

# Identificazione di quark b

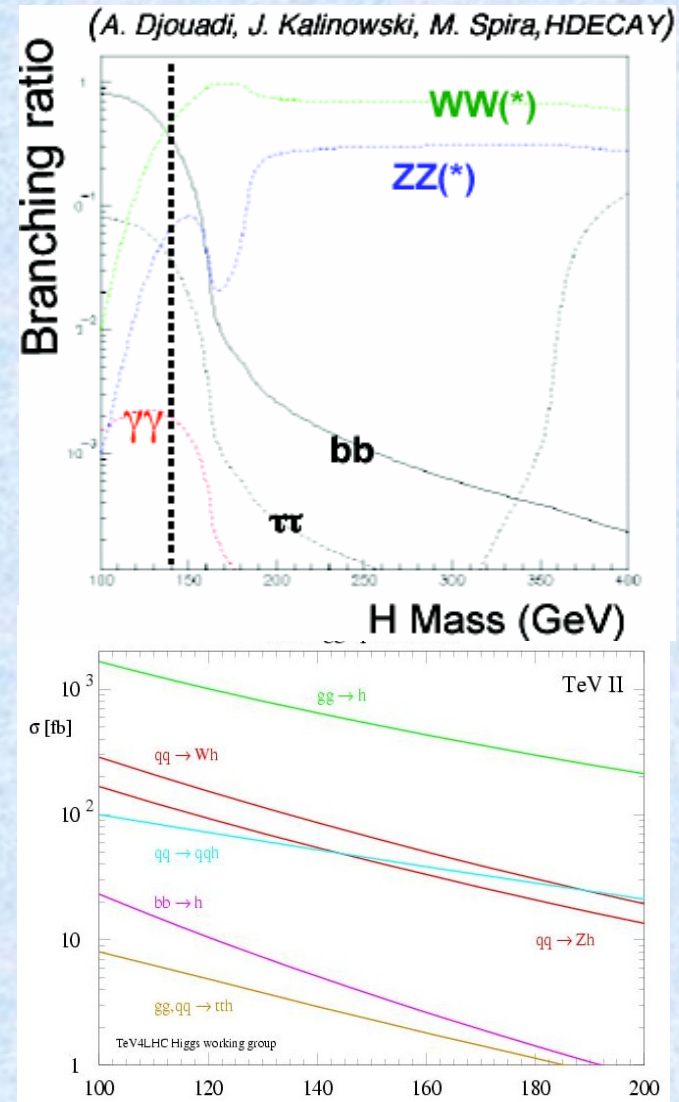
Corso Fisica Nucleare Specialistica

Sapienza Università' di Roma

Dott. Marco Rescigno

# Ricerca di Higgs e rivelazione di b-jet

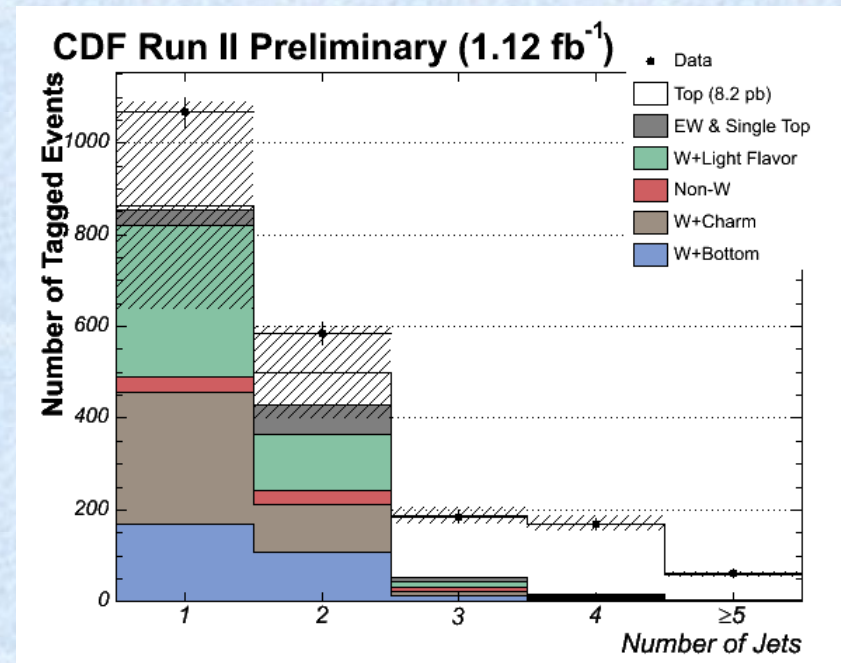
- Per SM Higgs accoppiamento di Yukawa ai quark  $\propto m_b$
- Accoppiamento ai quark di tipo down in SUSY amplificati di un fattore  $\tan\beta$
- Decadimenti in b-quark segnatura caratteristica per la ricerca dell'Higgs SM a bassa massa ovvero per la ricerca di SUSY Higgs (H,A)
- La rilevanza di ciascuno canale dipende dal rapporto segnale-fondo (Tevatron  $\neq$  LHC)





# Fisica con il sample lepton + jet

- Grande parte del programma di fisica del Run II al Tevatron ha come segnatura  $W(Z) + (b)\text{jets}$
- Top
  - Misure di precisione ad un collider adronico
- Single Top
  - Un'esempio di fisica di scoperta non "facile"
- Higgs a bassa massa
  - Quello che rimane da fare...
- Vedremo in dettaglio tutti questi aspetti e vedremo alcune applicazioni degli algoritmi avanzati discussi in precedenza



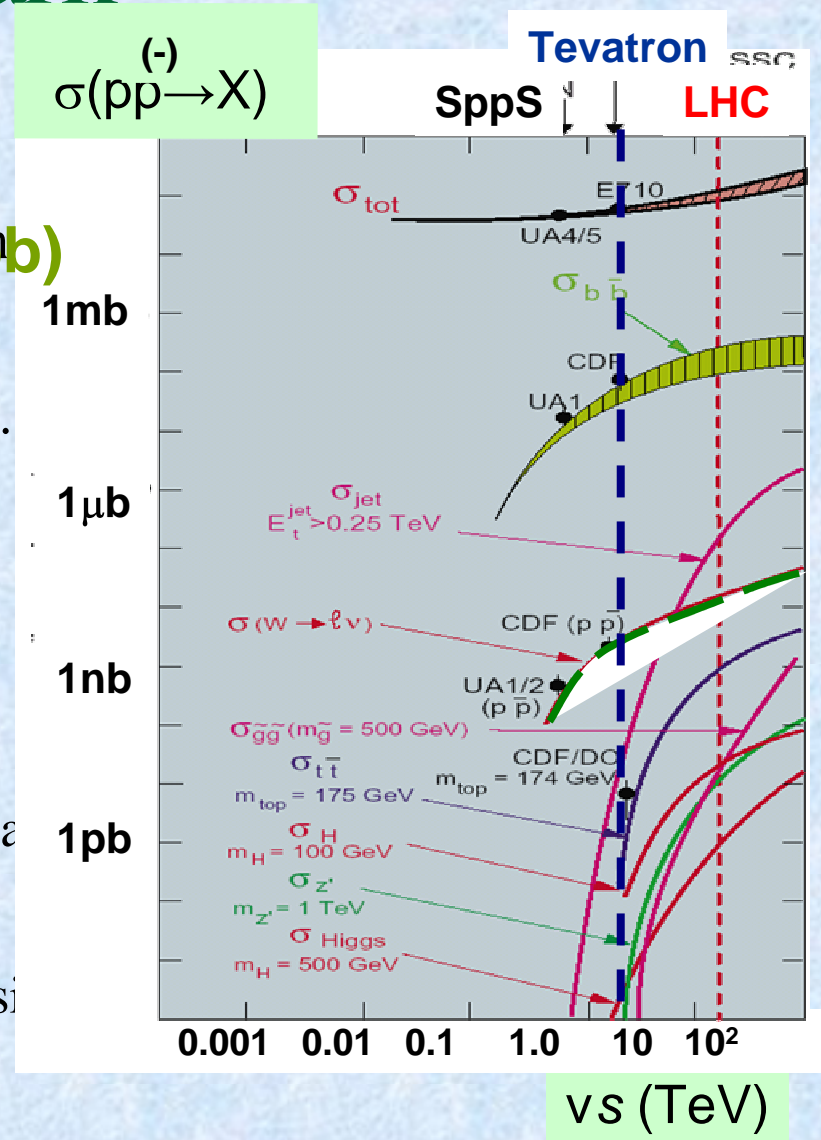
# Contenuti di questa lezione

- Dai b-quark ai b-jet
  - Produzione
  - Parton shower
  - Frammentazione & adronizzazione
  - Decadimento degli adroni con b
- Cenni ai rivelatori di vertice
- Tecniche di identificazione di b-jet
  - Decadimenti semileptonici
  - Parametro di impatto e ricostruzione dei vertici secondari
- Misura dell'efficienza e della reiezione del background
  - Double tags/System 8
  - Negative tags, asymmetry corrections
- Un'applicazione di reti neurale al b-tagging



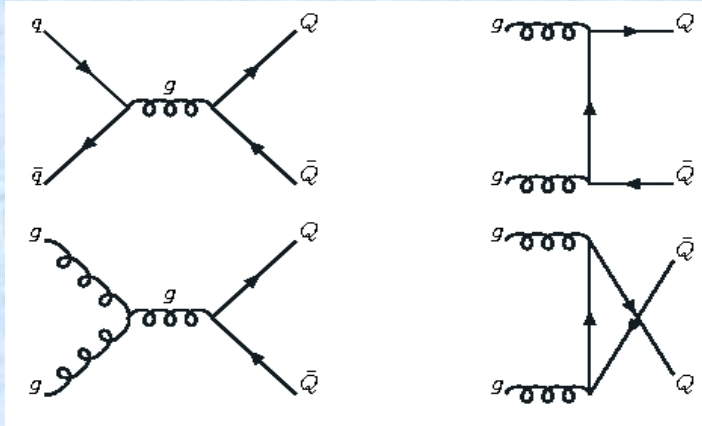
# Produzione di b-quark

- Ai collider protone-(anti)protone la fisica della produzione di b-quark e' complicata dalla natura non puntiforme delle particelle dello stato iniziale
- Stato finale molto piu' complesso di quanto accadeva per esempio al Lep...
- Sezioni d'urto  $O(1/1000) \sigma_{tot}$
- La misura della sezione d'urto di produzione di b ad alto impulso trasverso e' un importante verifica del Modello Standard:
  - Verifica del corretto controllo della descrizione teoria del processo e della conoscenza del rivelatore
  - Utilizza alcune tecniche di base impiegate nella rivelazione di processi piu' rare (e piu' interessanti)

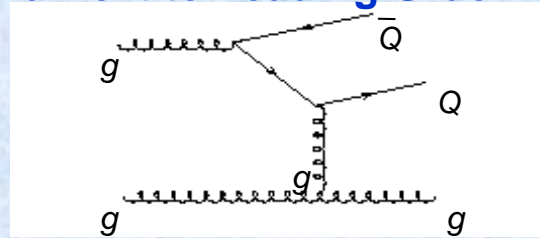


# Produzione di coppie di b-quark

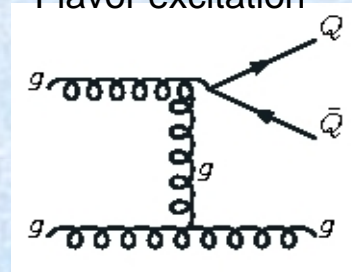
## Leading Order and Next to Leading Order



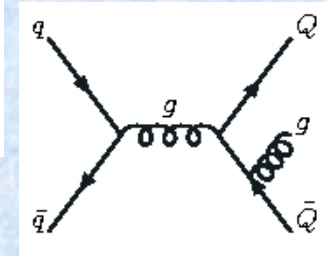
Flavor creation



Flavor excitation



Gluon splitting



and ... radiative corrections

Observed

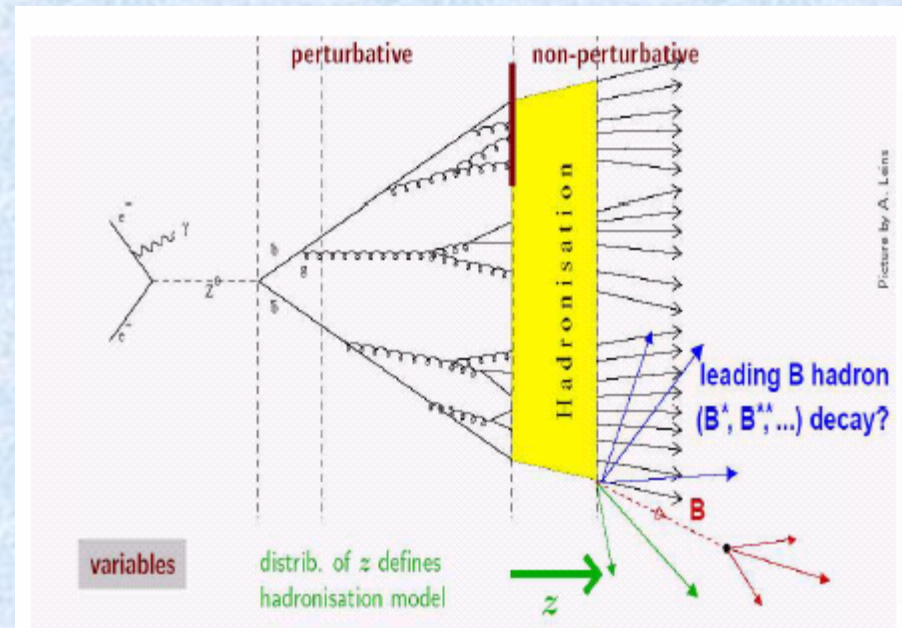
$$\frac{d\sigma(p\bar{p} \rightarrow B/DX)}{d p_T(B/D)} = \underbrace{\frac{d\sigma(q\bar{q}/gg/qg \rightarrow b/cX)}{d p_T(b/c)}}_{\text{NLO QCD}} \otimes \overset{\text{Proton structure}}{\uparrow} F^{p\bar{p}} \otimes \overset{\text{Fragmentation}}{\downarrow} D^{b/c \rightarrow B/D}$$

- Sezione d'urto espressa come convoluzione tra parte perturbativa ed effetti non calcolabili (fragmentation)



