

Fisica nucleare e subnucleare II
Prof. Carlo Dionisi
A.A. 2010/2011

Discriminazione di eventi da oscillazione di neutrino da eventi con charm in



Chiara Perrina
Tutor: Prof. Giovanni Rosa

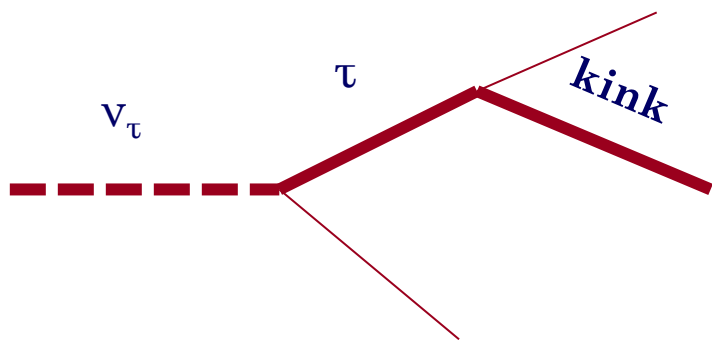
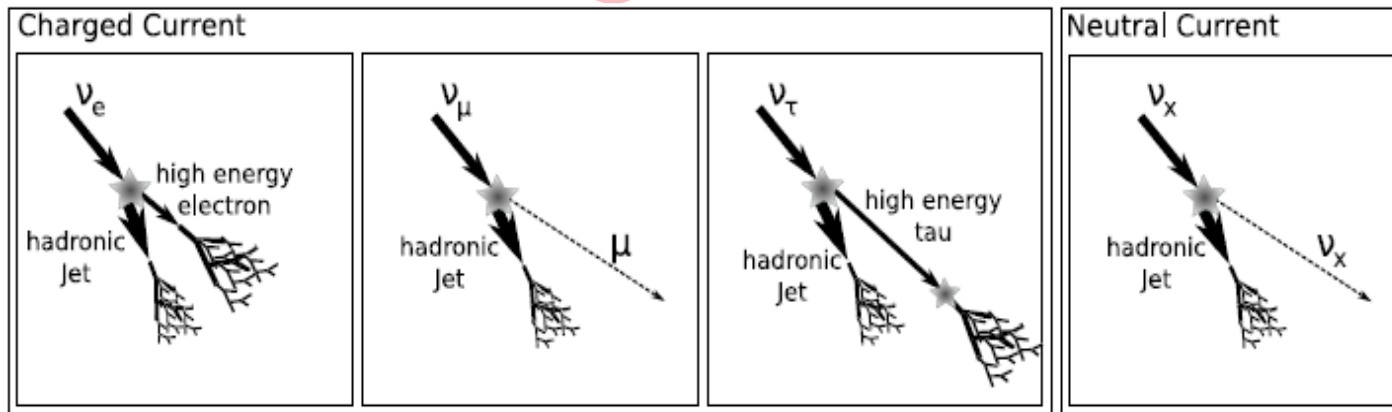
21 giugno 2011

Come OPERA discrimina i segnali da oscillazione di neutrino dai segnali con charm?

**Perché OPERA discrimina i segnali da
oscillazione di neutrino dai segnali
con charm?**

Lo scopo di OPERA

“First direct detection of $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ oscillations in appearance”



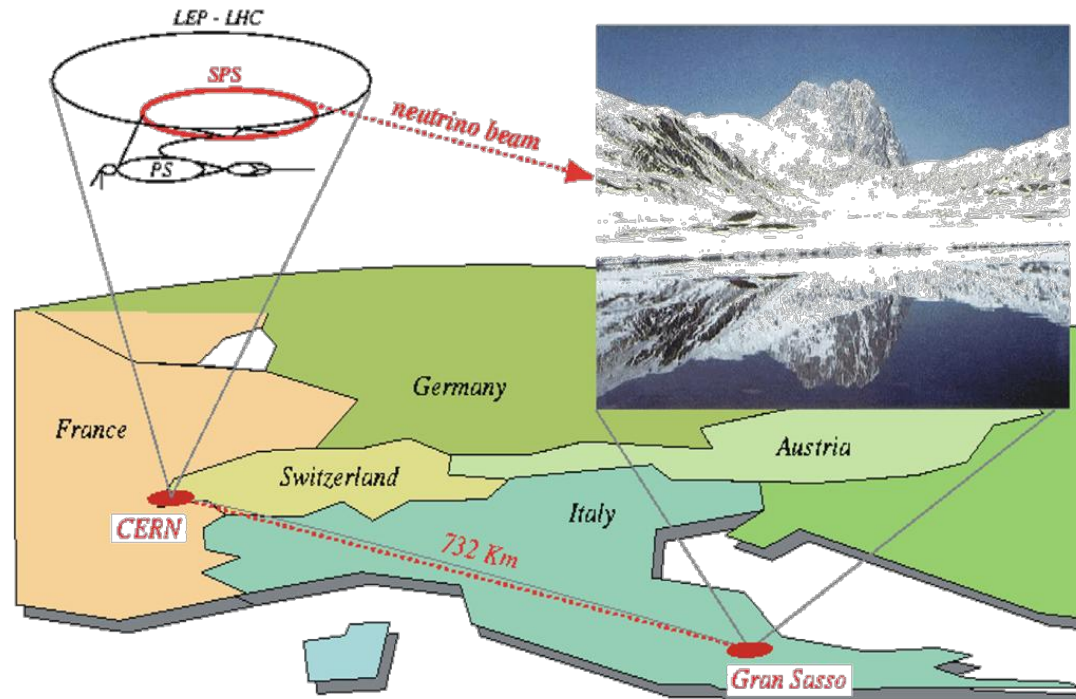
Canale di decadimento	BR(%)
$\tau \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_\mu \nu_\tau$	17.4
$\tau \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\tau$	17.8
$\tau \rightarrow \pi^- \nu_\tau$	11.8
$\tau \rightarrow \pi^- \pi^0 \nu_\tau$	25.8
$\tau \rightarrow \pi^- 2\pi^0 \nu_\tau$	10.79
$\tau \rightarrow \pi^- 3\pi^0 \nu_\tau$	1.23
$\tau \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^+ \nu_\tau$	10
$\tau \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- \pi^0 \nu_\tau$	5.18

**KINK:
1 PRONG**

3 PRONG

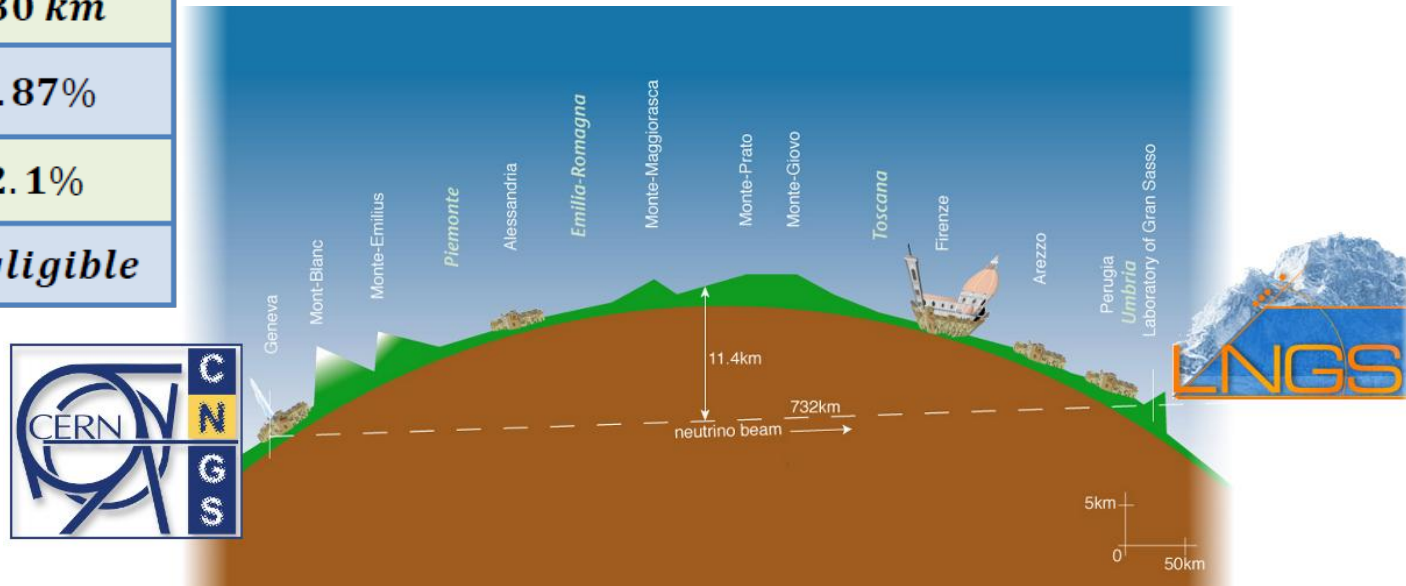
Il fascio CNGS

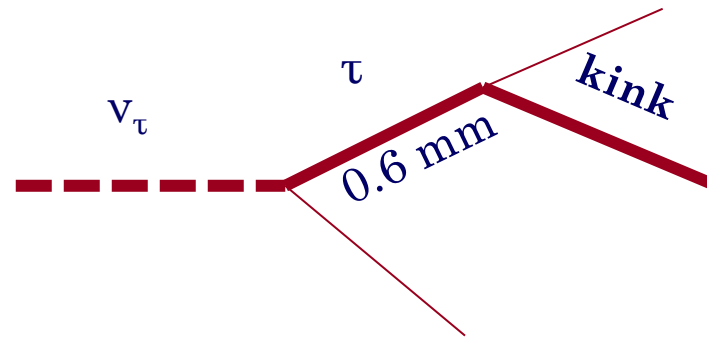
CERN to Gran Sasso Neutrino Beam



Il fascio CNGS

$\langle E_{\nu_\mu} \rangle$	17.7 GeV
L	730 km
$(\nu_e + \bar{\nu}_e)/\nu_\mu$	0.87%
$\bar{\nu}_\mu/\nu_\mu$	2.1%
ν_τ prompt	negligible





