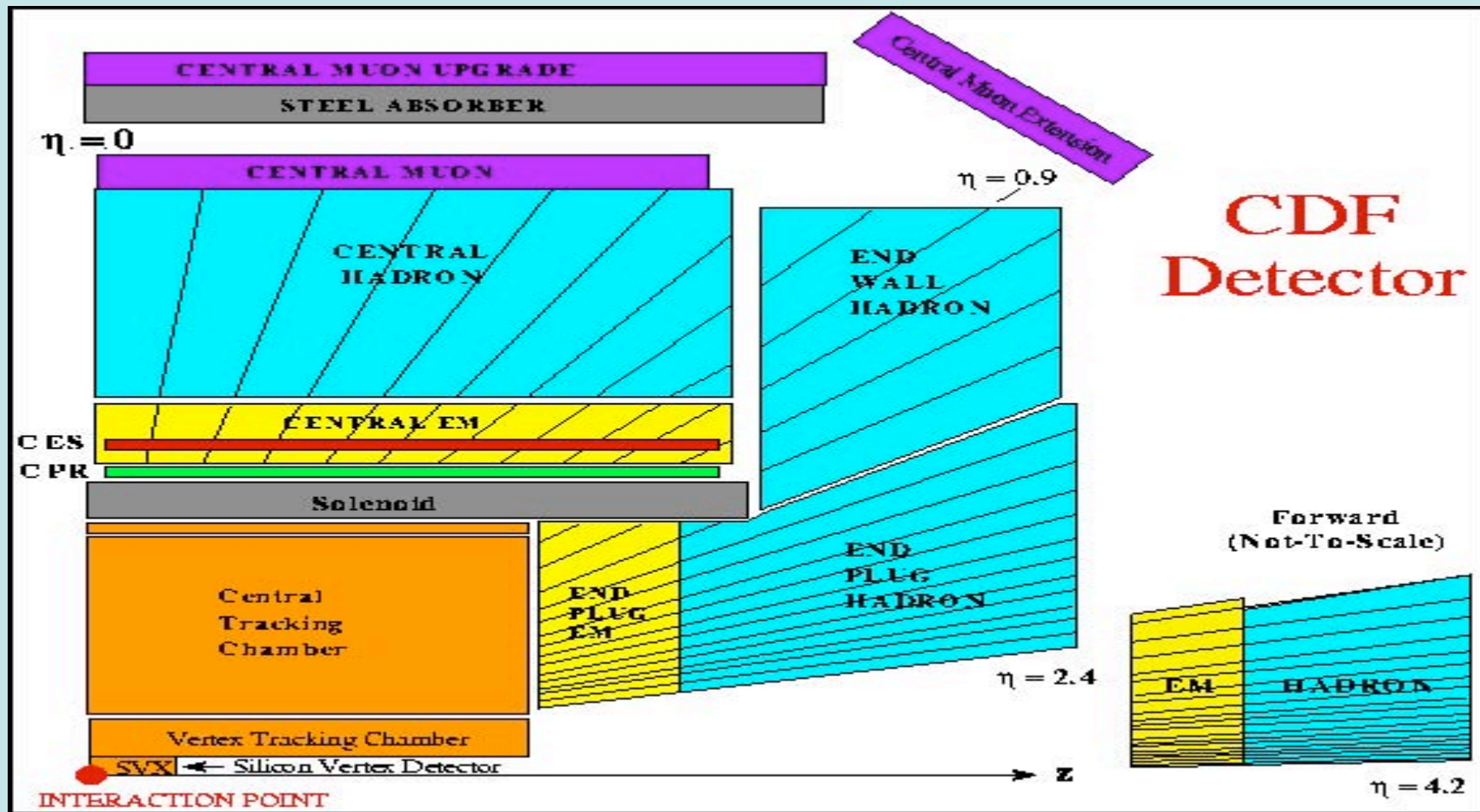
B



Sezioni d'urto



CDF detector



I numeri del detector

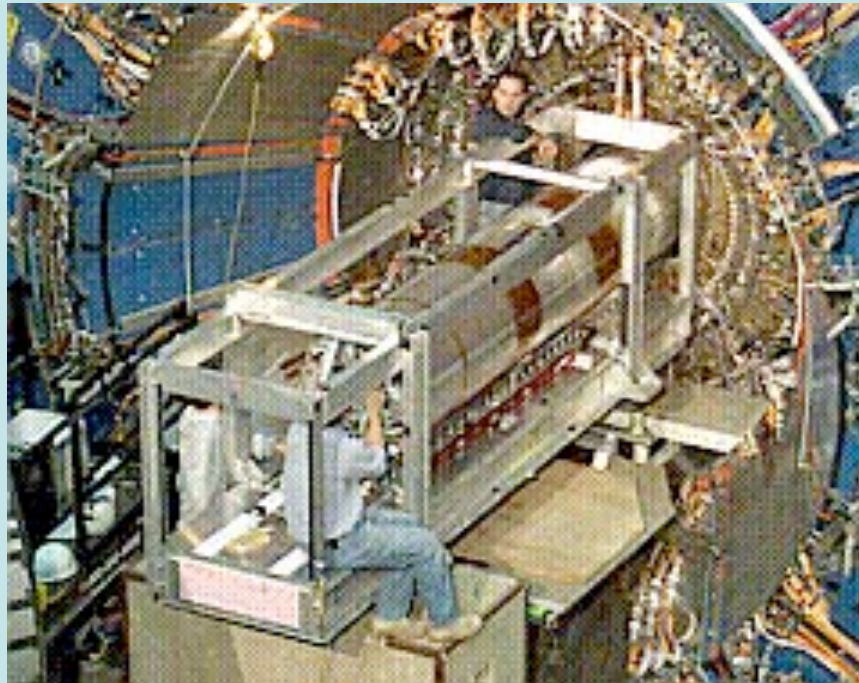
Campo magnetico 1.4 Tesla lungo l'asse z

Potere risolutivo del momento:

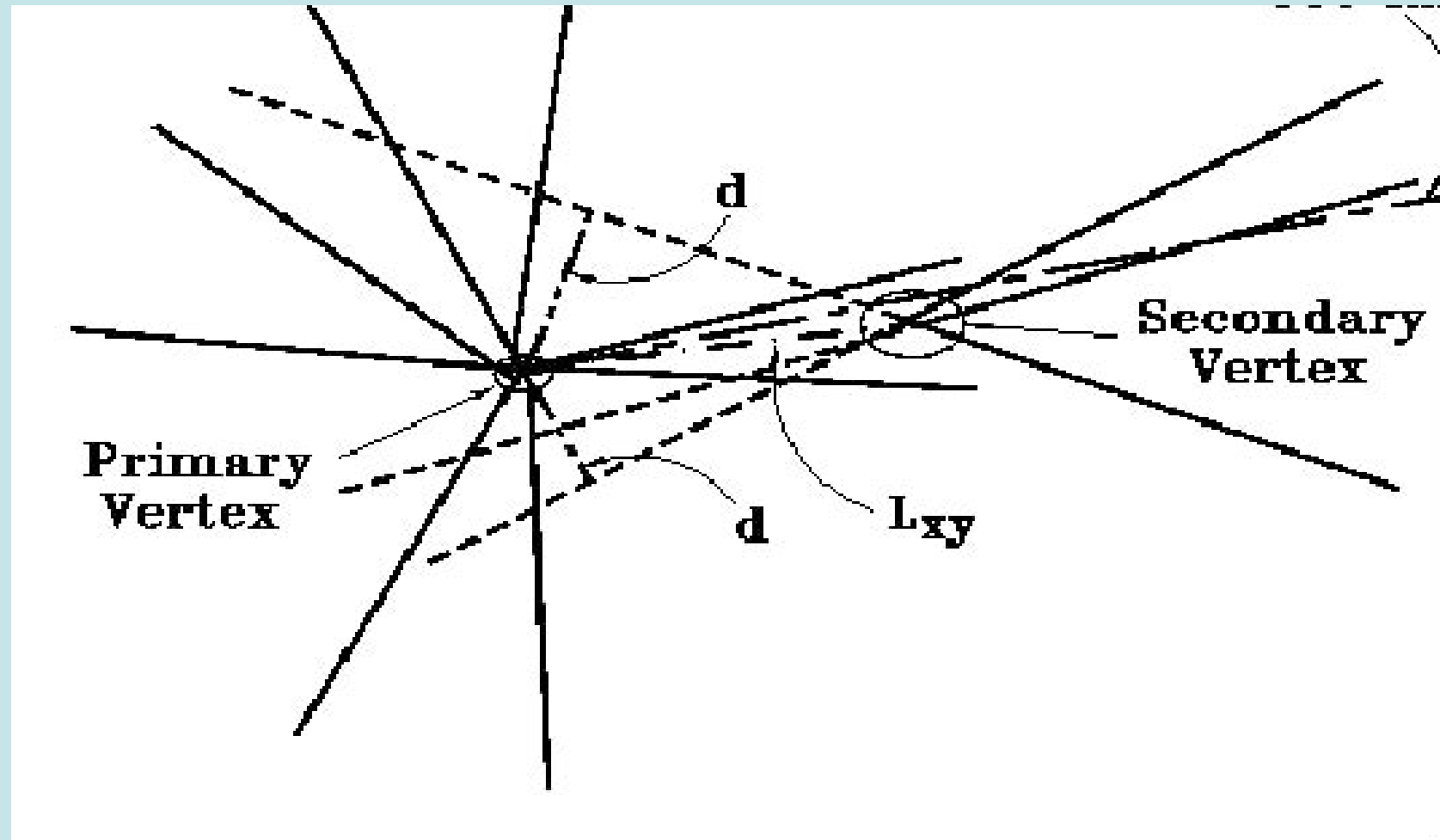
$$\delta P_T / P_T = [(0.0009 \text{ GeV}/c \cdot P_T)^2 + (0.0066)^2]^{1/2}$$

**Potere risolutivo del parametro d'impatto

$$\delta d_0 = [13 + (40 \text{ GeV}/c) / P_T] \mu\text{m}$$



Il parametro d'impatto = è la minima distanza tra la traiettoria e l'asse del fascio, proiettata sul piano ortogonale al fascio



