

Sviluppo e implementazione di una simulazione Monte Carlo veloce in LHCb

Dominik Müller¹ e Benedetto Siddi²

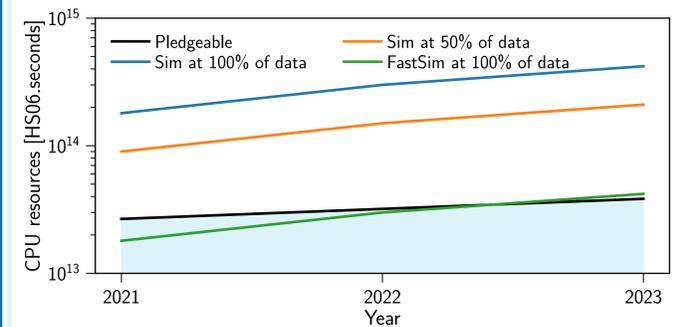
¹The University of Manchester, ² Università degli studi di Ferrara/CERN
per conto della collaborazione LHCb



Introduzione

- Per l'aggiornamento di LHCb sarà necessario simulare eventi più complessi e in una quantità molto grande
 - le risorse stimate non saranno sufficienti (vedi grafico).
- Tempo di simulazione completamente **dominato dal trasporto all'interno del rivelatore** ($\mathcal{O}(95\%-99\%)$)!
- L'incremento delle risorse di CPU e l'utilizzo di nuove versioni di Geant non sarà sufficiente
 - sono necessarie opzioni dedicate di simulazione
- Opzioni di simulazione veloce già presenti in LHCb:
 - Uso dei soli sotto-rivelatori necessari ad una determinata analisi ($\mathcal{O}(40\%-90\%)$ di riduzione del tempo.)
 - Simulazione dei soli stati finali di interesse ($\mathcal{O}(95\%-99\%)$ di riduzione del tempo.)
- Attualmente in sviluppo: librerie di sciame per i calorimetri, ReDecay e Delphes.
 - Da implementare nella simulazione ufficiale di LHCb, Gauss [M. Clemencic et al. 2011 J. Phys. Conf. Ser. 331 032023]

Stima delle risorse di CPU necessarie a LHCb con differenti opzioni di simulazione

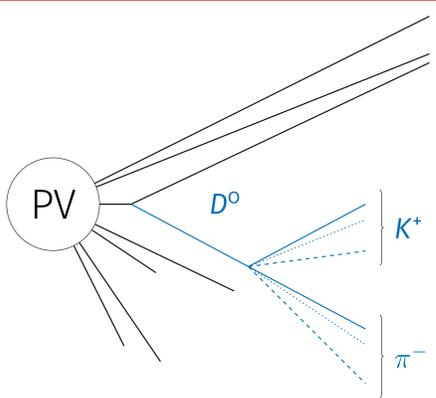


ReDecay

Motivazione

- In LHCb molte analisi riguardano decadimenti esclusivi, esempio, $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$
 - le quantità rilevanti sono i prodotti di decadimento ma non il resto dell'evento.
- Simulazione dei soli prodotti di decadimento già implementata
 - discrepanze significative rispetto ai dati: efficienze più alte e risoluzioni migliori.

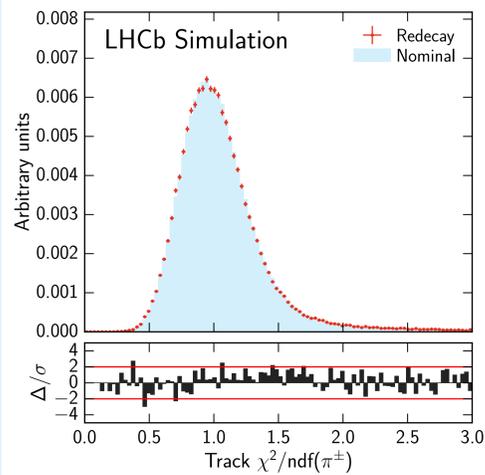
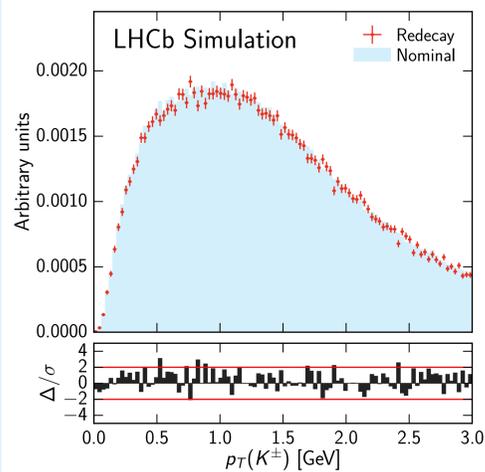
Idea: ri-uso dell'evento sottostante



1. Generare tutto l'evento.
 2. Togliere l'evento di segnale.
 3. Simulare l'evento rimanente.
 4. Generare e simulare un grande campione di eventi di segnale.
 5. Combinare gli eventi di segnale con il resto dell'evento.
- Indipendente dal generatore utilizzato.
 - Complementare ai miglioramenti della simulazione del rivelatore di LHCb.
 - Stessa precisione** sulla risposta del rivelatore simulato.