Due richieste:

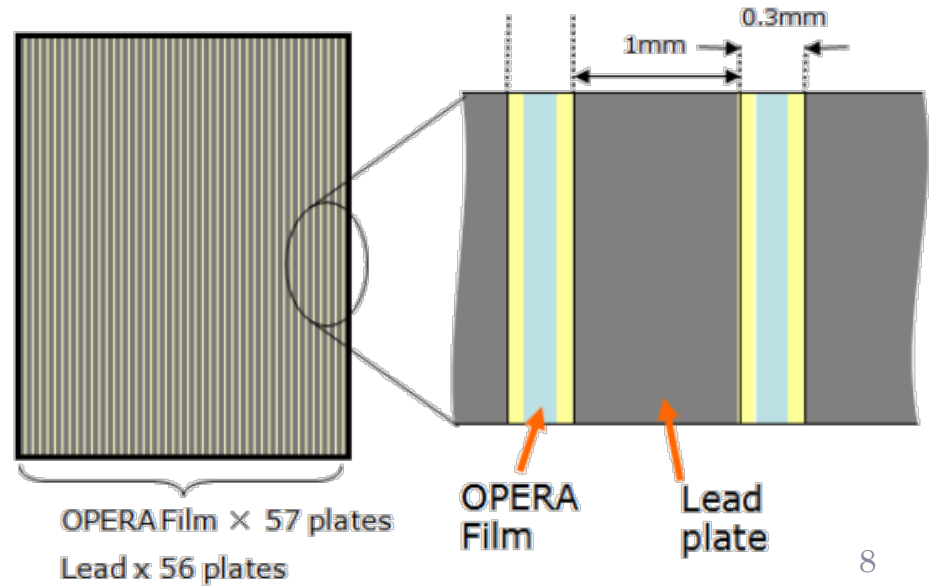
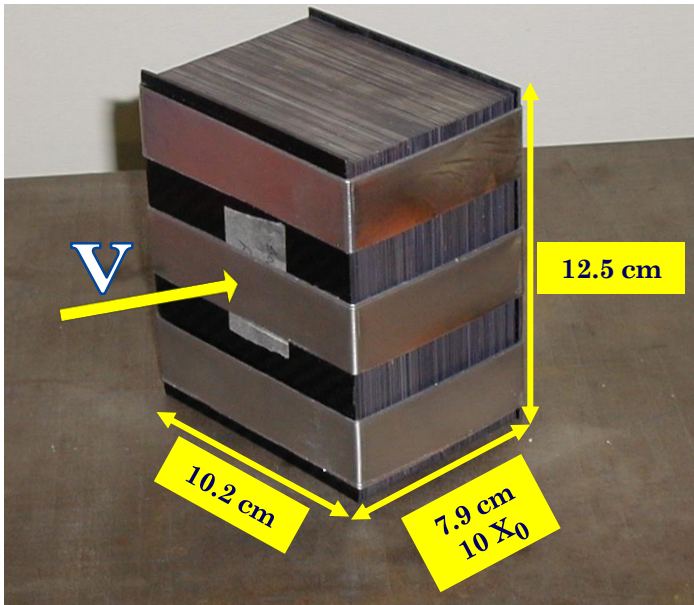
- Grande massa del bersaglio perché

$$N_\tau = N_A M_D \int \phi_{\nu_\mu}(E) P_{\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau}(E, \Delta m^2) \sigma_{\nu_\tau}^{CC}(E) \varepsilon(E) dE$$

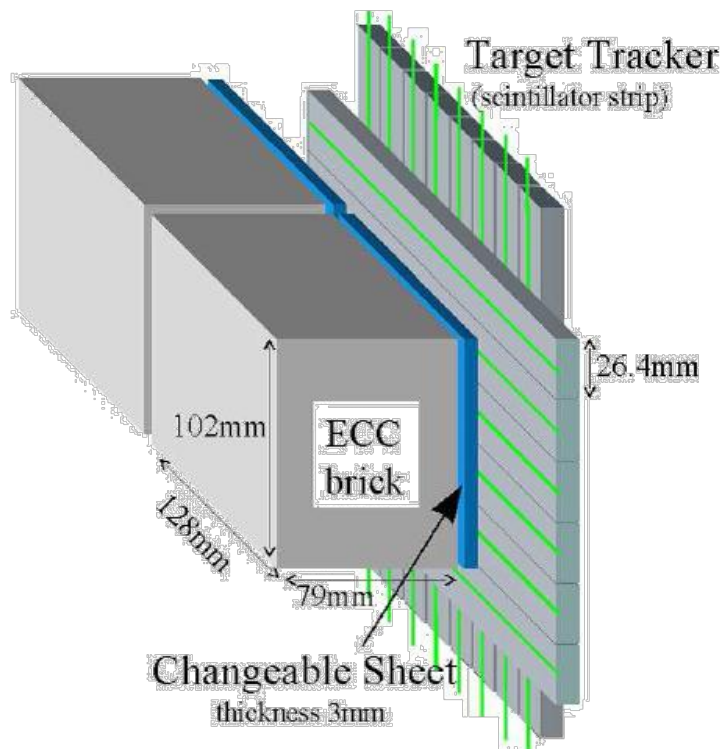
- Alta risoluzione del rivelatore perché $(c\tau)_\tau \approx 87 \mu\text{m}$



Il bersaglio di OPERA consiste di 150'000 ECC (Emulsion Cloud Chamber) brick.