Trigger

Il trigger è organizzato in 3 livelli

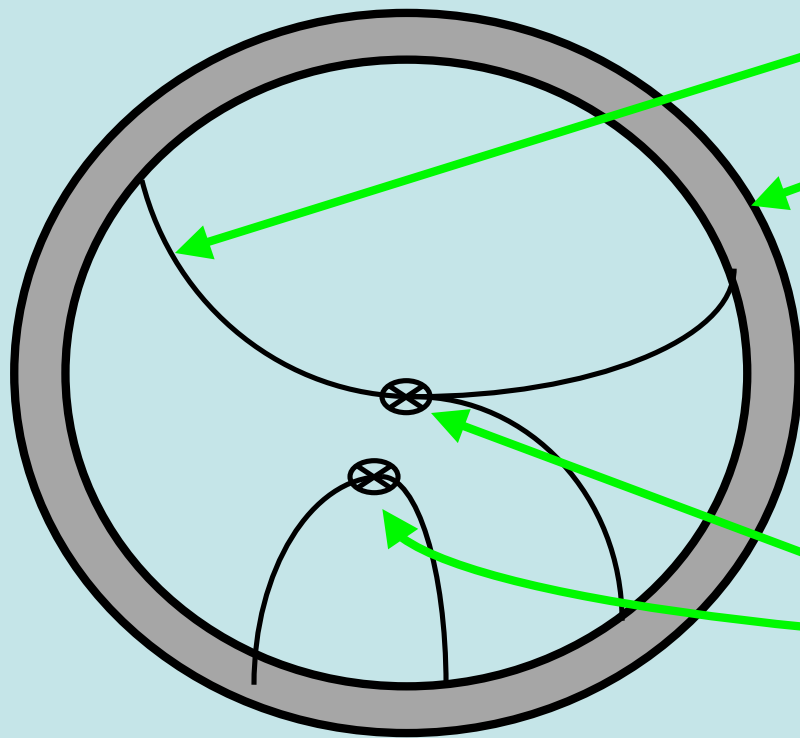


Primo: seleziono solo elettroni e muoni

Secondo: seleziono tracce con $P_T > 7.5 \text{ GeV}$