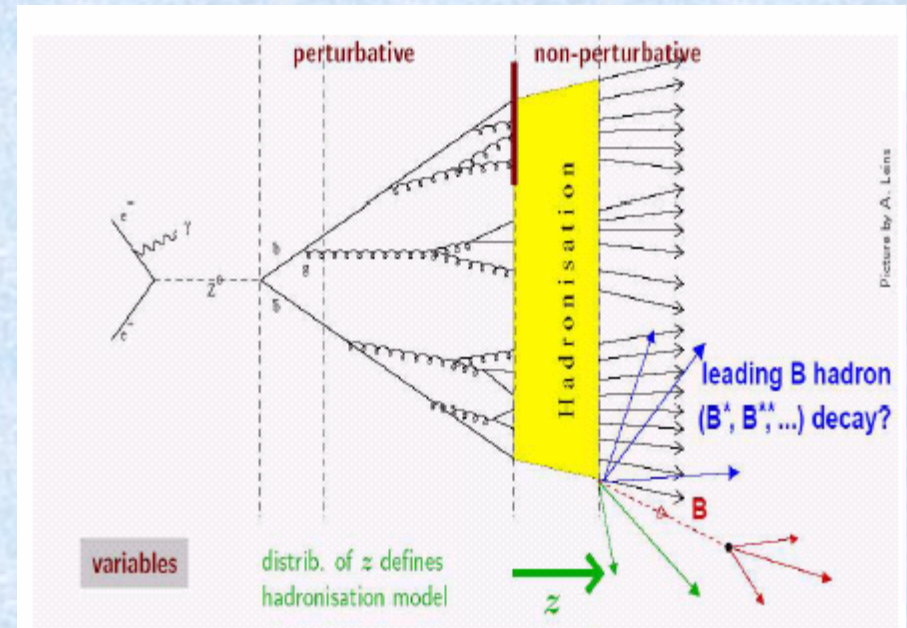
# QCD radiation

- Radiazione di gluoni
- Calcoli perturbativi ad ordine fissato consentono di tenere in conto l'emissione di radiazione hard in forma di jet "separati" da quello del quark  $b$
- Generatori moderni ME + parton shower + matching condition consentono permettono la simulazione di questo processo



# Frammentazione (I)

- Emissioni di radiazione di QCD soffice e collineare
- Meccanismo alla base della produzione dei “jet” nei nostri rivelatori
- Processo non perturbativo descritto da modelli semi-empirici in Pythia o Herwig
- Vanno tunati ai dati



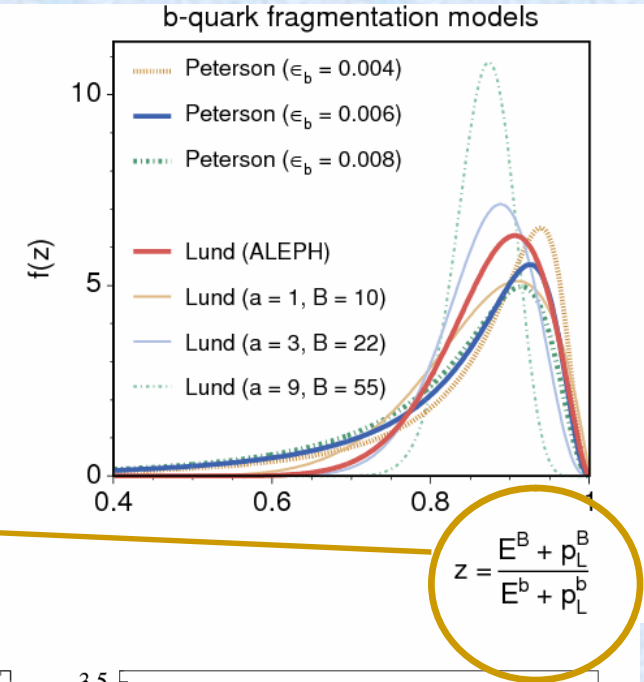


# Frammentazione (II)

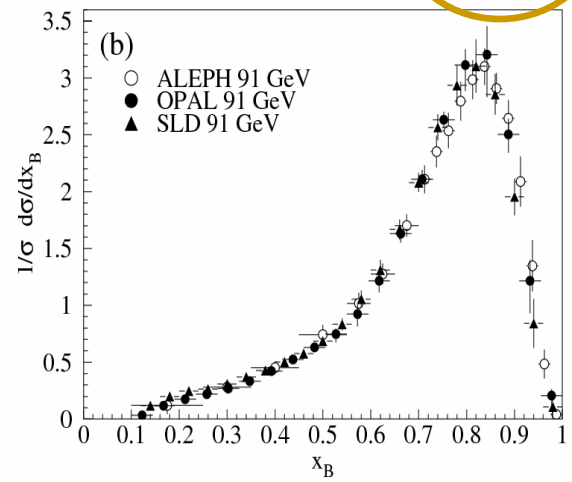
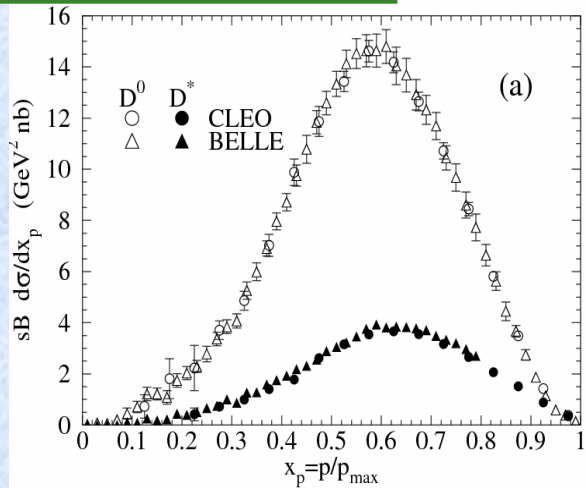
- A causa della massa grande dei quark b la frazione di impulso trasferita all'adrone finale con b e' elevata (al contrario di quello che succede per i quark leggeri)
- Parametrizzazioni empiriche usate nei MC. Per esempio Lund o Peterson models:

$$f_L(z) \propto \frac{1}{z} (1-z)^a \exp\left(-\frac{B}{z}\right)$$

$$f_P(z) \propto \frac{1}{z} \left(1 - \frac{1}{z} - \frac{\epsilon_b}{1-z}\right)^{-2}$$

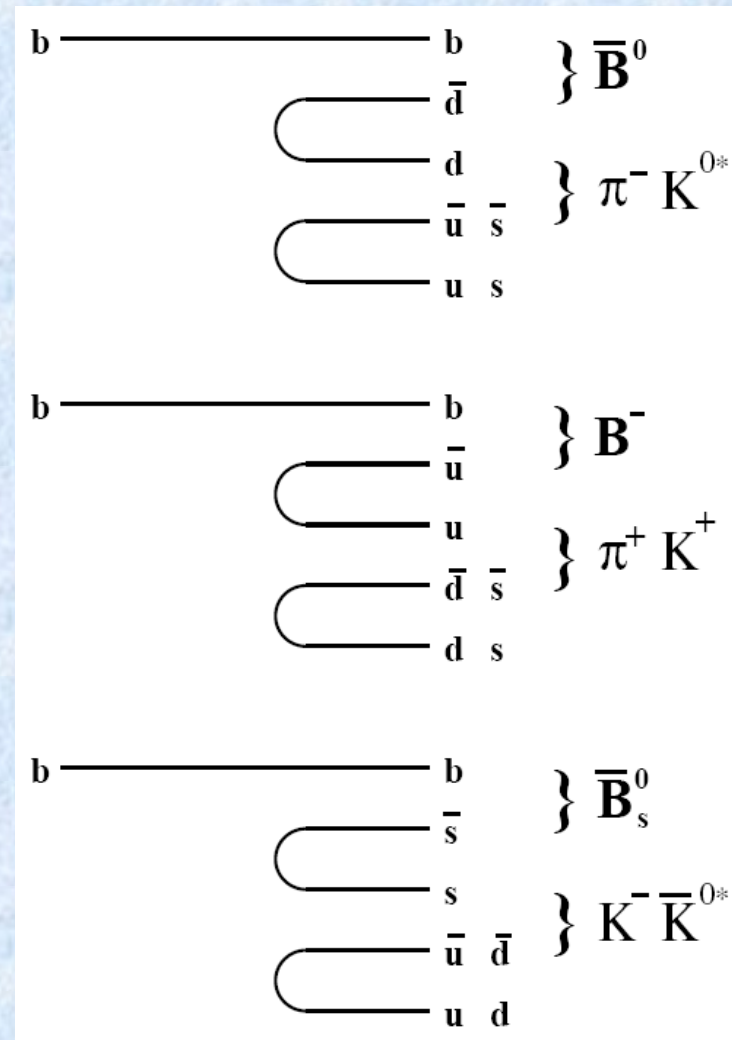


- Essenziali I dati di LEP (energia dei jet vincolata a  $M_Z/2$ )



# Adronizzazione

- Lo step finale che porta alla formazione delle particelle adroniche (colorless) nello stato finale
- Il flavor dell'adrone finale dipende dalla probabilita' relativa di pop-up di coppie u-ubar+d-dbar, s-sbar ovvero c-cbar ( $B_c$ ) etc.
- Rapporti di produzione misurati a lep/tevatron:  
Fu:fd:fs:fL:fc
- Dipendenza dall'energia?

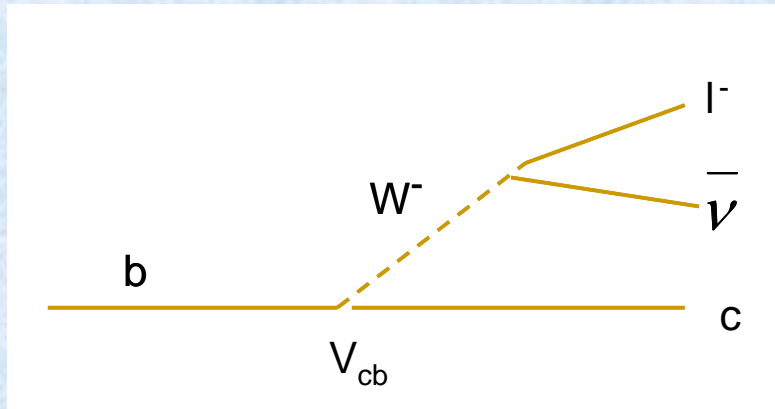




# Decadimenti degli adroni con b

## ■ Decadimenti deboli

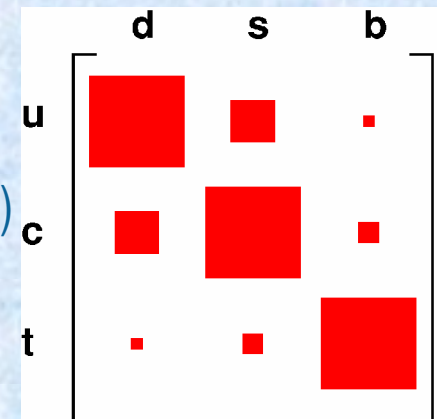
- Vita media  $\propto G_F |V_{cb}|^2 m_b^5 \approx 1.5 \text{ ps}^{-1}$



$$V = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}$$

$$V_{CKM} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{1}{2}\lambda^2 - \frac{1}{8}\lambda^4 & \lambda & A\lambda^3(\rho - i\eta) \\ -\lambda + \frac{1}{2}A^2\lambda^5[1 - 2(\rho + i\eta)] & 1 - \frac{1}{2}\lambda^2 - \frac{1}{8}\lambda^4(1 + 4A^2) & A\lambda^2 \\ \boxed{A\lambda^3[1 - (1 - \frac{1}{2}\lambda^2)(\rho - i\eta)]} & \boxed{-A\lambda^2 + \frac{1}{2}A\lambda^4[1 - 2(\rho + i\eta)]} & 1 - \frac{1}{2}A^2\lambda^4 \end{pmatrix} + o(\lambda^6)$$

Large CPV                      Suppressed CPV



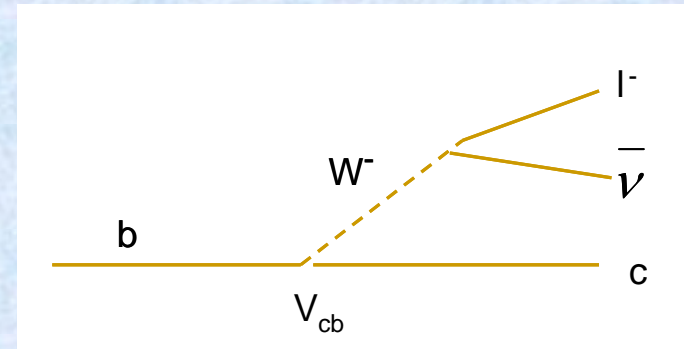
# Decadimenti degli adroni con b

## ■ Decadimenti deboli

- ❑ BR semileptonico 10.7 %
- ❑ Decadimenti con vertici multipli ( $\text{Br}(D^{(*)}D^{(*)}) \sim 20\%$ )
- ❑ Molteplicita' carica  $\sim 5$
- ❑ Massa invariante elevata ( $m_b \sim 5 \text{ GeV}/c^2$ )

## ■ Proprieta' di decadimento di adroni con beauty e charm simulate attraverso librerie di decay modules e basi di dati sperimentali da B-factories + Tevatron + CLEO-c in programmi dedicati (e.g. EvtGen )

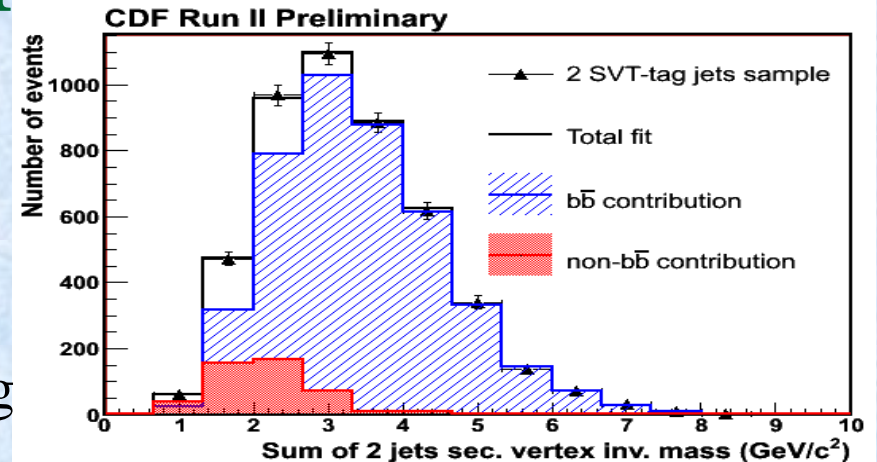
## ■ Mettendo tutto insieme...