OPERA: rivelatore ibrido

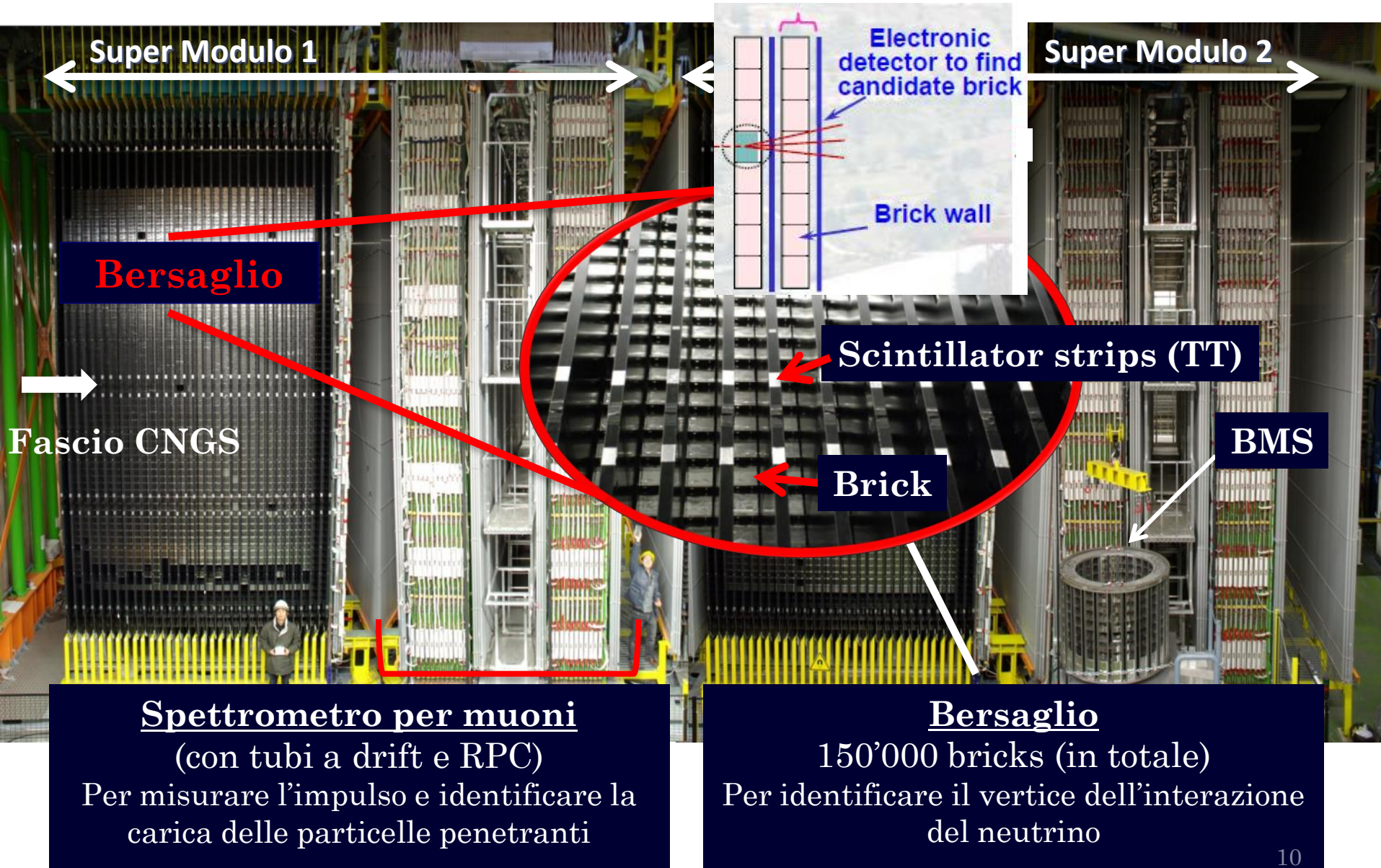


OPERA possiede un **apparato ibrido** costituito dai **brick** (nei quali le tracce delle particelle restano memorizzate) e dalle strisce scintillanti che costituiscono il **Target Tracker** (TT, rivelatori elettronici in tempo reale).

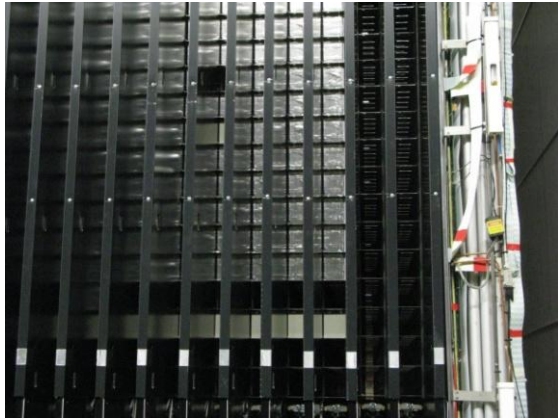
Due ulteriori lastre di emulsione detti **Changeable Sheet** (CS) a valle di ciascun brick.



L'apparato



Operazioni sui brick



Si aspettano i neutrini nel bersaglio...



Il BMS estrae il brick che ha la probabilità più alta di contenere il vertice dell'interazione



Esposto ai raggi X per l'allineamento tra il doppietto CS e il 57° film



Depositato in galleria mentre si aspetta il responso dei CS



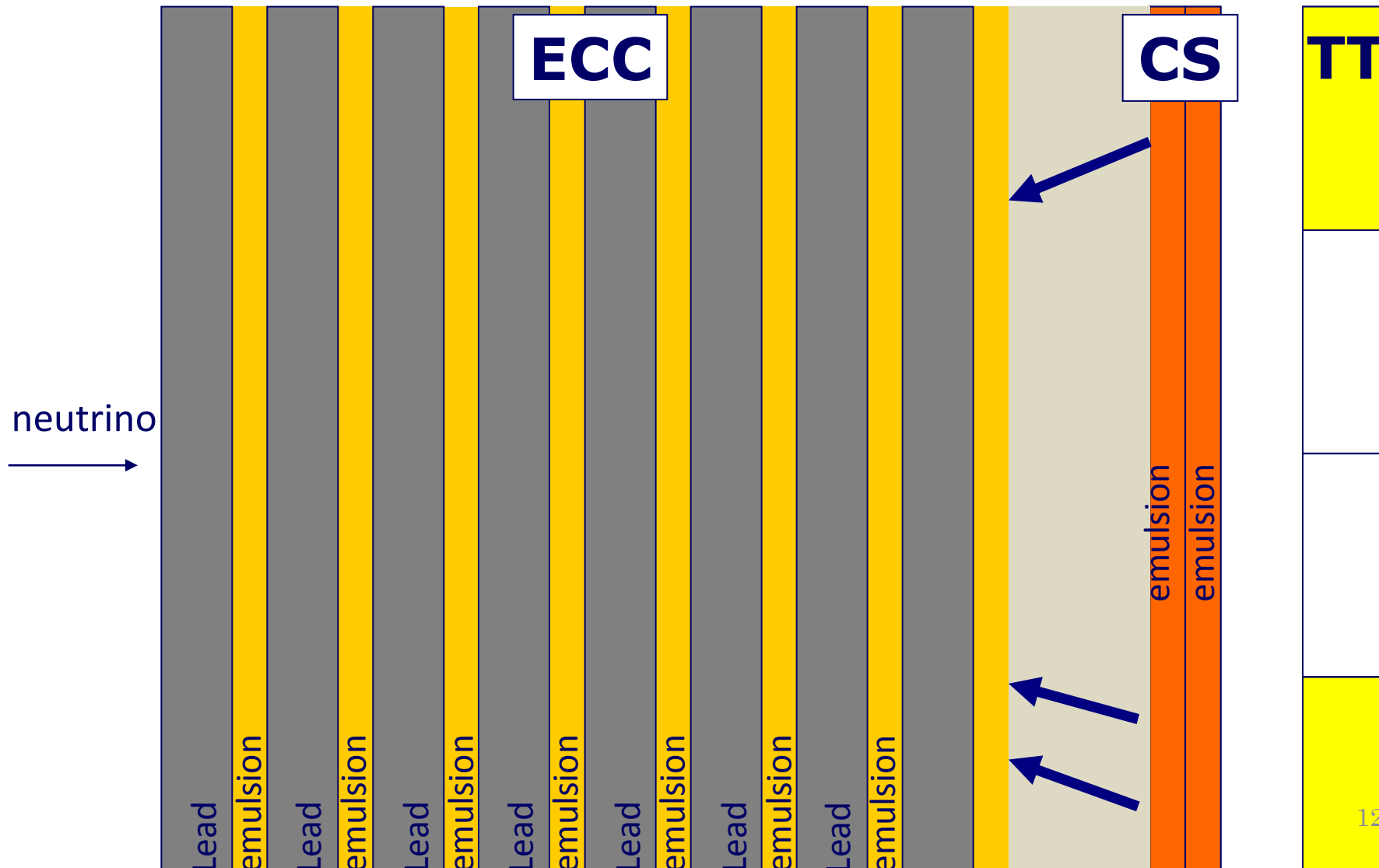
Esposto ai RC per preciso allineamento dei film