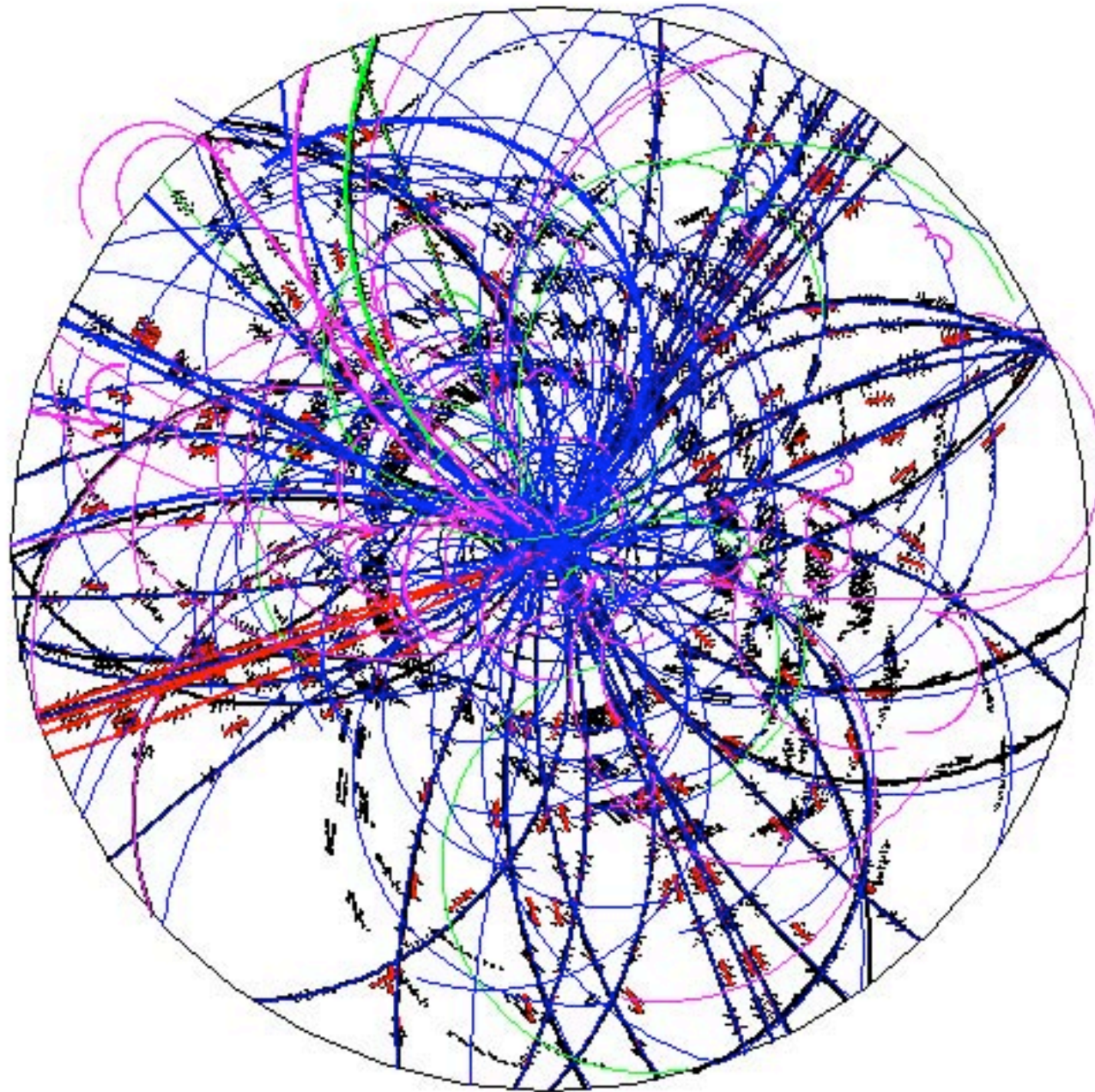
Terzo: criteri di selezioni più stringenti su elettroni e muoni utilizzando informazioni provenienti dai calorimetri