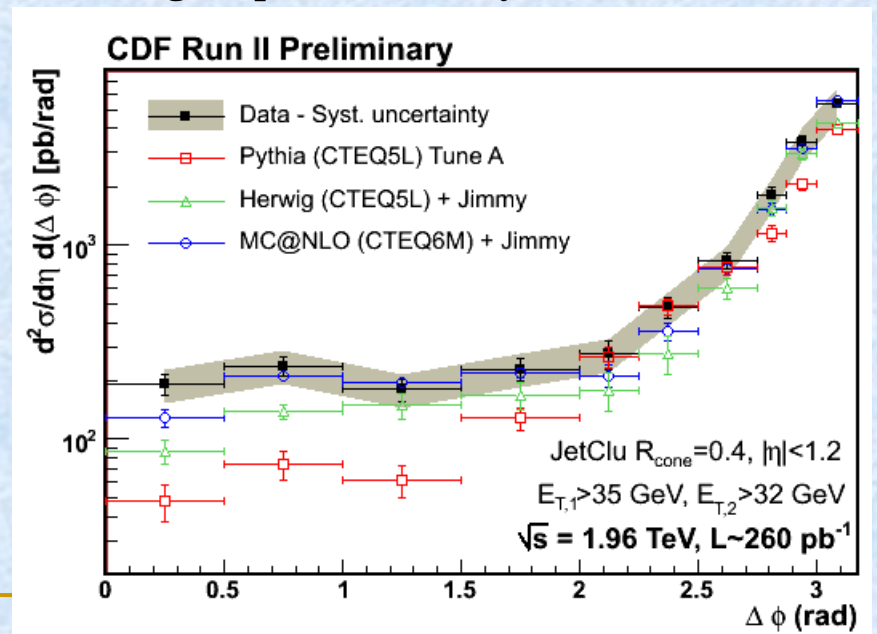
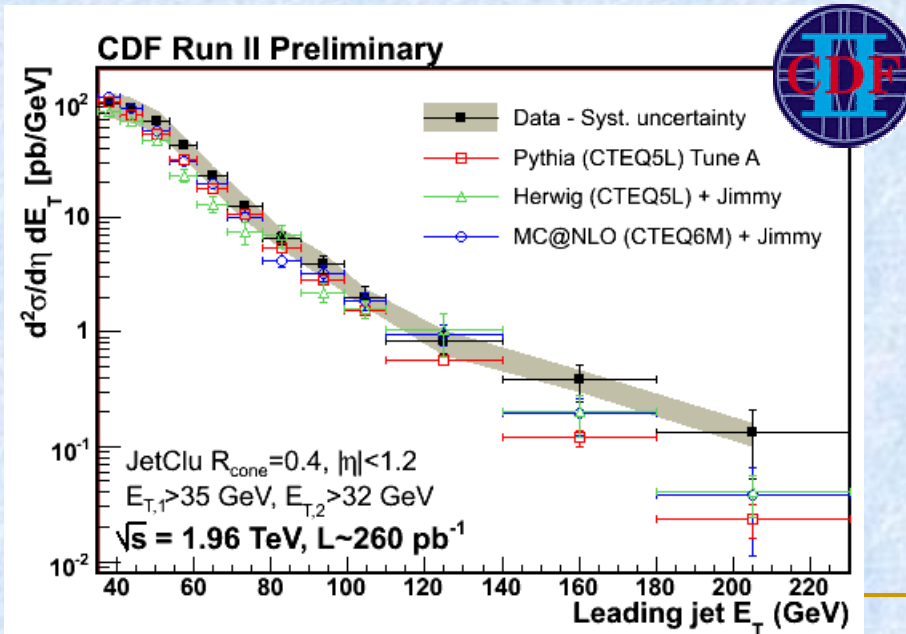


# Inclusive bb di-jets production

- Trigger Specifico basato su SVT (Secondary Vertex Trigger).
- I diversi meccanismi di produzione all'opera:
  - Flavor creation at high  $\Delta\phi$
  - Flavor excitation or gluon splitting at low  $\Delta\phi$

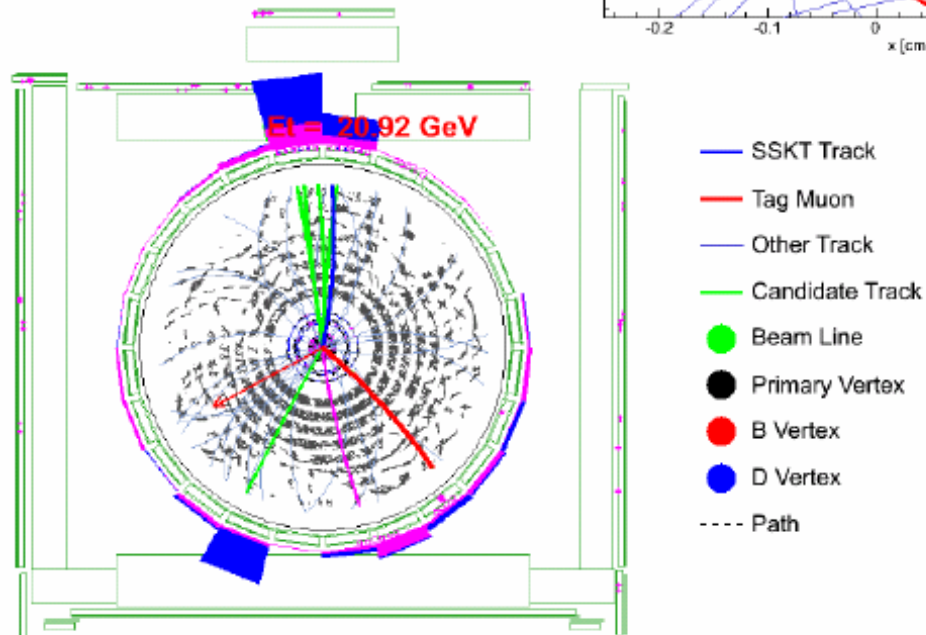


Purity  $\sim 85\%$  : extracted from data using shape of secondary vertex mass



# Un tipico evento di B (Low-Pt)

Run 204720, Event 109026





# Identificazione di b-jet ai collider

- **Handle che abbiamo a disposizione per distinguere b quarks da light flavor e charm:**
  - ❑ **long lifetime** of the  $B$  hadrons
  - ❑ **large mass** of  $B$  hadrons
  - ❑ **semileptonic decay** of  $B$  hadrons
- **Difficolta' ad un collider adronico:**
  - ❑ **Environment** complicato nel tracking
  - ❑ **Multiple interactions** in ciascun crossing
  - ❑ **No  $Z \rightarrow b\bar{b}$  peak** con il quale calibrare (vedi Lep) e non abbastanza(?) top (vedi LHC)
  - ❑ Calibration samples abbondanti (trigger) – difficolta' nell'estrapolazione agli spettri tipici dei segnali interessanti
- **Difficolta' legate ai charm-jets:**
  - ❑ Charm **nonzero lifetime**
  - ❑ **Massa intermedia** dei charmed hadrons
  - ❑ **semileptonic decay** simile al  $B$

# Algoritmi di identificazione di b-jet

- Due grandi classi di algoritmi: soft lepton tags e lifetime based tags

	Soft Lepton Tag		Lifetime Tag	
	Pros	Cons	Pros	Cons
Efficienza		✓	✓	
Purezza	✓			✓
Dipendenza MC	✓			✓
Complessita' algoritmo	✓			✓
Dipendenza dal tracciamento interno	✓			✓
Dipendenza dalla luminosita'	✓			✓

- Complementari (e ortogonali) importante svilupparli entrambi specie nelle fasi iniziali di un esperimento (limitata comprensione del rivelatore/tracking)

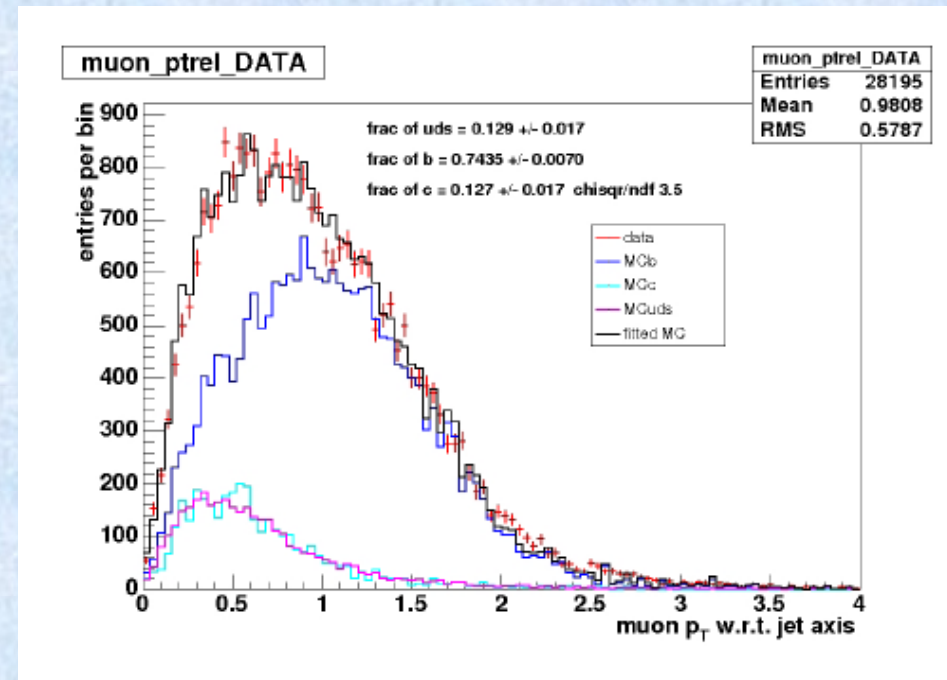


# Identificazione di b-jet – lepton tag

- Identificazione di elettroni e muoni dai decadimenti semileptonici all'interno di jet

$$p_T^{rel} = p_T^\mu \cdot \cos(\angle_{\mu}^{jet})$$

- Per fine tuning e misura della purezza del campione selezionato
- Detector issues:
  - Rivelazione di leptoni di bassa energia
  - segmentazione, muon fake rate, photon conversions
- Grandi sample di leptoni inclusivi di bassa energia per studio e calibrazione



- Typical efficiency for fiducial muon jet: 80%
- Typical fake rate 1%

# Identificazione di b-jet – lifetime tag

- Basata sulla ricostruzione delle tracce nello spettrometro interno...la misura del parametro di impatto
- In un ambiente complesso necessita' di riconoscere il primary vertex, controllo beam line
- Detector issues: silicon trackers e segmentazione → pixel (essenziale per ridurre pile-up)
- Grandi sample di leptoni inclusivi di bassa energia per la calibrazione oppure top!



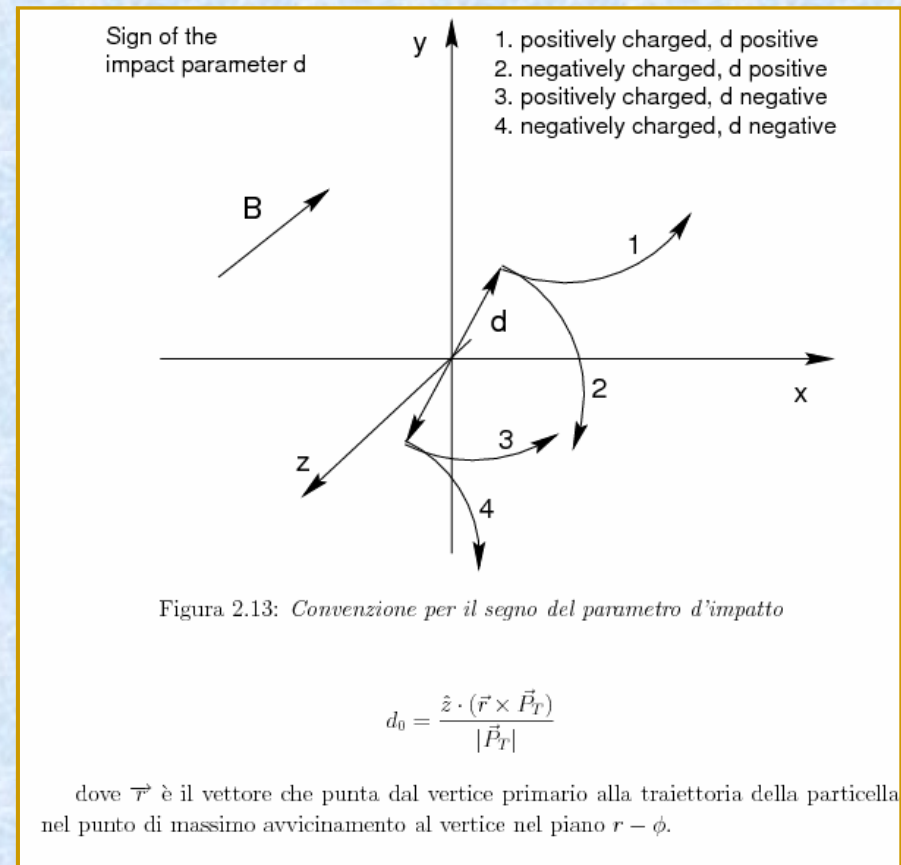
# Parametro di impatto

- Traiettoria di particelle cariche in un campo solenoidale (caso tipico per esperimenti a fasci collidenti, almeno nella regione piu' vicino al punto di collisione) descritta da 5 parametri:

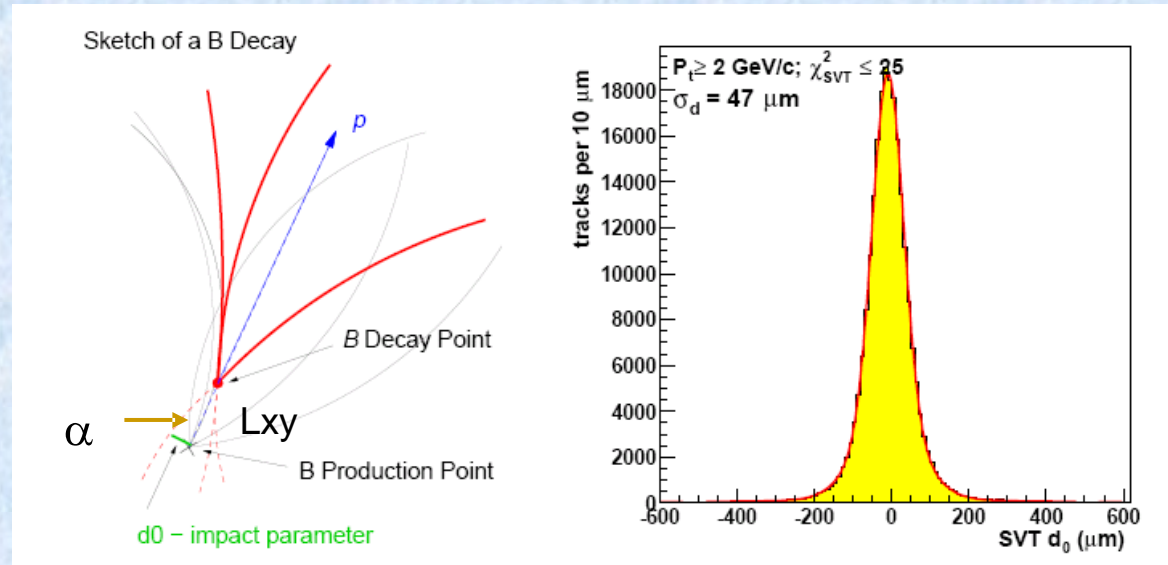
$$T = T(p_T, \varphi, \eta, d_0, z_0)$$

- Impulso trasverso ( $p_T$ ) azimut e rapidita'
- Parametro di impatto ( $d_0$ ) e origine in  $z$  ( $z_0$ ) lungo l'asse dei fasci legate alla definizione di un punto origine: tipicamente il punto di interazione
- In questo caso la distribuzione di  $d_0$  e  $z_0$  sono date dalla convoluzione della risoluzione sperimentale con la distanza percorsa dalla particella instabile che ha originato la particella carica in questione

- La definizione geometrica del parametro di impatto nel piano trasverso corrisponde alla distanza della traiettoria dal punto origine nel punto di massimo avvicinamento ad esso. La grandezza ha un segno definito tipicamente come nello schema qui sopra riportato



# Parametro di impatto e vita media



- Parametro di impatto invariante relativistico al primo ordine:

$$d = L_{xy} \cdot \sin(\alpha) \approx \gamma c \tau \cdot \alpha$$

$$\alpha = p_T / p \approx \frac{m_B / 2}{p_B / 2} = 1 / \gamma$$

$$d \approx c \tau$$

- Risoluzione necessaria per risolvere vertici secondari non dipende da  $p_B$

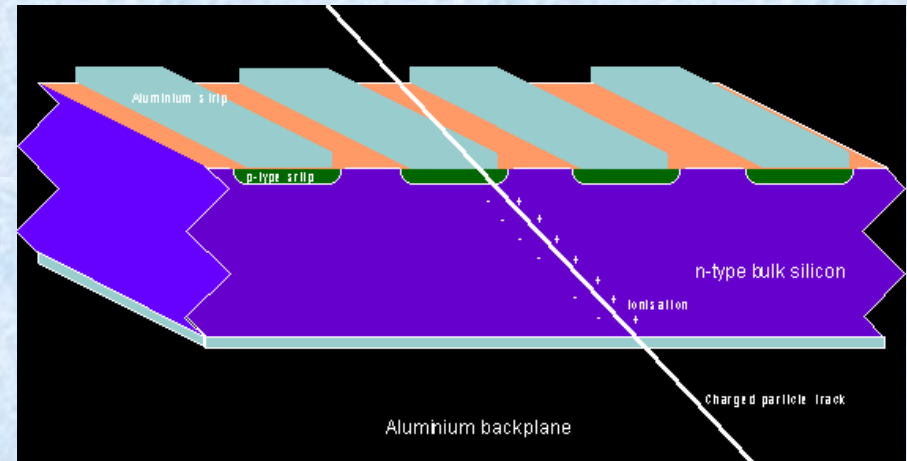


# Silicon Detectors

[<http://hepwww.rl.ac.uk/OpenDays98/Detectors/silicon.htm>]

- Silicon, a semiconductor, can be fabricated in two forms; n type, with a surplus of electron sites in the crystal lattice, and p type, with a deficit of electron sites in the crystal lattice.
- The majority of silicon detectors consist of n type bulk material. The back face has an aluminium contact over the complete surface. The front face has p type silicon strips implanted in the surface. These p type strips have aluminium strips on their surface. The aluminium strips are separated from their associated p type silicon strips by a thin insulator. An electric field is applied between the p strips and the back face.
- When a charged particle passes through a silicon detector it creates ionisation in the bulk of the silicon. This frees electrons from the atoms of the silicon and leaving these atoms with an electron vacancy. These vacancies are referred to as "holes".

Vedi anche: Dan Green "The physics of Particle Detectors", Cambridge University Press, cap. 9

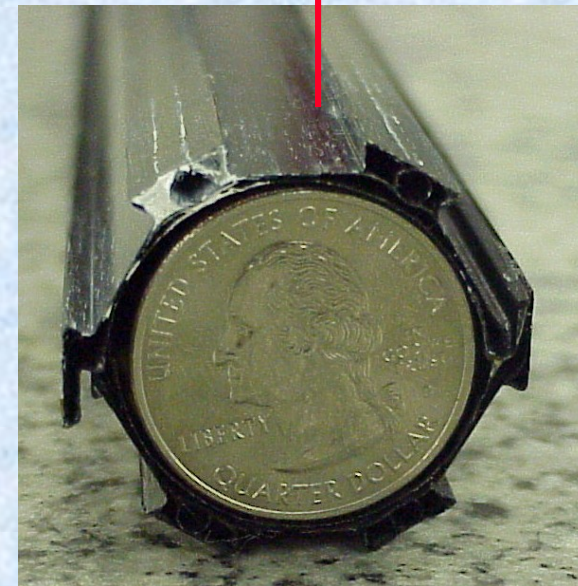
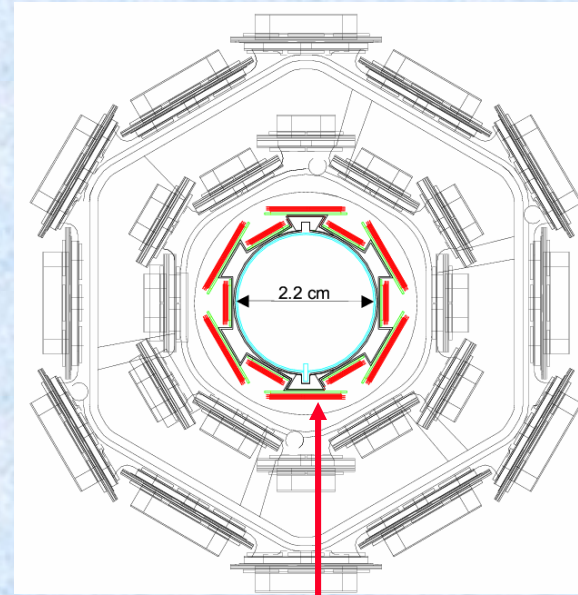


- The "holes" "drift" in the electric field towards the negatively charged p type strips. The electrons "drift" towards the positively charged back plane.
- When the "holes" reach the p type strip they are collected and induce a measurable charge on the associated aluminium strip. The aluminium strips are connected to sensitive electronic read out channels.
- By recording which electronic channel fired, it is possible to determine where the charged particle passed through the detector.



# Silicon Detectors

- Risoluzione sul singolo punto dominata dalla diffusione della carica liberata nella gap (5-10  $\mu\text{m}$ ) durante il drift sui 300  $\mu\text{m}$  di tipico spessore
- La dimensione delle strip tipica  $p=25\text{-}100$   $\mu\text{m}$  implica una risoluzione di  $\sigma_x = p/\sqrt{12} \sim 10\text{-}30$   $\mu\text{m}$  se la particella rilascia carica in una solo strip (molto meglio se si misura il centroide della distribuzione di carica su diverse strip adiacenti)
- La risoluzione sul parametro di impatto migliora:
  - diminuendo il raggio a cui viene effettuata la prima misura (CDF L00:  $\langle R \rangle = 1.5$  cm)
  - aumentando il numero di punti
  - diminuendo il materiale attraversato (multiplo scattering)
  - sopprimendo il combinatorio ( $\rightarrow$  pixel)
- Allinamento del rivelatore effettuato su tracce generiche cercando di minimizzare i residui  $\rightarrow$  domina la risoluzione ad alto impulso





# Il silicon vertex di CDF (SVXII + ISL)

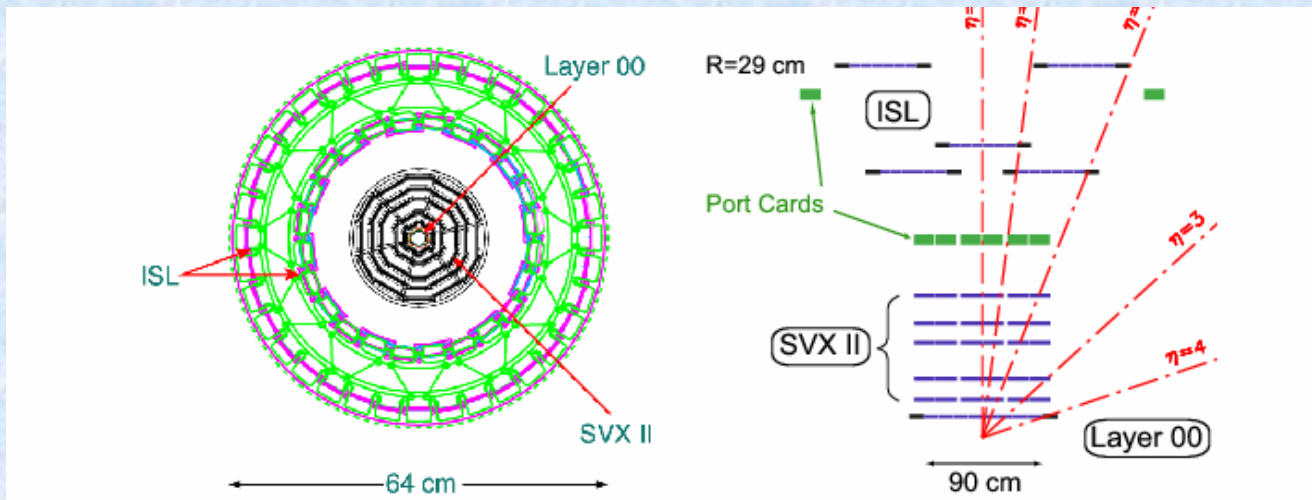
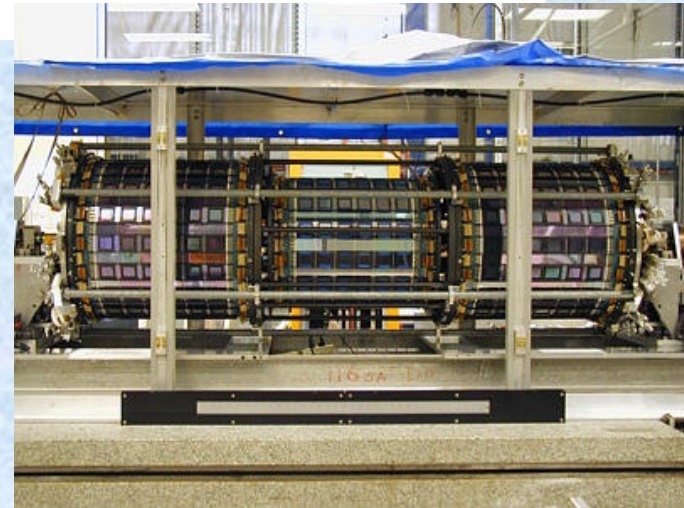
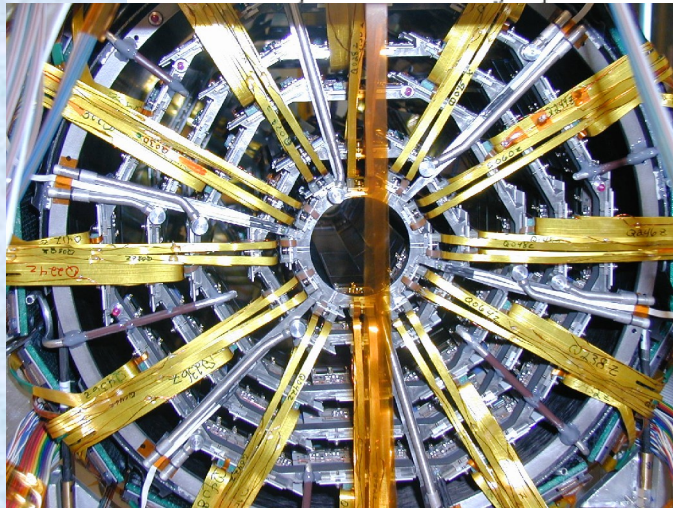
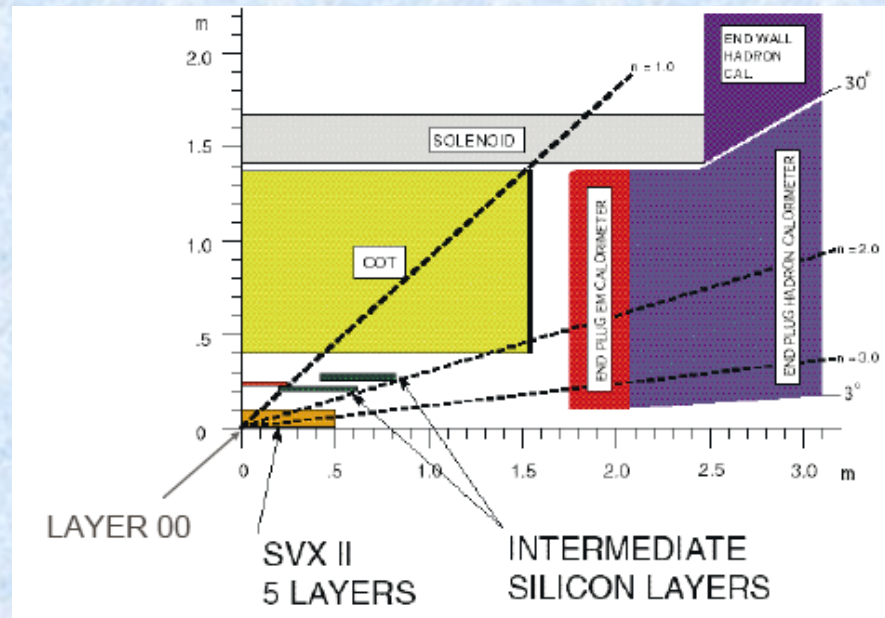