Film sviluppati in superficie

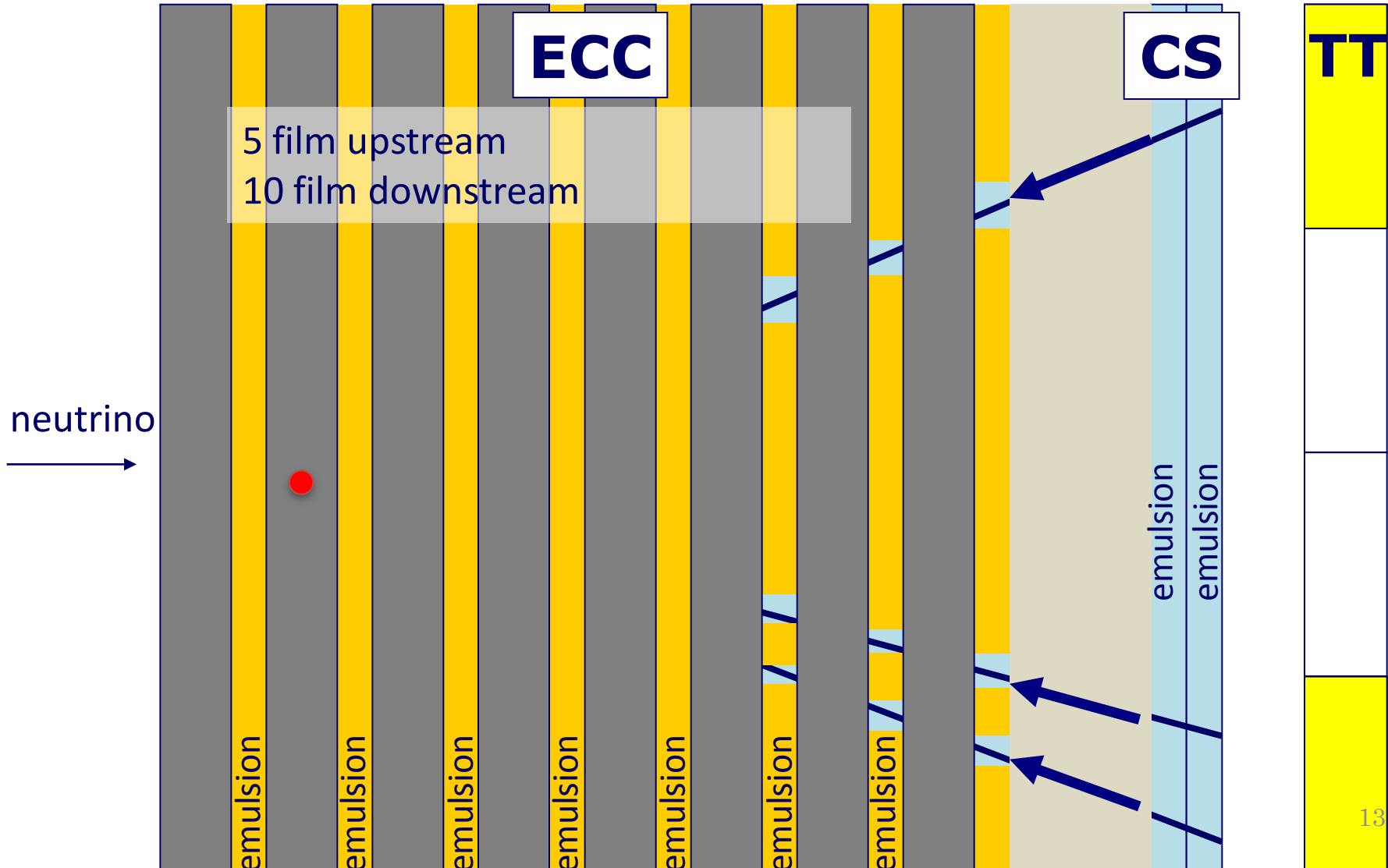
Analisi del vertice

Tutte le tracce rivelate nei CS vengono cercate nei film più a valle del brick e seguite all'indietro finché non se ne trovano in tre film consecutivi.



Analisi del vertice

Il punto di stop è considerato segnatura di un vertice che verrà confermato mediante la scansione di un volume di 1 cm^2 di sezione trasversale.

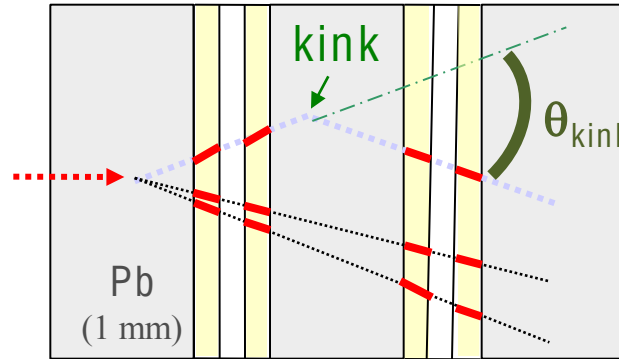


Topologia eventi e misure

Topologie di decadimento del τ :

Decadimento “long”

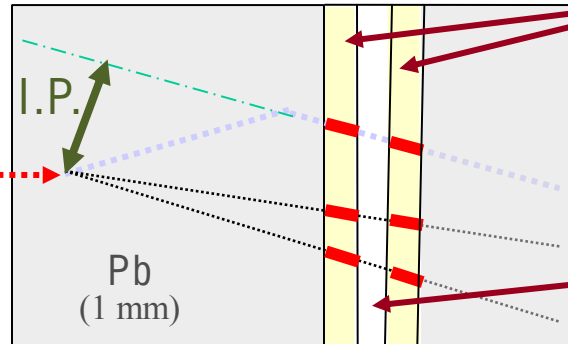
$$\begin{aligned} \tau &\rightarrow e\nu_\tau\bar{\nu}_e \\ \tau &\rightarrow \mu\nu_\tau\bar{\nu}_\mu \\ \tau &\rightarrow h\nu_\tau \end{aligned}$$



Angolo di kink
 $\theta_{\text{kink}} > 20 \text{ mrad}$

Decadimento “short”

$$\begin{aligned} \tau &\rightarrow e\nu_\tau\bar{\nu}_e \\ \tau &\rightarrow \mu\nu_\tau\bar{\nu}_\mu \end{aligned}$$



Lastre di emulsione

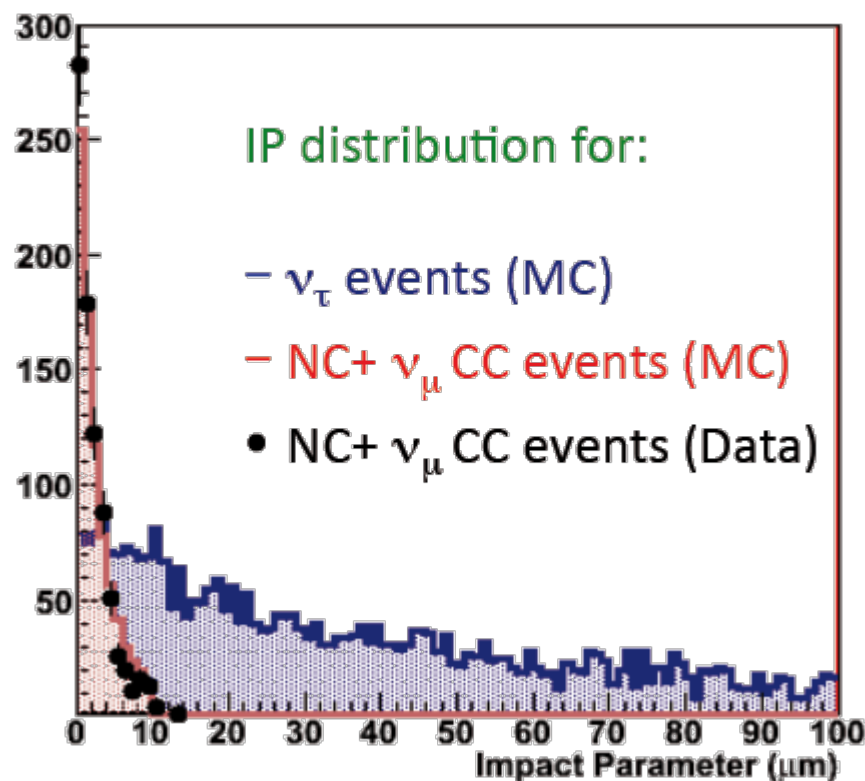
Parametro di impatto
I.P. $> 10 \mu\text{m}$

Base di plastica

Risoluzioni:

σ (posizione) = $0.2 \mu\text{m}$
 σ (angolo) = 2 mrad

Impact parameter measurements



Angolo di kink
 $\theta_{\text{kink}} > 20 \text{ mrad}$

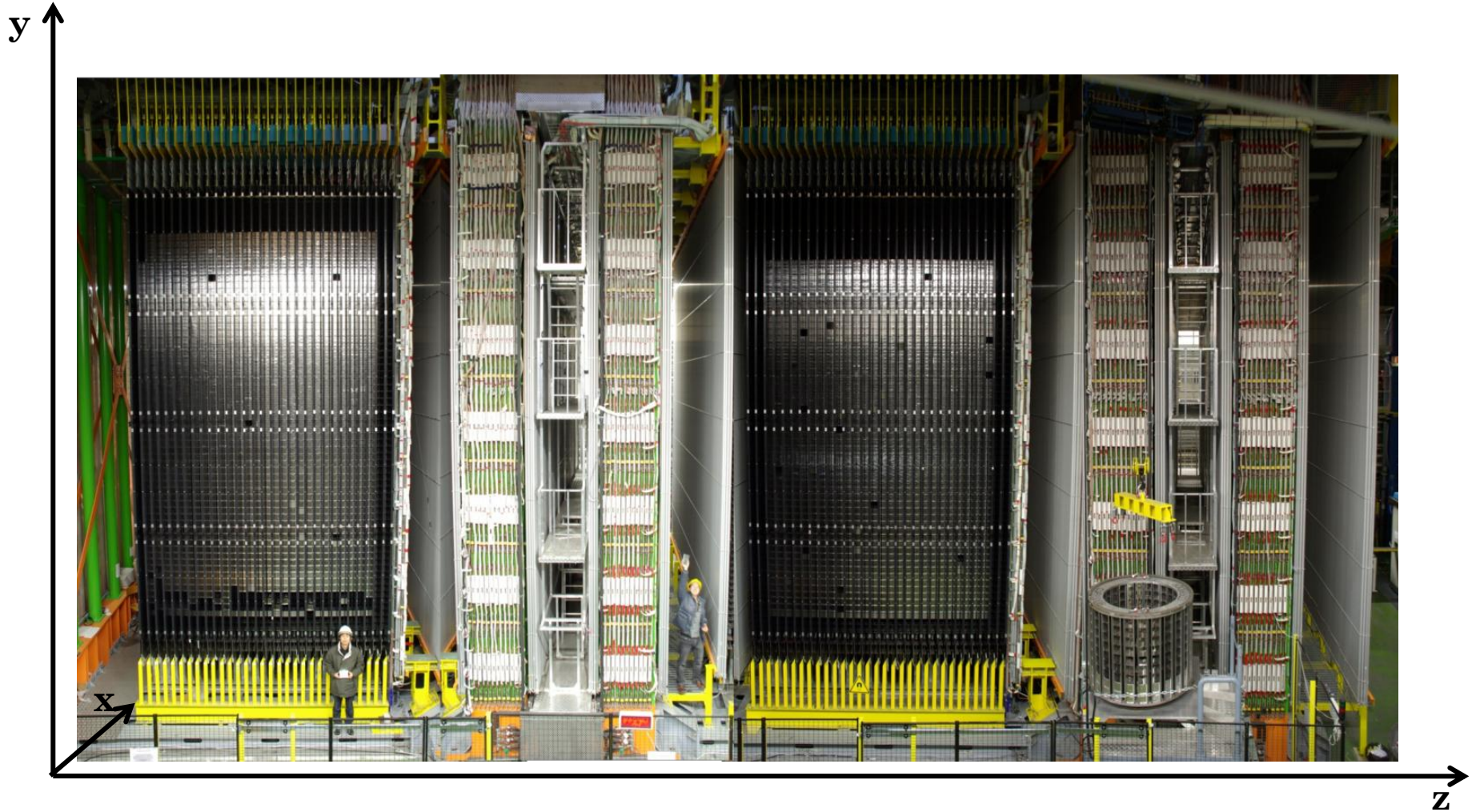
Parametro di impatto
 I.P. $> 10 \mu\text{m}$