Ricostruzione di particelle cariche

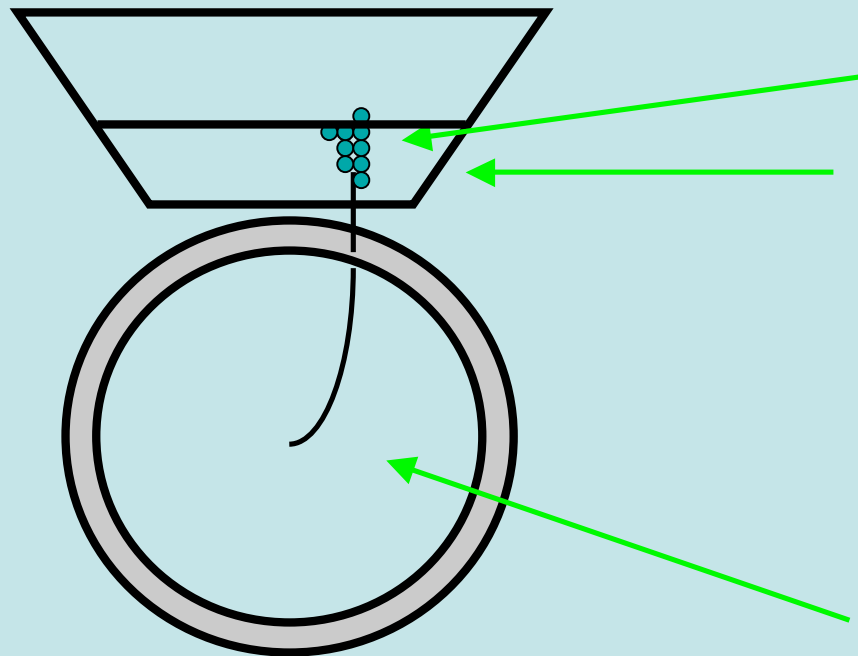


- La particella carica descrive una **traiettoria elicoidale** entro il campo B del solenoide: **dalla curvatura si ricava il PT**
- Ricostruendo la **direzione** si possono ricavare le **3 componenti di P**
- Si ricava il **vertice** da cui provengono le particelle (**primario e secondario**)