Figura 2.11: a) Veduta frontale del Rivelatore al Silicio (sinistra) e b) schema della disposizione dei layer per il rivelatore al Silicio





# Tracking geometry (CDF)



- Limitata efficienza oltre  $|\eta| > 1.5$  (accettanza geometrica della COT / drift chamber)
- Negli esperimenti piu' moderni si utilizza una geometria dedicata per il tracking nelle regioni in avanti



# Risoluzione sul parametro di impatto

- Tipico andamento della risoluzione sul parametro di impatto:

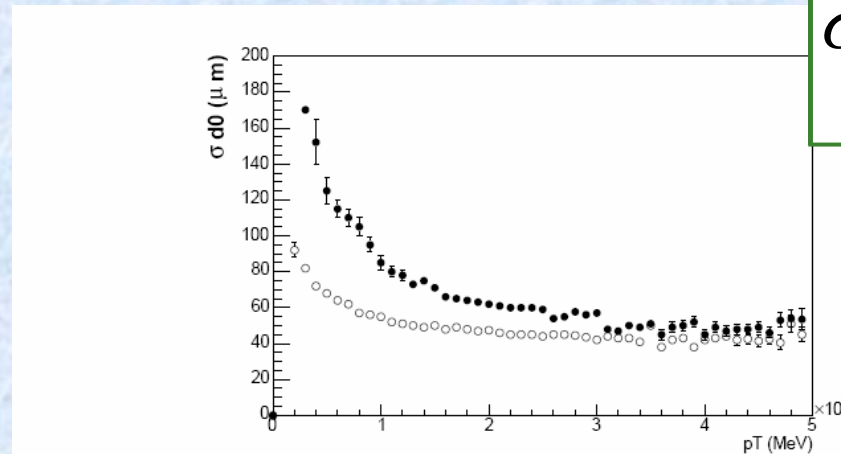


Figure 4: The impact parameter resolution for tracks with Layer 00 hits (open circles) and without Layer 00 hits (solid points.) Typical track momenta for  $B$  hadron decays are below  $2 \text{ GeV}/c$ , where the improvement in resolution from Layer 00 is the greatest.

$$\sigma(d) \approx \frac{a}{p_T \sqrt{\sin \vartheta}} \oplus b$$

materiale  
attraversato  
per una  
geometria  
cilindrica

( $\theta$  = angolo  
polare)

- L00: massimo impatto a basso impulso
  - range fondamentale per il b-tagging (tipico min  $p_T$  richiesto per una seed track  $\sim 1 \text{ GeV}$ )

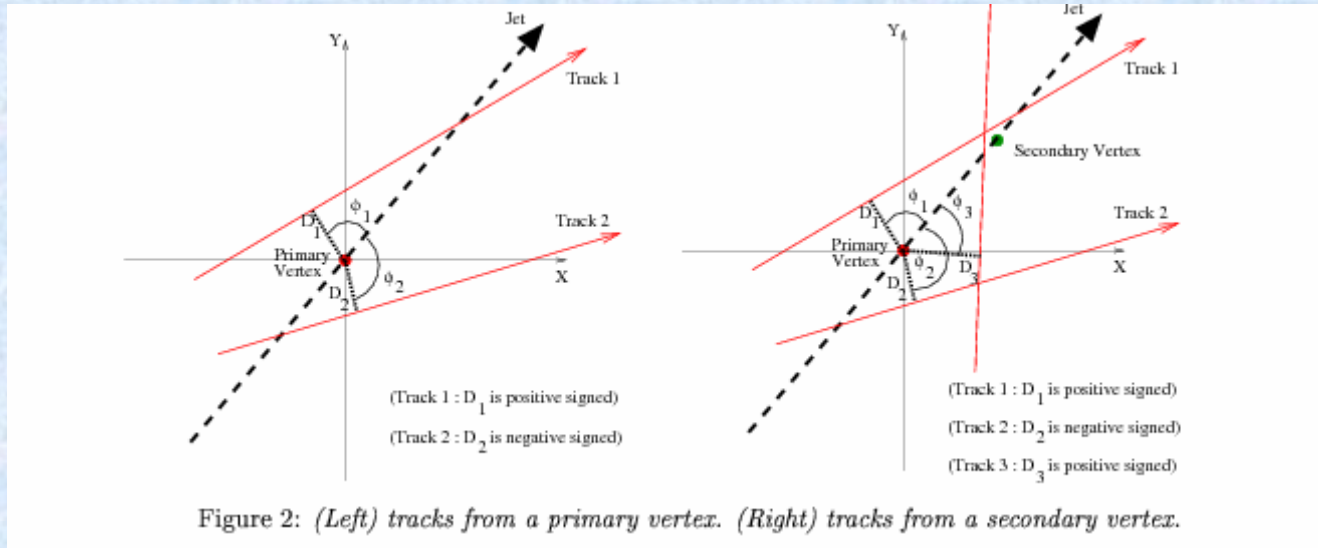
# Algoritmi di tagging

- Due grandi famiglie di algoritmi:
  - Jet probability
    - Combina, eventualmente con algoritmi “avanzati” (tipicamente reti neurali), la misura dei parametri di impatto 2D o 3D delle tracce appartenenti ad un jet
    - Basato essenzialment su “signed impact parameter”
    - Output di tipo continuo (si puo’ selezionare il punto di lavoro ottimale per ciascun tipo di analisi)
  - Ricostruzione esplicita di vertici (SecVtx in CDF)
    - Seleziona vertici formati da 2 o piu’ tracce significativamente distanti dal vertice primario
    - Risposta di tipo binario (si/no)
    - Minore efficienza ma migliore reiezione di Jet probability
- Algoritmi avanzati (Neural Network) che combinino tutte le informazioni disponibili sono il prossimo sviluppo

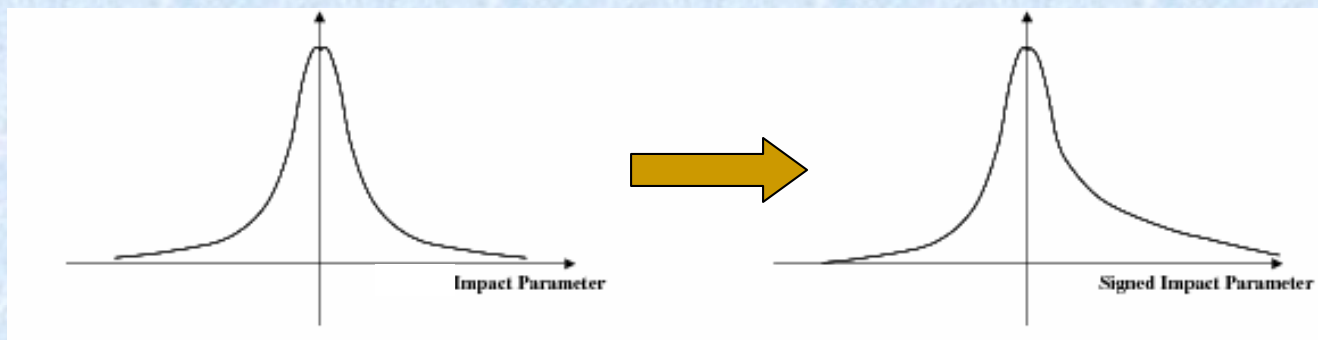


# Parametro di impatto segnato

- Si utilizza direzione del jet come approssimazione di direzione di b-quark



- Riduce il fondo del 50% e consente di misurare la funzione di risoluzione



# Jet Probability distributions

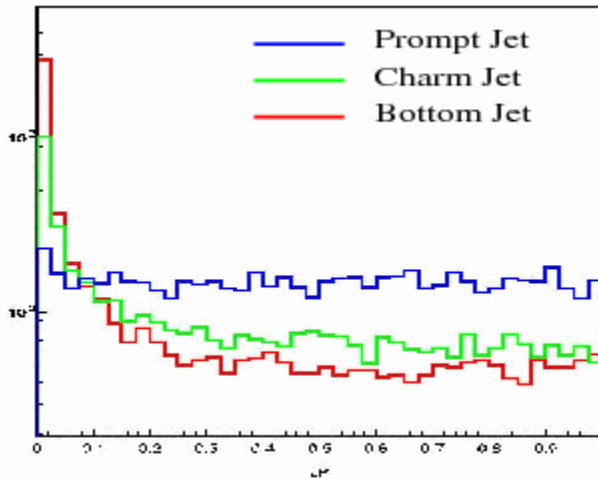
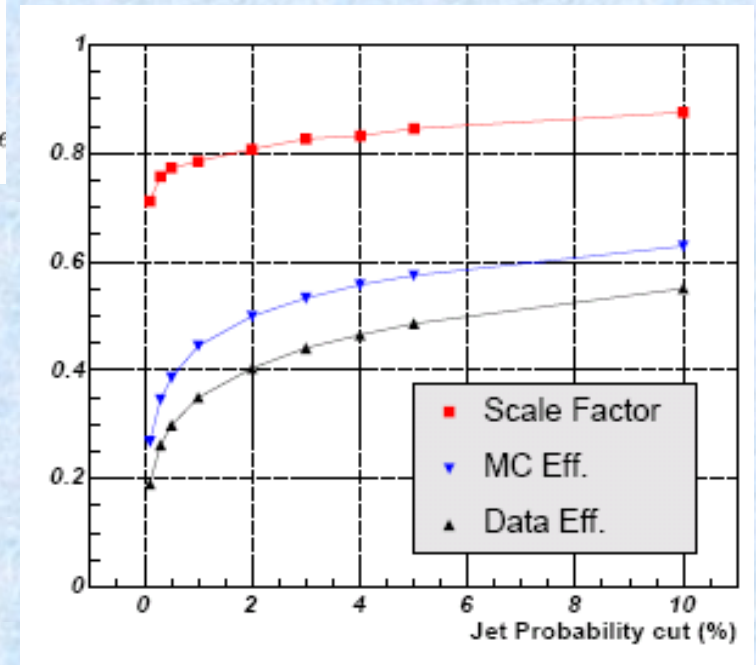


Figure 1: Jet Probability distributions from prompt, charm, and bottom jets

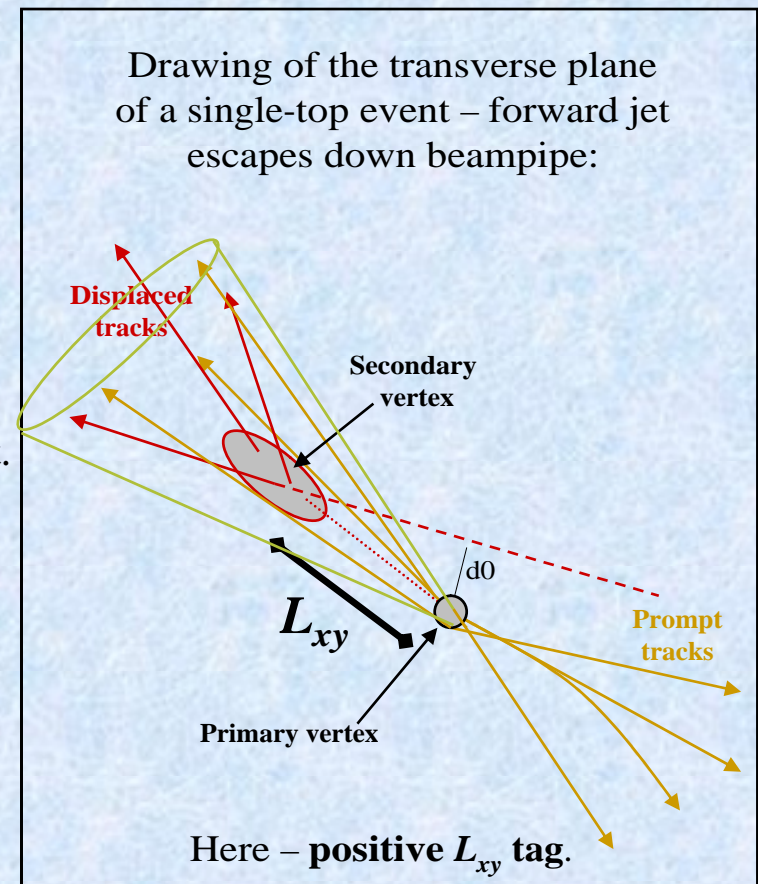
- JetProb cut equivalente ad efficienza su light jets (distribuzione piatta)





# Secondary vertex $b$ -tagging at CDF

- **SECVTX algorithm** using a two-pass scheme
  - **Pass1:**
    - Starts with construction of **2-track “seed” vertex**
    - **Attach** all remaining tracks that are consistent with seed.
    - Construct the multitrack vertex, iteratively **pruning** away the attached tracks if they spoil vertex fit.
    - **Resulting candidate vertex required to have 3 or more tracks**
  - **Pass2:** tighter track  $d_0$  significance requirement
    - Attempt to **vertex all** these tracks to a common point.
    - **Remove** any track that spoils the vertex fit, re-vertexing after each removal.
    - **Resulting candidate vertex required to have 2 or more tracks**
  - Apply **vertex quality cuts**
    - removal of  $K_s \neq 1$  vertices
    - Removal of vertices in the **material portion of CDF** (beampipe, silicon ladders)
  - **If the vertex survives, the jet is “tagged”** –
    - **sign of transverse displacement** of secondary vertex wrt interaction point,  $L_{xy}$ , determines **positive tag** or **negative tag**.