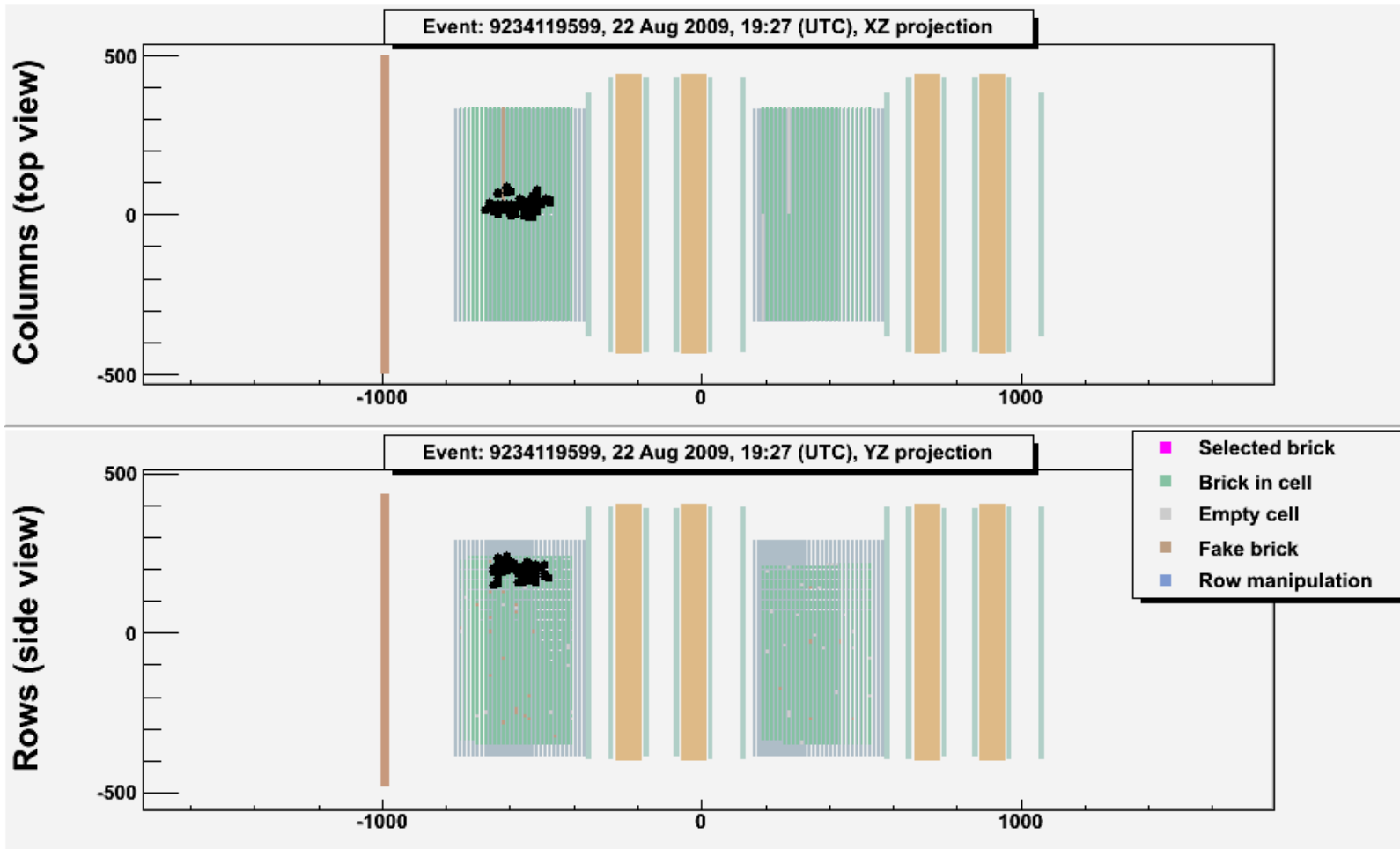
Risoluzioni:

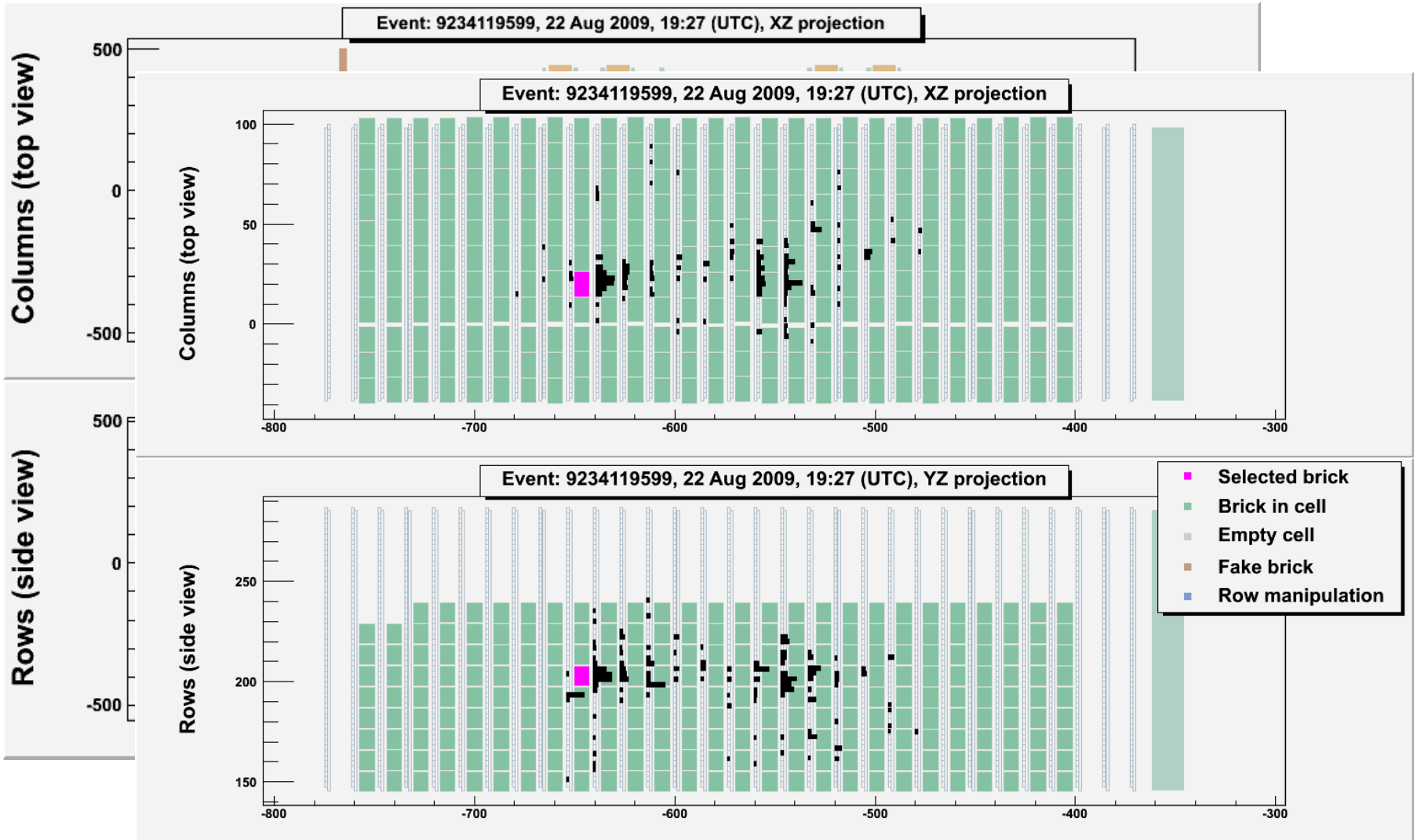
σ (posizione) = $0.2 \mu\text{m}$

σ (angolo) = 2 mrad

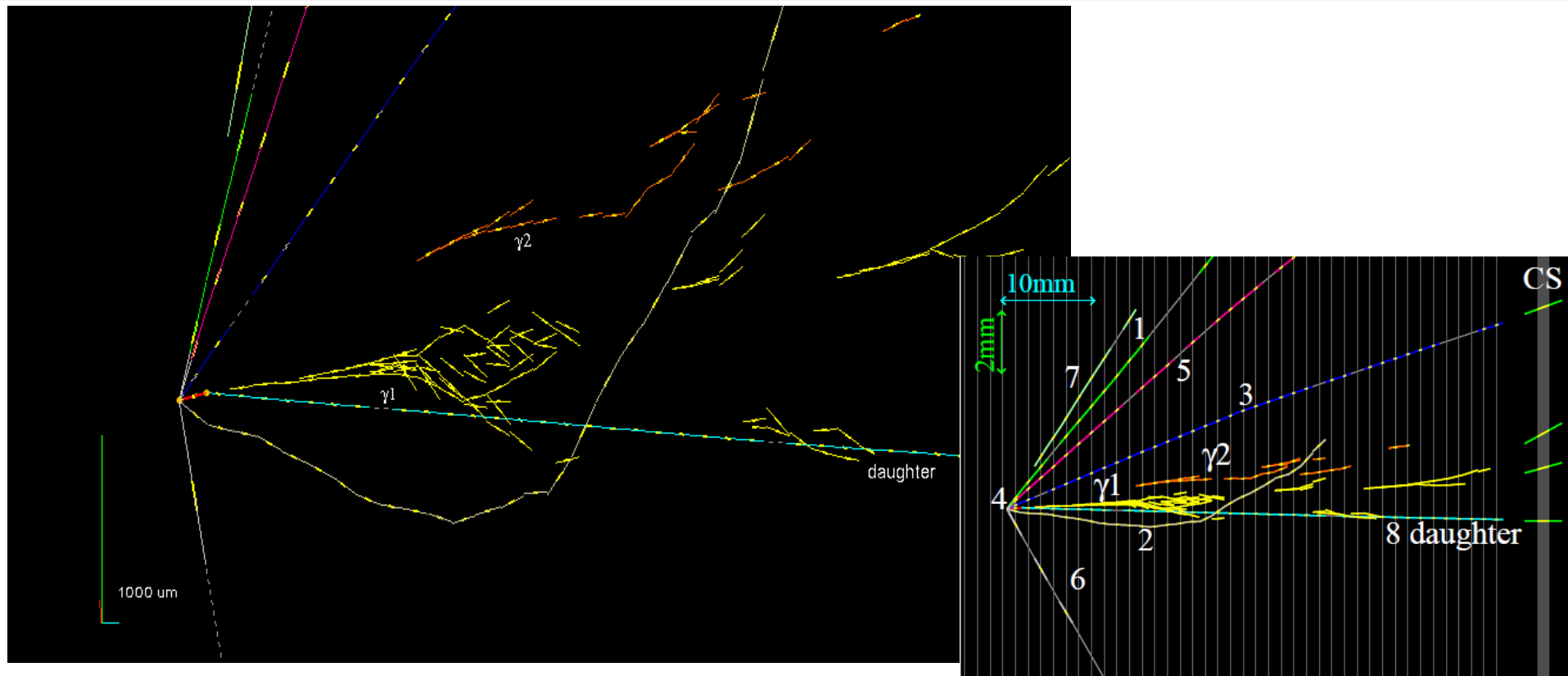
Il sistema di riferimento OPERA







Il primo evento da ν_τ ?

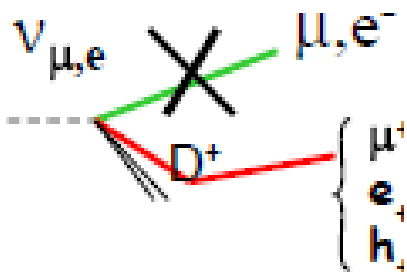


- 7 tracce al vertice primario, una di queste presenta un *kink*.
- Due sciame elettromagnetici prodotti da gamma.
- Nessuna delle tracce è compatibile con l'essere una traccia di elettrone.
- Per le tracce: 1, 5 e 6: $P(\mu) < 10^{-3}$ (compatibili con *range* del π).
- Le rimanenti tracce sono di adroni (vista interazione).
- Probabilità residua di evento da ν_μ CC (possibile angolo grande del muone non identificato) è $\approx 1\%$.

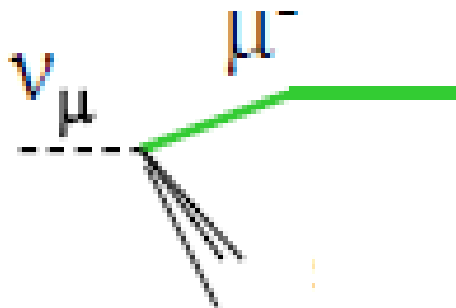
Variabile	Cut-off	Valore
Angolo di <i>kink</i> (mrad)	> 20	41 ± 2
Lunghezza di decadimento (μm)	< 2 strati di Pb	1335 ± 35
Impulso secondario (GeV/c)	> 2.0	12_{-3}^{+6}
Pt al vertice di decadimento quando è presente anche un γ (GeV/c)	> 0.3	$0.47_{-0.12}^{+0.24}$
Pt mancante al vertice primario (GeV/c)	< 1.0	$0.57_{-0.17}^{+0.32}$
Angolo nel piano trasverso tra traccia leptone diffuso e jet adronico: ϕ (deg)	> 90	173 ± 2

Vertice secondario compatibile con: $\tau \rightarrow \rho \nu_\tau$
 $\quad \quad \quad \hookrightarrow \pi^- \pi^0$
 $\quad \quad \quad \quad \quad \hookrightarrow \gamma \gamma$

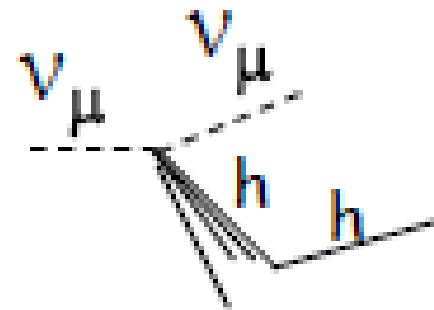
Processi di fondo



Produzione di Charm in CC, simili τ e massa del leptone τ (se non viene identificato il leptone primario, se viene attribuita una carica sbagliata al secondario).



Grande angolo di scattering del μ nel Pb.

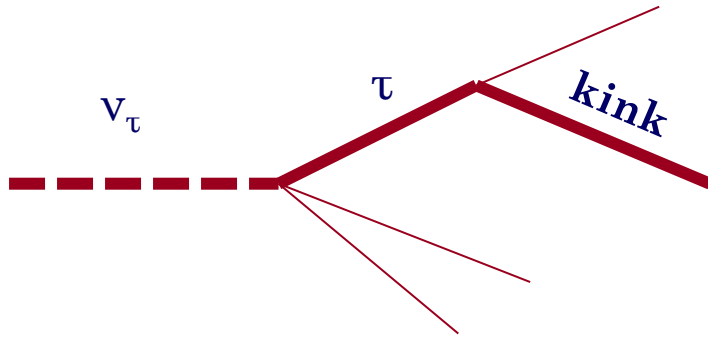


Interazioni adroniche nel Pb (se l'adrone viene scambiato per muone).

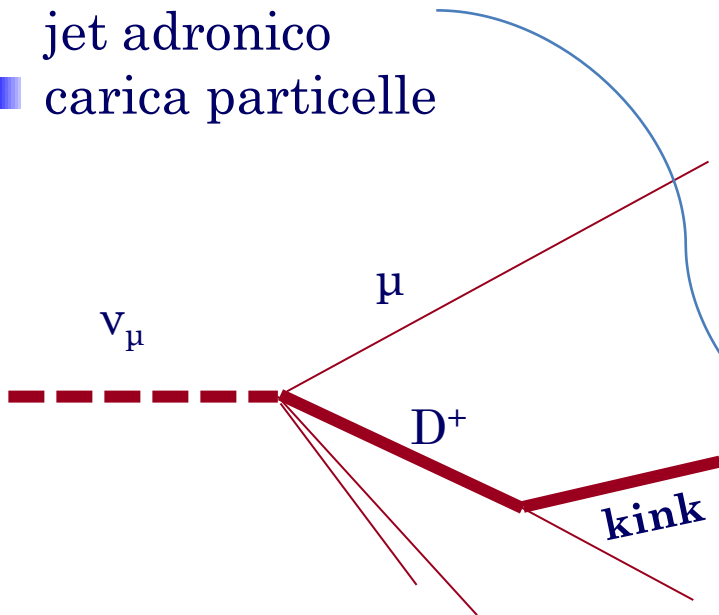
	$\tau \rightarrow e$	$\tau \rightarrow \mu$	$\tau \rightarrow h$	$\tau \rightarrow 3h$	Totale
Fondo da charm	.173	.008	.134	.181	.496
Grande angolo di scattering del μ		.096			.096
Fondo adronico		.077	.095		.172
Totale per canale	.173	.181	.229	.181	.764

Eventi di fondo attesi dopo 5 anni di presa dati con il fascio nominale

v_τ vs. Charm: come e perché?