10 – 50 volte più veloce

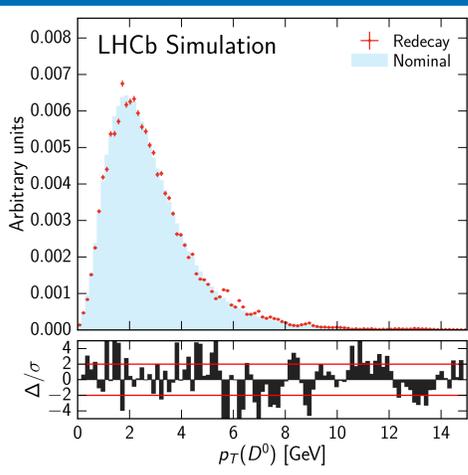
Esempio: $D^0 \rightarrow K^-\pi^+$



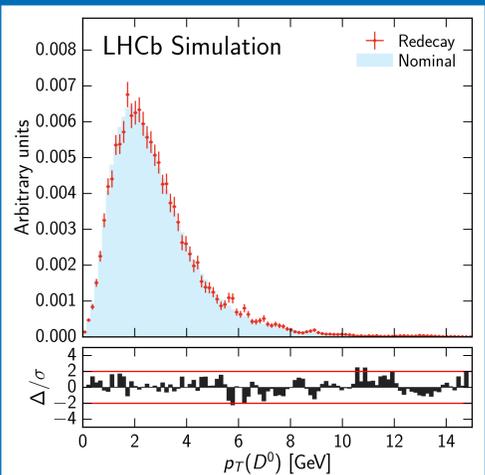
Difficoltà: Incertezze statistiche

- Eventi non indipendenti.
- Dipendenza dalla variabile studiata:
 - Nessun problema sulle variabili dei prodotti di decadimento (esempio $p(K^+)$)
 - Problemi sulle variabili globali dell'evento (esempio numero di PVs)
- Ricampionamento con reimmissione (Metodo bootstrap)

Incetza poissoniana (\sqrt{N})



Metodo bootstrap



Simulazione parametrica con Delphes

Motivazione

- Studi di fattibilità per analisi di fisica.
- Studi delle sistematiche dovute alla statistica Monte Carlo
- Può essere usato per esplorare differenti sviluppi di rivelatori per l'aggiornamento di LHCb

Delphes [de Favereau, J., Delaere, C. et al. J. High Energ. Phys. (2014) 2014:57]

È un applicativo modulare che parametrizza la risposta di un rivelatore multi-funzione e gli algoritmi di ricostruzione. Include:

- Sistema di tracciamento, incorporato in un campo magnetico;
- Le sezioni relative ai calorimetri elettromagnetico e adronico;
- Sistema a muoni;
- I rivelatori in avanti disposti lungo la linea del fascio.

Svolge:

- La propagazione delle particelle stabili;
- L'interazione con il rivelatore (approccio parametrico alle efficienze e risoluzioni);
- "Ricostruzione" degli oggetti fisici.

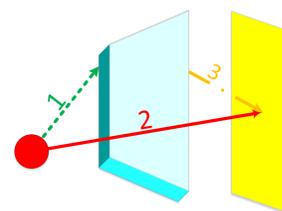
Obiettivo: 100 – 1000 volte più veloce

Personalizzazioni per LHCb

- Pienamente integrato nell'applicativo di simulazione di LHCb, GAUSS.
- Rimpiazza GEANT4 e gli algoritmi di ricostruzione dopo il generatore di LHCb.

Propagatore delle particelle modificato

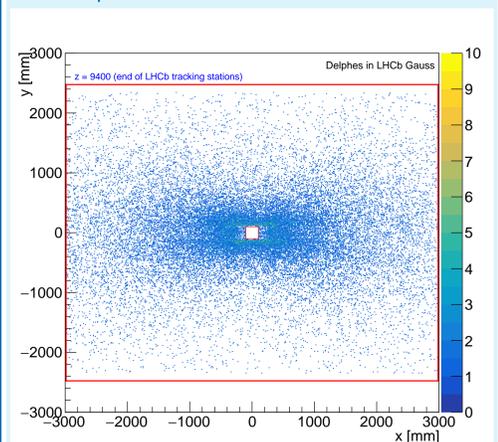
- Accettanza di LHCb.
- Semplice trasporto in un campo magnetico dipolare
- 3 differenti regioni di accettanza per le particelle cariche.



In accettanza:

1. solo prima del magnete.
2. solo dopo il magnete.
3. prima e dopo il magnete.

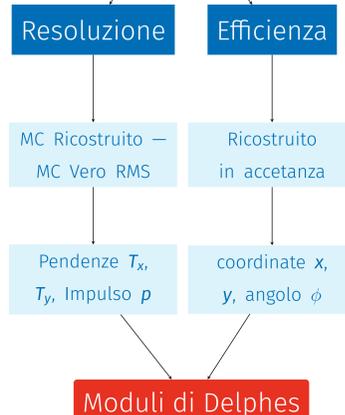
Esempio dell'accettanza in LHCb



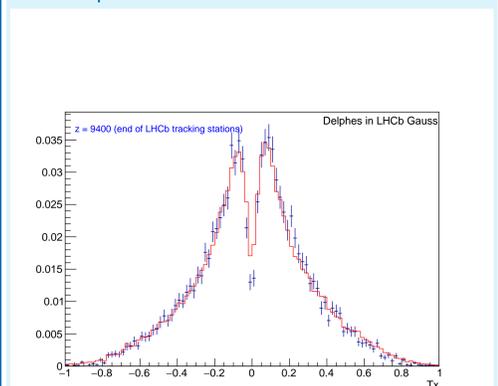
- Distribuzione delle tracce generate da Delphes con l'uso del nuovo modulo di propagazione delle particelle

Risoluzione ed efficienza

Simulazione completa di LHCb



Esempio



- Distribuzione della pendenza T_x , in blu Delphes, in rosso simulazione completa