# Contributi al mistag rate

- **Light flavor jets** should be consistent with **zero lifetime**

- However **fake tracks within a jet** with large impact parameter can help satisfy vertex requirements

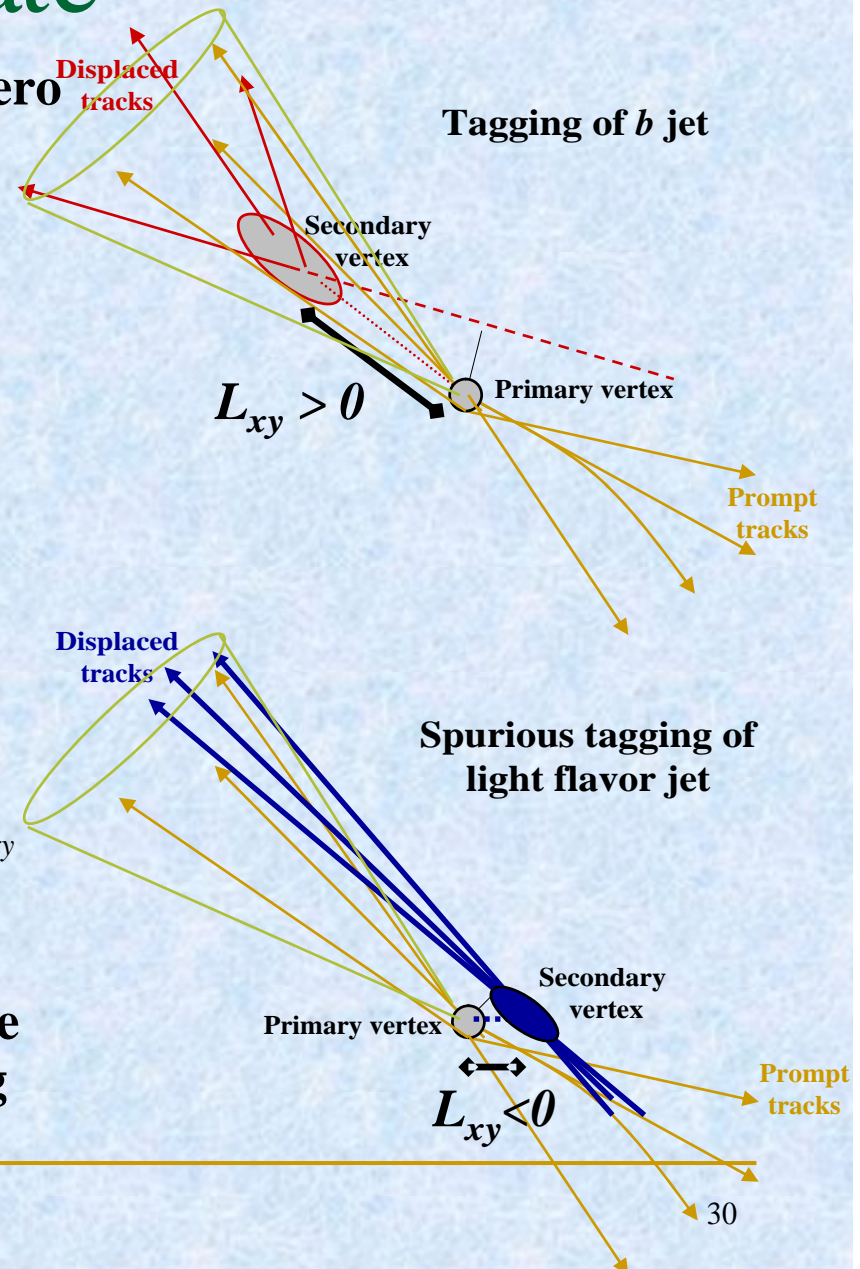
- **Sources** of fake tracks:

- **Limited detector resolution**
- **Long-lived light particle decays** ( $A$ ,  $K_s$ )
- **Material interactions**

- Fake tracks within a jet from limited detector resolution should be **symmetric about the primary interaction point**

- Therefore light flavor vertices symmetric in  $L_{xy}$

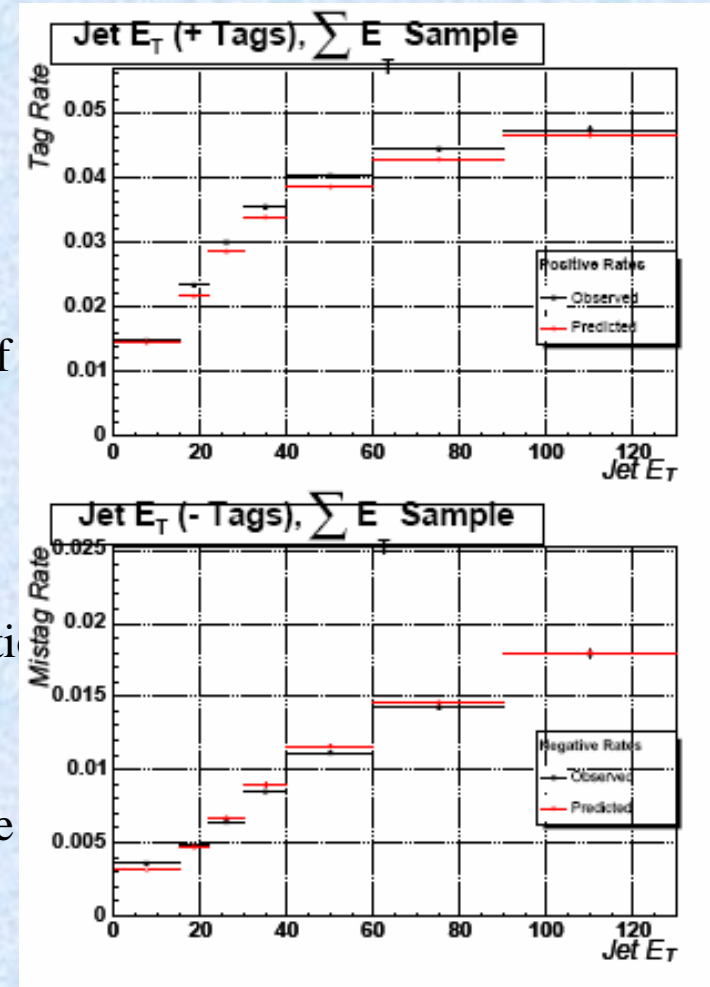
- This allows one to **use the ensemble of negatively tagged jets** as a **prediction to the light flavor contribution to the positive tag rate** (aka mistags)





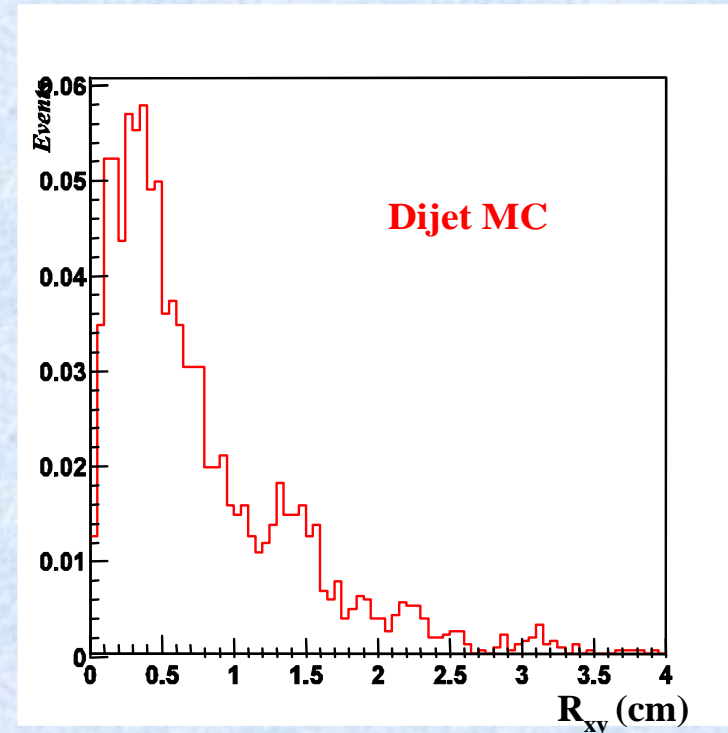
# Parametrizzazione del mistag rate

- **A priori prediction of the light flavor content** of the positively tagged jets in the signal data sample
- **Procedure:**
  - For *b*-tagging based top (Higgs) physics analyses, the focus is the **W+jets data sample**
  - Use **inclusive jet sample for calibration** of mistags
  - Determine **per-jet mistag probability** in a number of different variables –
    - Jet  $E_T$ ,  $|\eta|$ ,  $f$
    - Jet track multiplicity
    - $SE_T^{jets}$
  - Use calibration jet samples to determine parameterization – then **apply to signal data sample**
- **Sources of systematic error:**
  - Extrapolation from calibration sample to signal sample
  - Uncertainty on  $SE_T^{jets}$
  - Trigger bias
- Result: can predict **mistag contribution**



# Light Flavor Jet Tag Asymmetry

- The **mistag parameterization** only accounts for limited detector resolution source of the mistag sample
- Material interactions within the jet decay bias the distribution to positive  $L_{xy}$  values – introducing a **light flavor jet tag asymmetry**



- - Center of COT
- - Center of Beampipe:

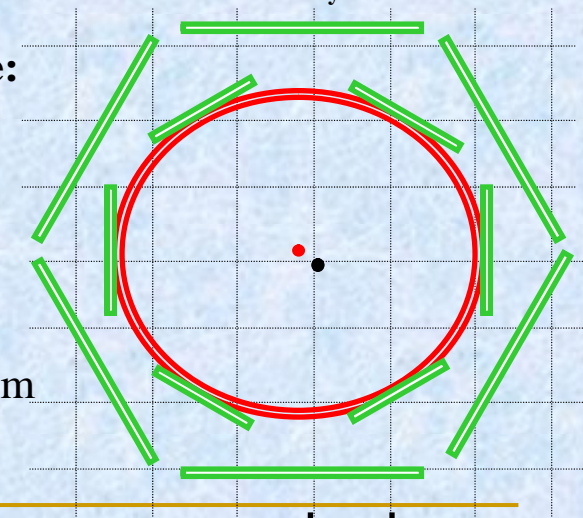
$$\delta x = -0.11 \text{ cm}$$

$$\delta y = 0.15 \text{ cm}$$

- ▭ - Beampipe:

$$r = 1.26 \text{ cm}$$

$$\text{Thickness} = 0.05 \text{ cm}$$



0.5 cm



# Calibrazione della mistag asymmetry

- Misuriamo l'asimmetria dai dati (in funzione di  $E_t$ )
  - Utilizziamo un fit al positive excess (positive-negative) nella massa invariante del vertice per determinare quanta asimmetria c'è per light/charm/b
- Correggiamo per la presenza di HF nel negative tag sample

$$R_{mistag}^- = \frac{N_{light}^- + N_{heavy}^-}{N_{light}^{pre} + N_{heavy}^{pre}} \quad \text{Negative tag rate} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{N_{light}^+}{N_{light}^- + N_{heavy}^-} \quad \text{Heavy flavor in neg. tag sample} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{N_{light}^{pre} + N_{heavy}^{pre}}{N_{light}^{pre}} \quad \text{Heavy flavor content in generic jets} \quad (3)$$

$$\alpha\beta R_{mistag}^- = \frac{N_{light}^+}{N_{light}^{pre}} \quad (4)$$

- Metodo Data driven
- Minimizza l'utilizzo del MC:
  - shape massa invariante
  - ma non rate di tag per light jets

# Calibrazione della mistag asymmetry

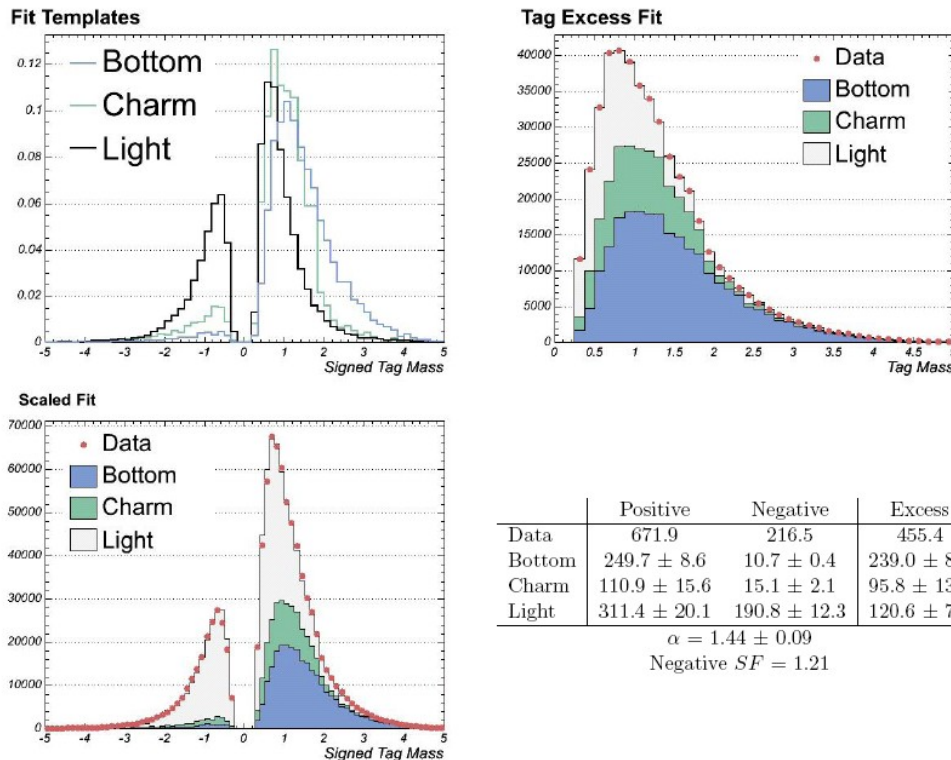


Figure 10: Monte Carlo templates before subtraction (top left), best tag excess fit results (top right), and the unfolded, corrected fit result (bottom left) for the tight tagger in the Jet70 sample. The fit integrals (in kJets) and  $\alpha$  result are shown on the bottom right.