Event : 1 Run : 1 EventType : 1

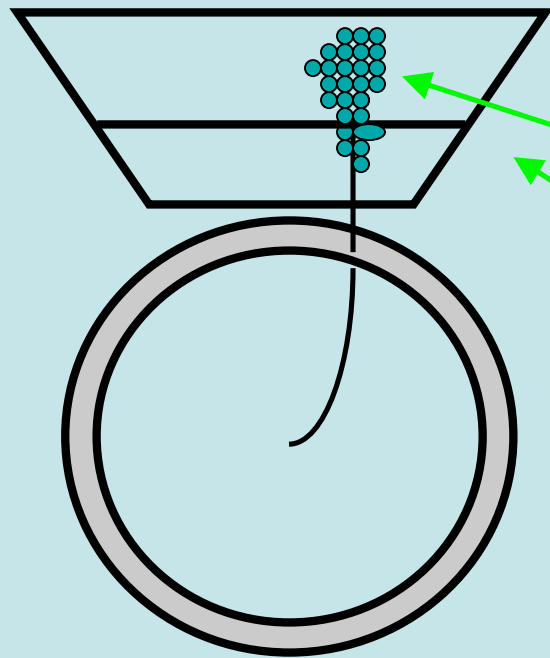


Ricostruzione di elettroni e fotoni



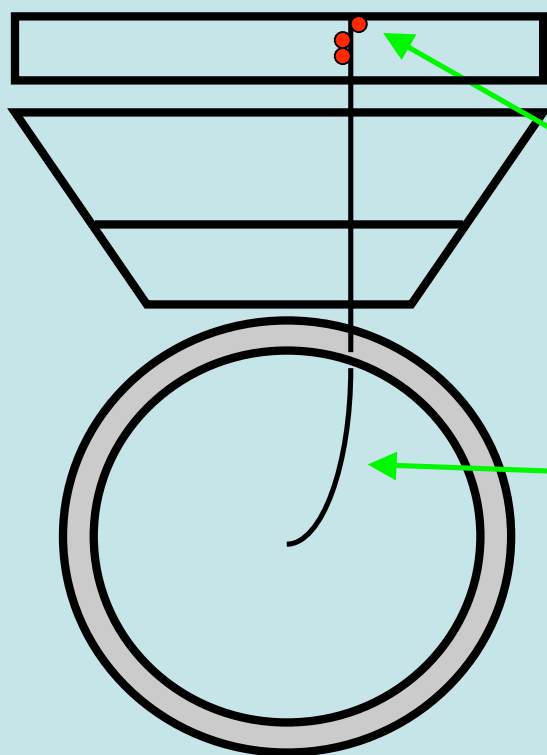
- L'elettrone (e il γ) producono uno "sciame" nel calorimetro elettromagnetico, di cui si misura energia e direzione da mettere assieme alla misura di P_T fatta dalla camera a deriva