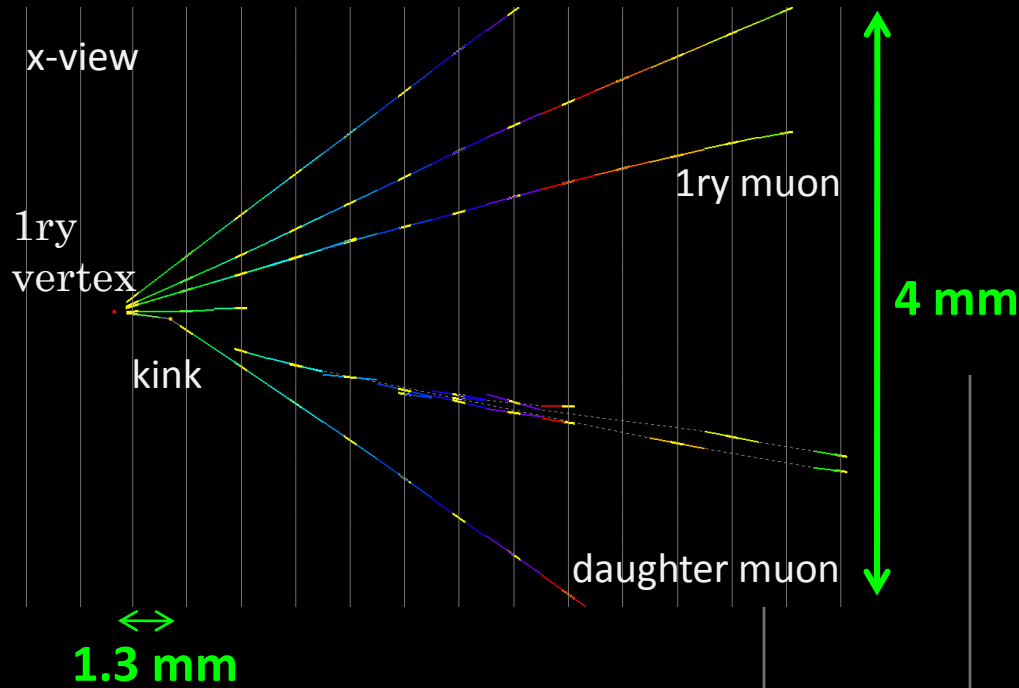


- μ pronto al vertice primario
- charm (*kink*) sbilanciato verso il jet adronico
- carica particelle

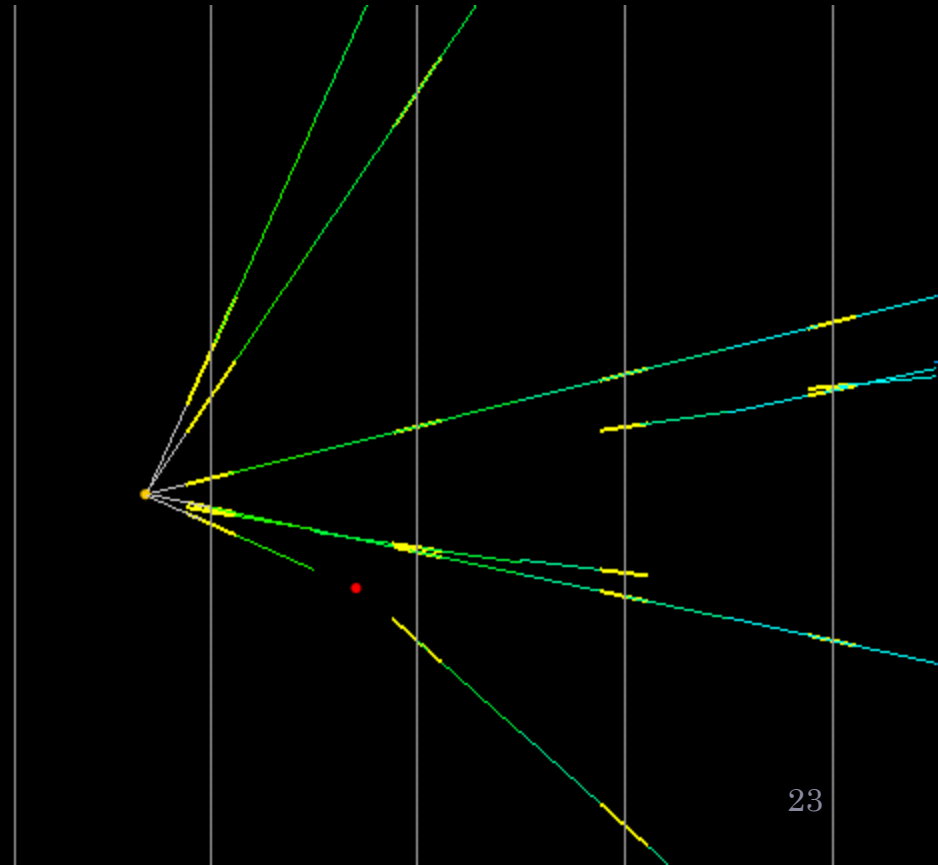


Variabile	Cut-off
Angolo di <i>kink</i> (mrad)	> 20
Lunghezza di decadimento	< 2 strati di Pb
Impulso secondario (GeV/c)	> 2.0
Pt al vertice di decadimento quando è presente anche un γ (GeV/c)	> 0.3
Pt mancante al vertice primario (GeV/c)	< 1.0
Angolo nel piano trasverso tra traccia leptone diffuso e jet adronico: ϕ (deg)	> 90

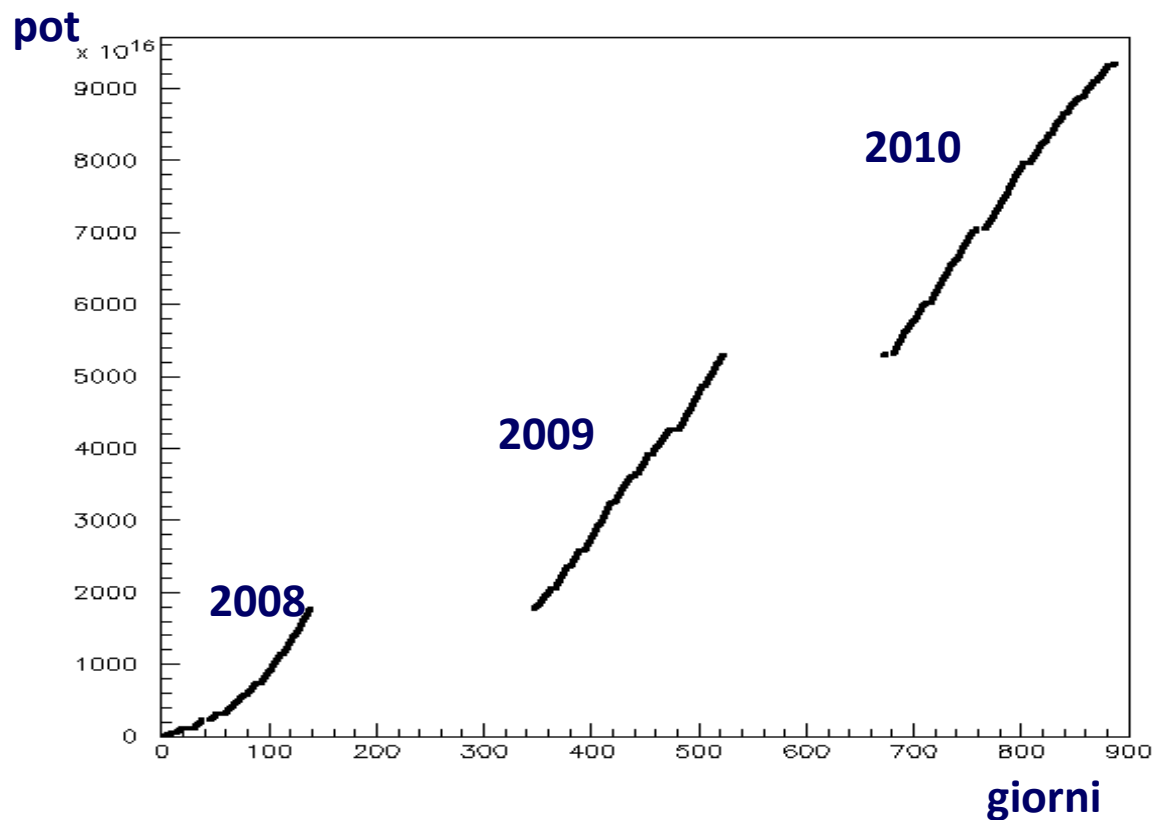
Evento candidato charm (dimuon)