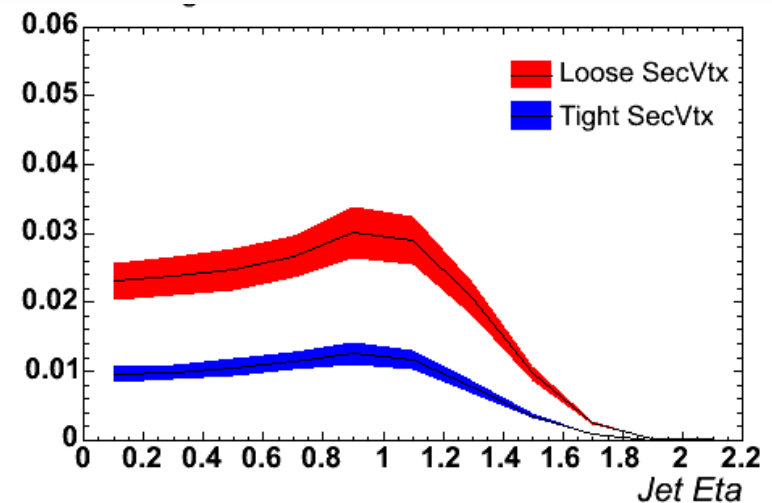
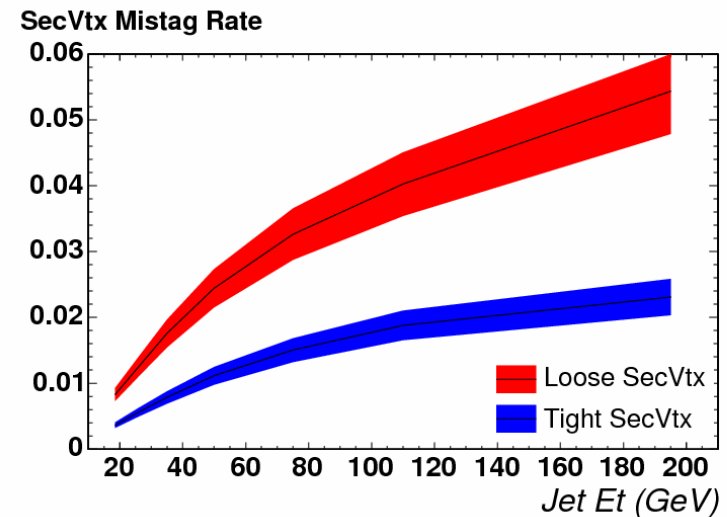
	10-22 GeV	22-40 GeV	40-60 GeV
Loose $\alpha$	$1.16 \pm 0.15$	$1.16 \pm 0.09$	$1.22 \pm 0.10$
Loose $\alpha\beta$	$1.23 \pm 0.17$	$1.26 \pm 0.11$	$1.32 \pm 0.12$
Tight $\alpha$	$1.28 \pm 0.18$	$1.19 \pm 0.12$	$1.33 \pm 0.09$
Tight $\alpha\beta$	$1.36 \pm 0.20$	$1.30 \pm 0.14$	$1.44 \pm 0.12$

- Accuratezza del 10% nella predizione del fondo da mistag!



# Performance tipiche: mistag

- Probabilità di taggare un jet da u,d,s o gluone
- Aumenta con Jet Et
  - Jet più collimati
  - Probabilità di assegnare un hit alla traccia sbagliata aumenta
  - Hit overlap aumenta
- Aumenta con la rapidità
  - Risoluzione massima su  $d$  a  $90^\circ$
  - Efficienza di ricostruzione diminuisce a  $|\eta| > 1.2$



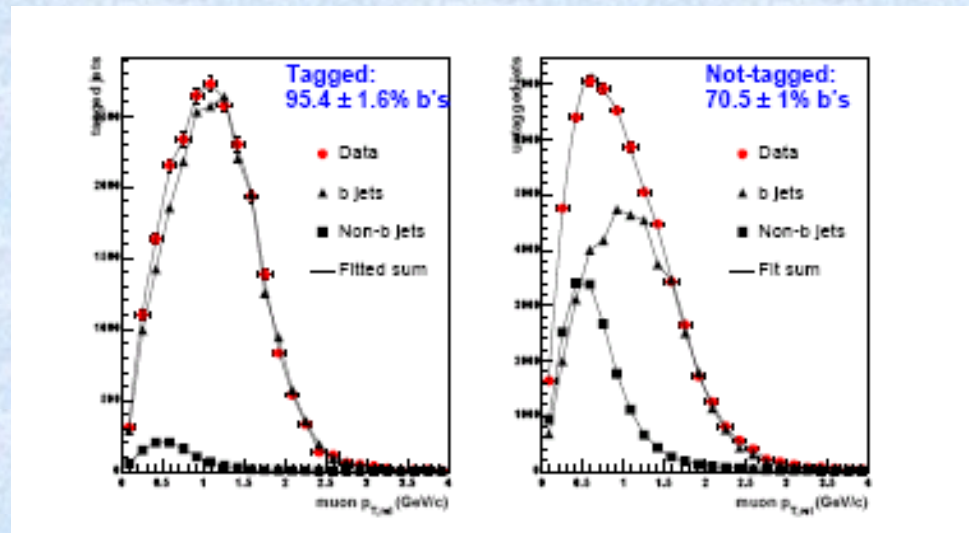
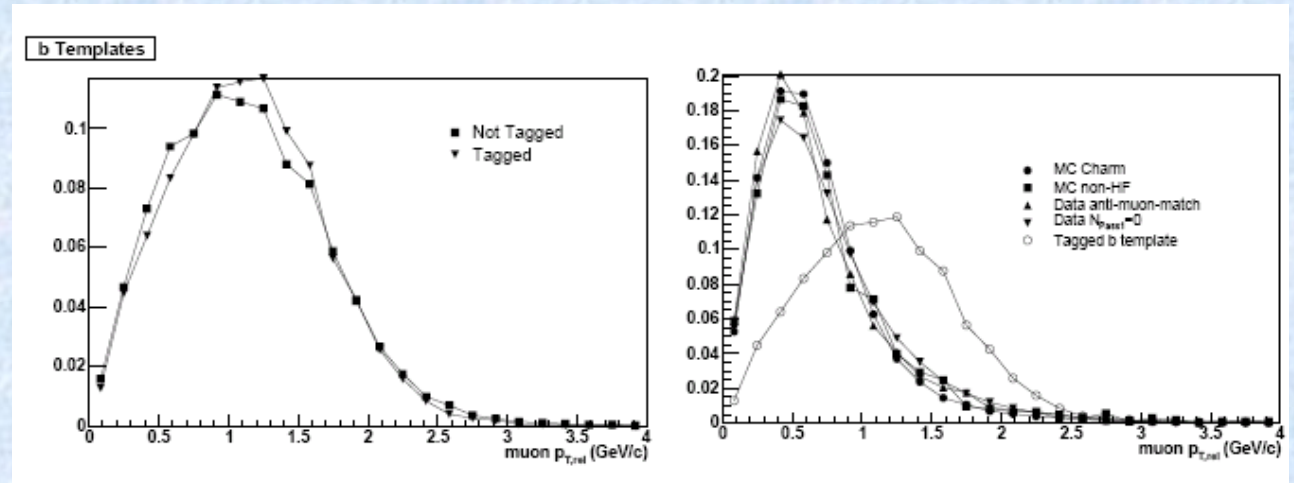
# Efficiency Measurement in the Data

- **Understanding the tag efficiency in the Monte Carlo is simple**
- But what one really seeks is **the efficiency for tagging b-jets in the data**
- **Strategy:**
  - Measure the tag efficiency in data in a sample that is enriched in real b-jets
  - Measure the tag efficiency in MC in a sample that models this HF-enriched data sample
  - Calculate a **b-tagging scale factor** = Ratio of data tag efficiency / MC tag efficiency
    - Scale factor is a measure of how the MC differs from reality
- **Two techniques currently employed at CDF:**
  - Both use samples of dijets
  - Enrich the HF content:
    - One jet demanded to have a lepton – so-called “lepton-jet” – indicative of semileptonic B decay
    - Other jet – recoil or “away-jet” – demanded to be tagged
  - One method relies on “**muon-jets**” and fits the b- and non-b content using **templates of the relative  $p_T$  of the muon wrt jet axis =  $p_T^{\text{rel}}$**
  - One method considers **double tags** in events where the away jet is paired with an “**electron-jet**” that is also tagged



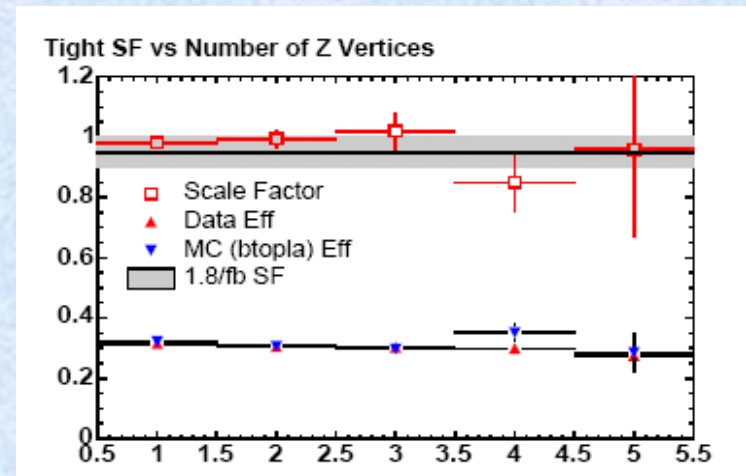
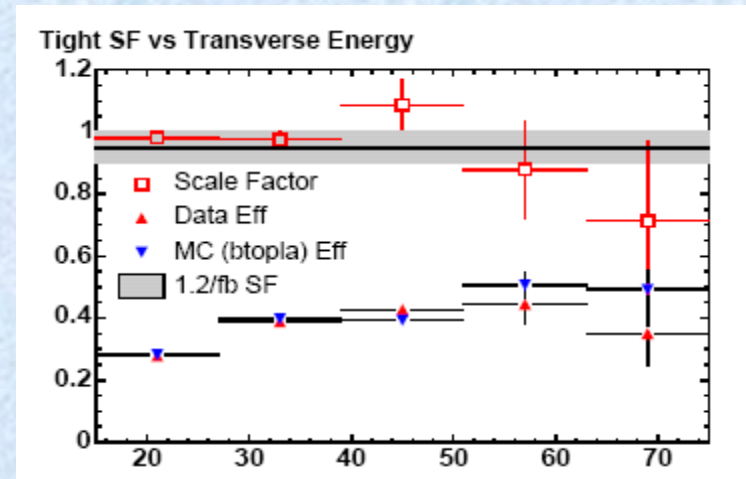
# $b$ -Tag Efficiency: Muon $p_T^{rel}$ Method

- Rely on the **huge** inclusive e and  $\mu$  dataset (8 GeV)
- Rely on an **independent** method to count  $b$ 's ( $p_T^{rel}$  fits)
- $p_T^{rel}$  templates drawn from MC
  - Charm template very similar to that of light-flavor jets
  - $b$  template similar for tagged and untagged  $b$ -jets
- **Used to fit for  $b$  and non- $b$  content** in untagged and tagged data sample



# *b*-Tag Efficiency: sist. ed estrapolazione

- Scale Factor Data/MC determinato in bin di  $E_T$ ,  $\eta$ ,  $\phi$ ,  $n_{\text{jet}}$  etc.
- Check di stabilita'
- Unico Scale Factor buona approssimazione
- Sistematiche:
  - b,c fraction in electron jets
  - Conversion removal
  - Estrapolazione in  $E_t$
  - Muon vs Electron sample
- $SF = 0.95 \pm 0.05$ 
  - Incertezza del 5% sull'efficienza di tagging

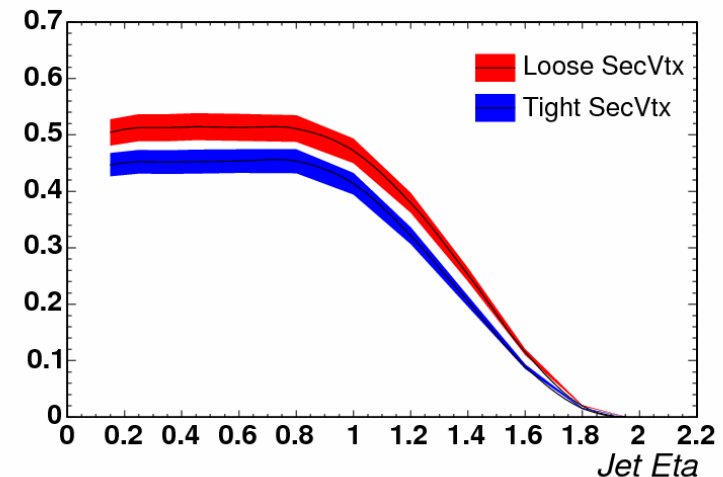
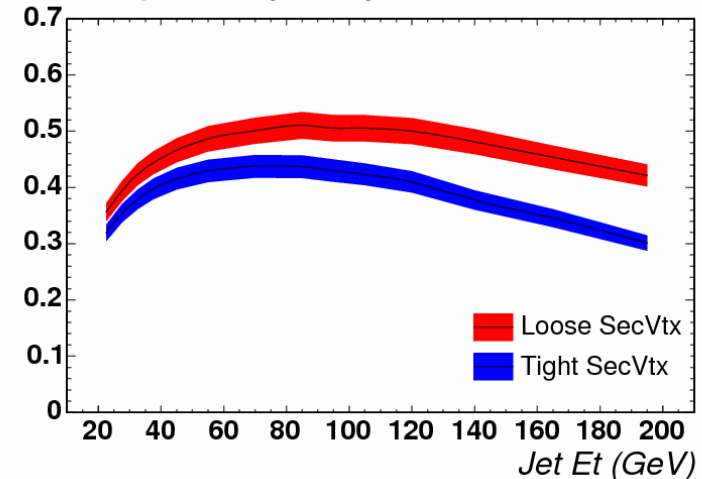




# Performance tipiche: efficienza

- **Efficienza misurata a partire:**
  - ttbar Pythia MC
  - Applicando  $b$ -tagging SF
- **Andamento efficienza:**
  - Basso Et -inefficienza di tracking
  - Alto Et – cattiva risoluzione per vertici molto “chiusi”
- **Efficienza per Charm-jets**
  - Si usa il MC
  - Si raddoppiano le sistematiche
  - Non molto capita...