Ricostruzione di jets adronici



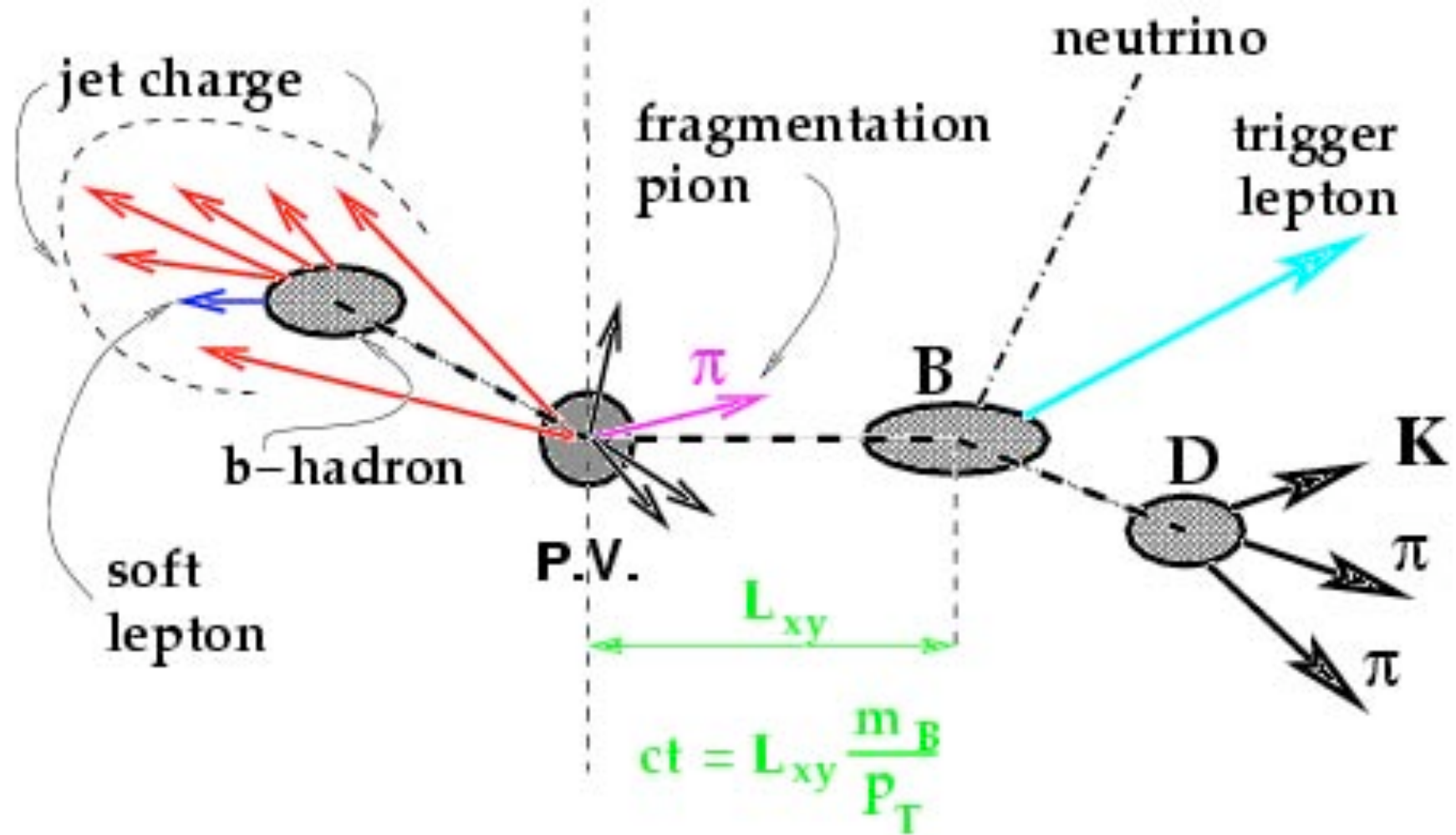
- La frammentazione di quark energetici produce jets osservabili come “sciami” nel calorimetro adronico, di cui si misura energia e direzione

Ricostruzione di muoni



- I muoni non producono “sciame” nei calorimetri, ma rilasciano un segnale nelle camere dei μ , da associare alla traccia nella camera a deriva e alla misura di P_T

Ricostruzione del vertice primario



Tempo proprio di decadimento

Dalla misura dei due vertici ricavo L_{xy} ora
posso ricavare il tempo proprio di
decadimento