Lunghezza di volo: 1.33 mm
Angolo di kink: 209 mrad
IP del secondario: 262 μm
Muone secondario: 2.2 GeV/c



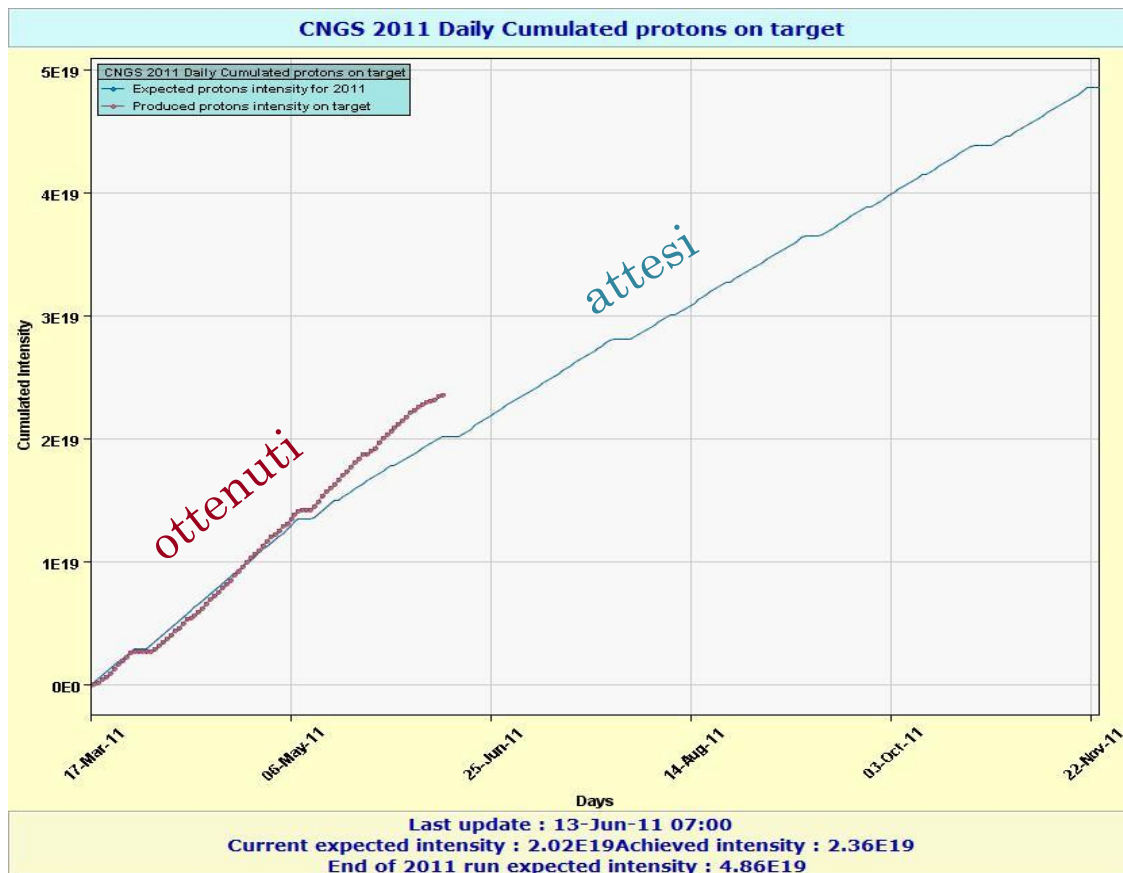
Stato dell'esperimento



anno	Giorni con fascio	Numero di p.o.t.	SPS eff.	Eventi in brick	run
2008	123	1.78×10^{19}	61%	1698	Physics runs
2009	155	3.52×10^{19}	70%	3693	Physics runs
2010	187	4.04×10^{19}	81%	4248	Physics runs

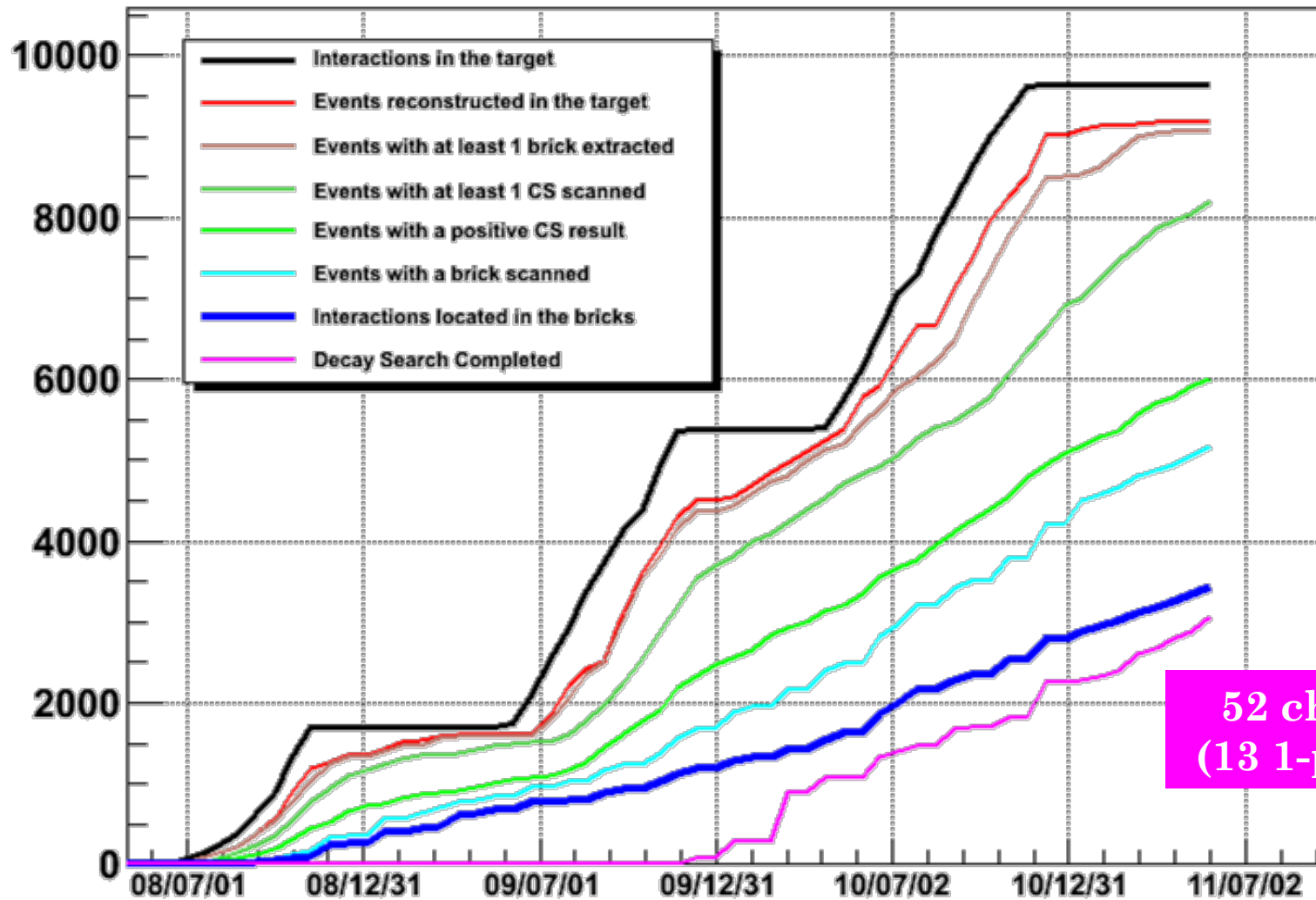
Stato dell'esperimento

+ 2011 con 2.3×10^{19} p.o.t.
in 88 giorni dal 18/3 al 13/6



anno	Giorni con fascio	Numero di p.o.t.	SPS eff.	Eventi in brick	run
2008	123	1.78×10^{19}	61%	1698	Physics runs
2009	155	3.52×10^{19}	70%	3693	Physics runs
2010	187	4.04×10^{19}	81%	4248	Physics runs

Stato dell'analisi



9639 eventi collezionati

3464 interazioni di neutrino localizzate

3162 con ricostruzione del decadimento completa

52 charm
(13 1-prong)



- **velocità di scanning:** 20 cm²/h/lato;
- **efficienza:** fino a 95% usando tracce, ~100% usando microtracce;
- **precisione di ricostruzione tracce:** 0.3 ÷ 0.7 μm.