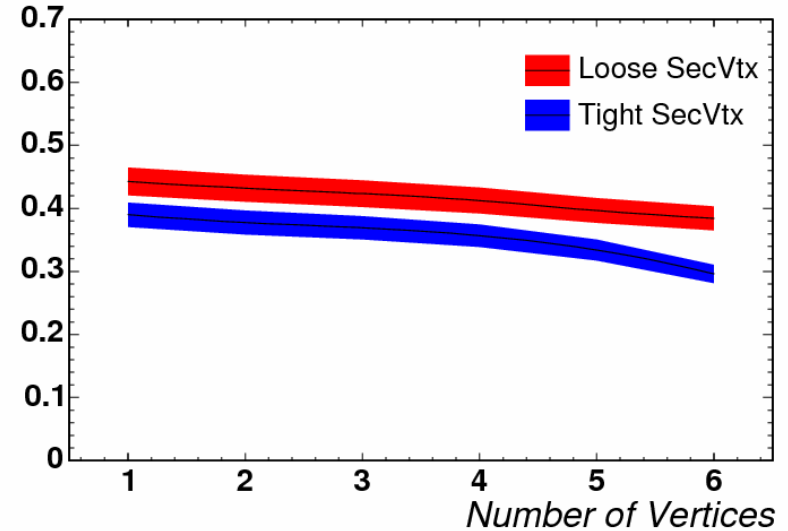
SecVtx Tag Efficiency for Top b-Jets



# Luminosity dependence

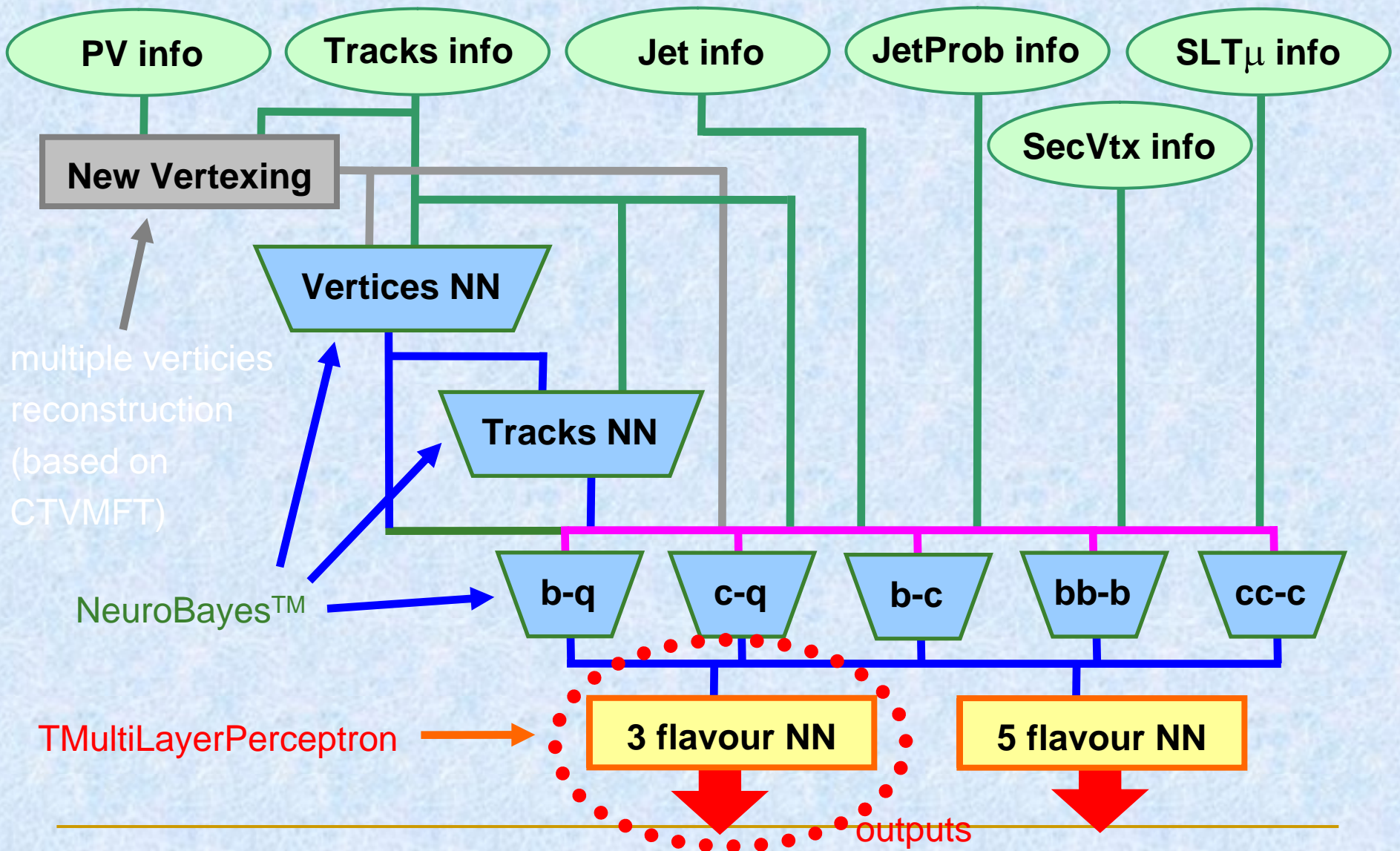
- Efficienza di ricostruzione dei vertici diminuisce con l'affollamento di particelle
- Aumenta la probabilità di mistag per eventi da light jets (parametro di impatto mal-misurato)

SecVtx Tag Efficiency for Top b-Jets





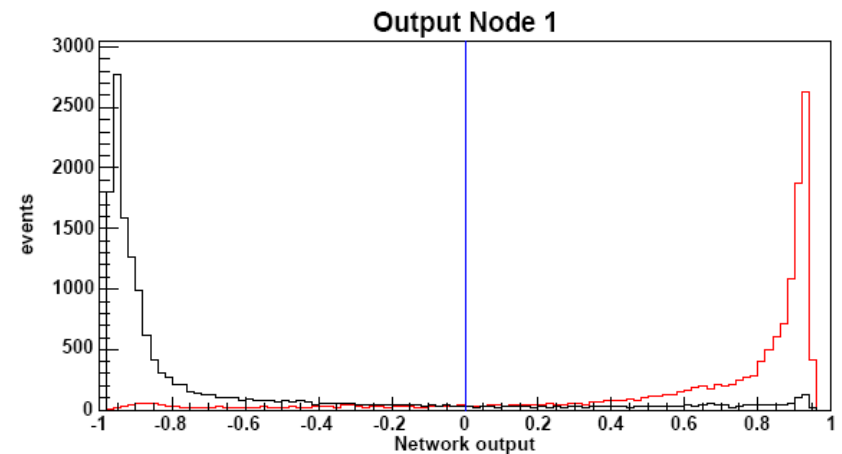
# NN Tagger flow chart



# The vertex NN

- Train NN to separate true HF vertices (all tracks from b-decay) from light or fake vertices
- Uses NeuroBayes™ package to select 5 most significant variables and train NN
- Every vertex found in a jet (including primary) passed through the network

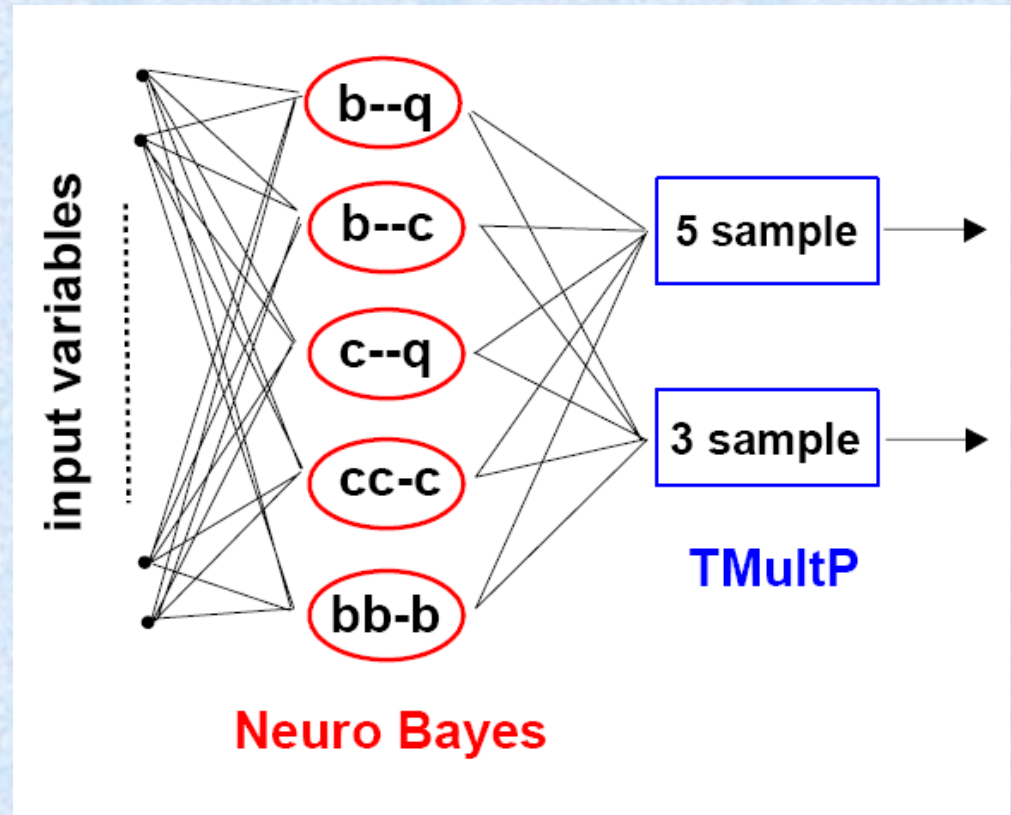
rank	variable	significance
1	vertex pseudo c tau	118.0
2	2 <sup>nd</sup> track $d_0$ significance	41.2
3	angle between vertex mom. and displ.	25.3
4	$L_{xyz}$ significance	12.2
5	invariant mass	6.5
6	$L_{xy}$	4.3
7	1 <sup>st</sup> track $d_0$ significance	4.2
8	2 <sup>nd</sup> track $d_0$	3.4
9	$\delta\phi$ between vertex mom. and displ.	3.0
10	$\chi^2$ of vertex fit	3.0
11	$L_{xyz}$	3.0
12	$L_{xy}$ significance	1.4
13	charge of vertex	1.1
14	# tracks in vertex	0.7
15	1 <sup>st</sup> track $d_0$	0.2





# Jet NN

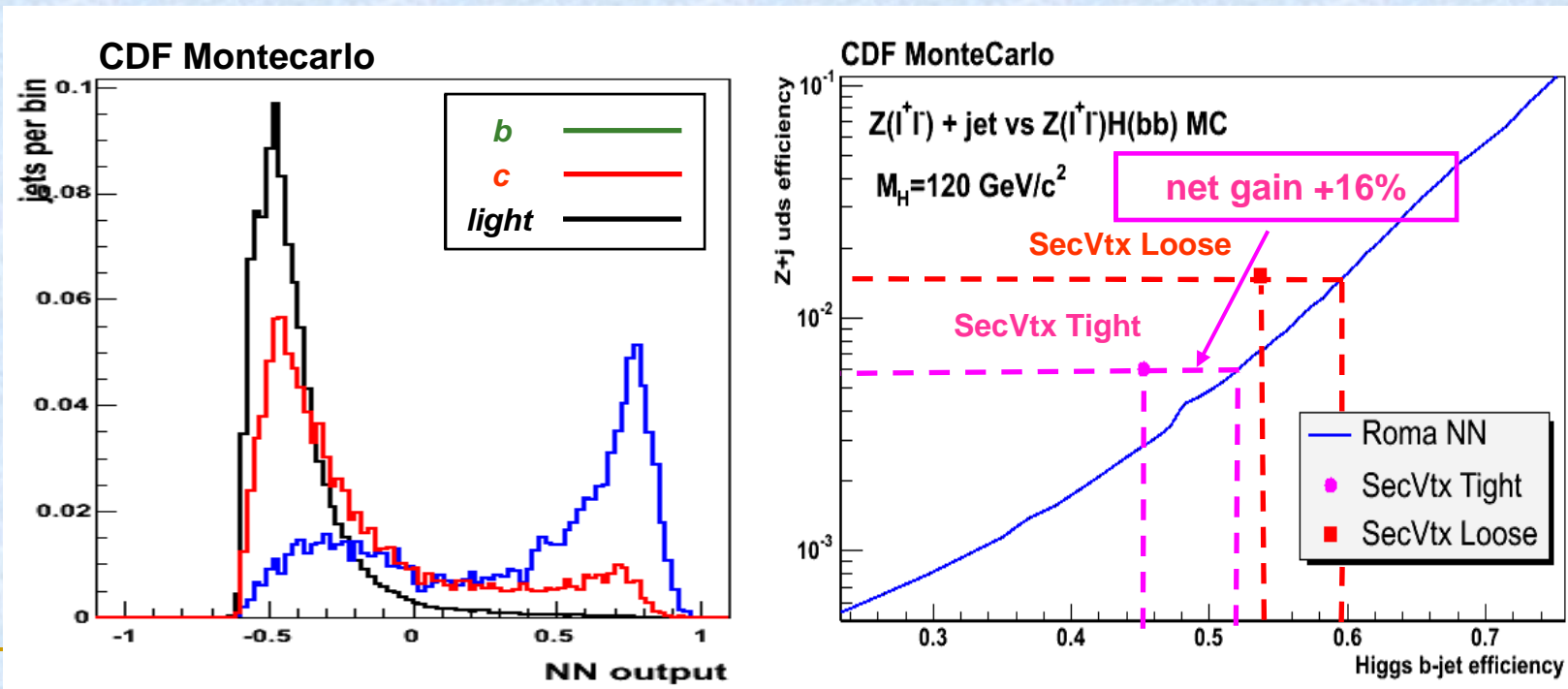
- Combine tracks and vertices NN outputs, muons, SecVtx, JetProb, etc.
- 5 different NN's specialized to separate two by two light, c, b, ccbar, bbbar jets



- Combine the 5 outputs to give a 5 flavour separation (light, c, ccbar, b, bbbar) or 3 flavour (light, c, b) in a single tagging variable
- Most studies on the simpler 3 flavour output

# Advantages

- **A Continuous** tagging variable allow weighting events to get the most of it in terms of search sensitivity
- b-c-light statistical separation allows the fraction of c jet to be more reliably studied
- **Increased per-jet efficiency** at same background rate than SecVtx:
  - +30% (relative) on a p-pbar  $\rightarrow$  q-qbar MC (btopqb)
  - +16% (relative) for Z+j compared to ZH(120) MC





This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.