$$t = (L_{xy} \cdot m_b) / (c \cdot P_T)$$

Conclusioni

The measurement of Δm_d yields

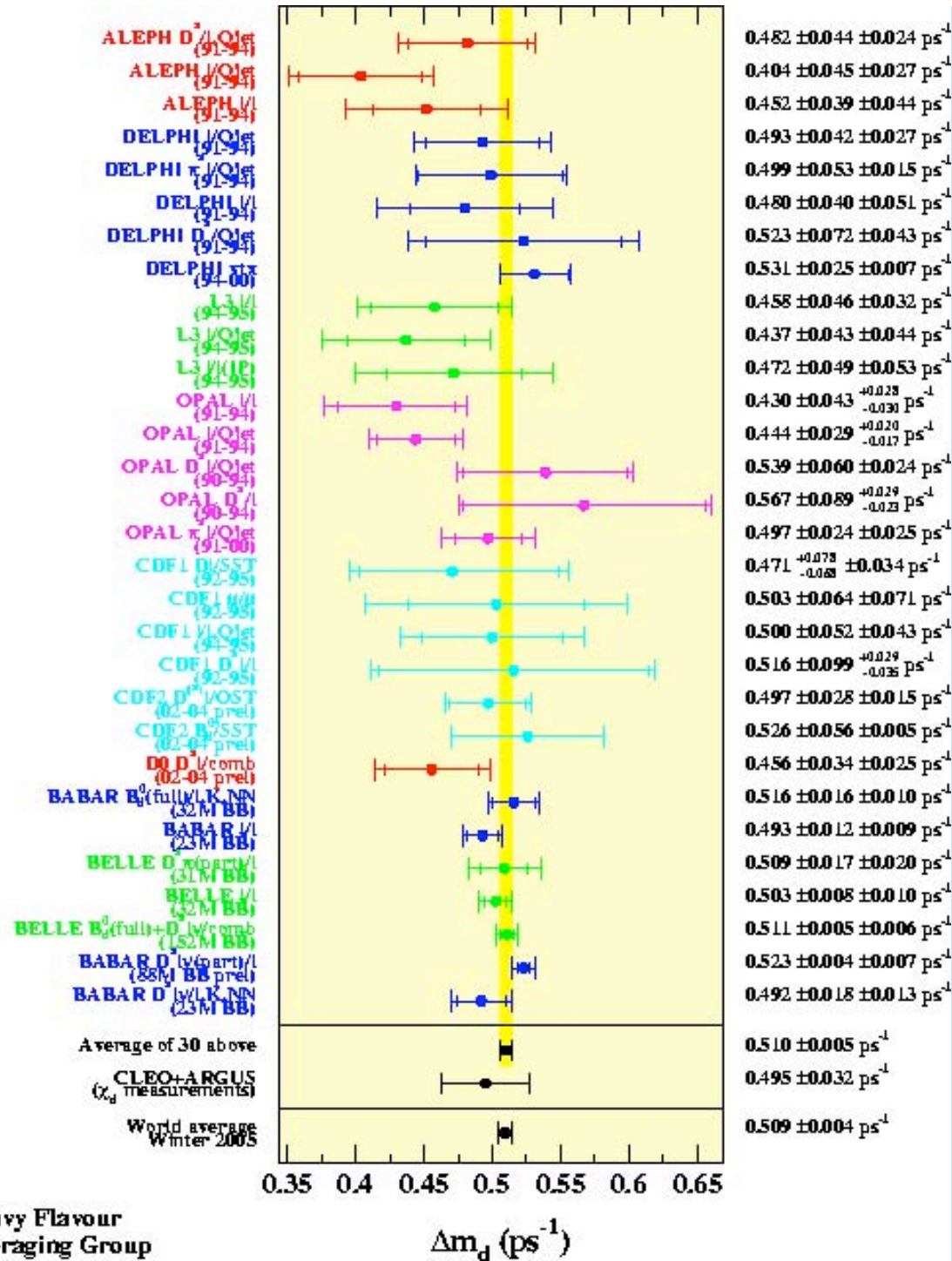
$$\Delta m_d = 0.50 \pm 0.05 \text{ (stat)} \pm 0.05 \text{ (sys)} \hbar \text{ ps}^{-1}$$

The statistical power (ϵD^2) of the flavor tagging methods was measured to be

- Jet Charge: $\epsilon D^2 = 0.78 \pm 0.12 \text{ (stat)} \pm 0.09 \text{ (sys)} \%$
- Soft Lepton: $\epsilon D^2 = 1.07 \pm 0.09 \text{ (stat)} \pm 0.10 \text{ (sys)} \%$.

Dove D è la diluizione definita da:

$$D = \frac{N_{\text{tag}} - N_{\text{mistag}}}{N_{\text{tag}} + N_{\text{mistag}}}$$



Infine riportiamo le misure fatte fino ad oggi della frequenza di oscillazione