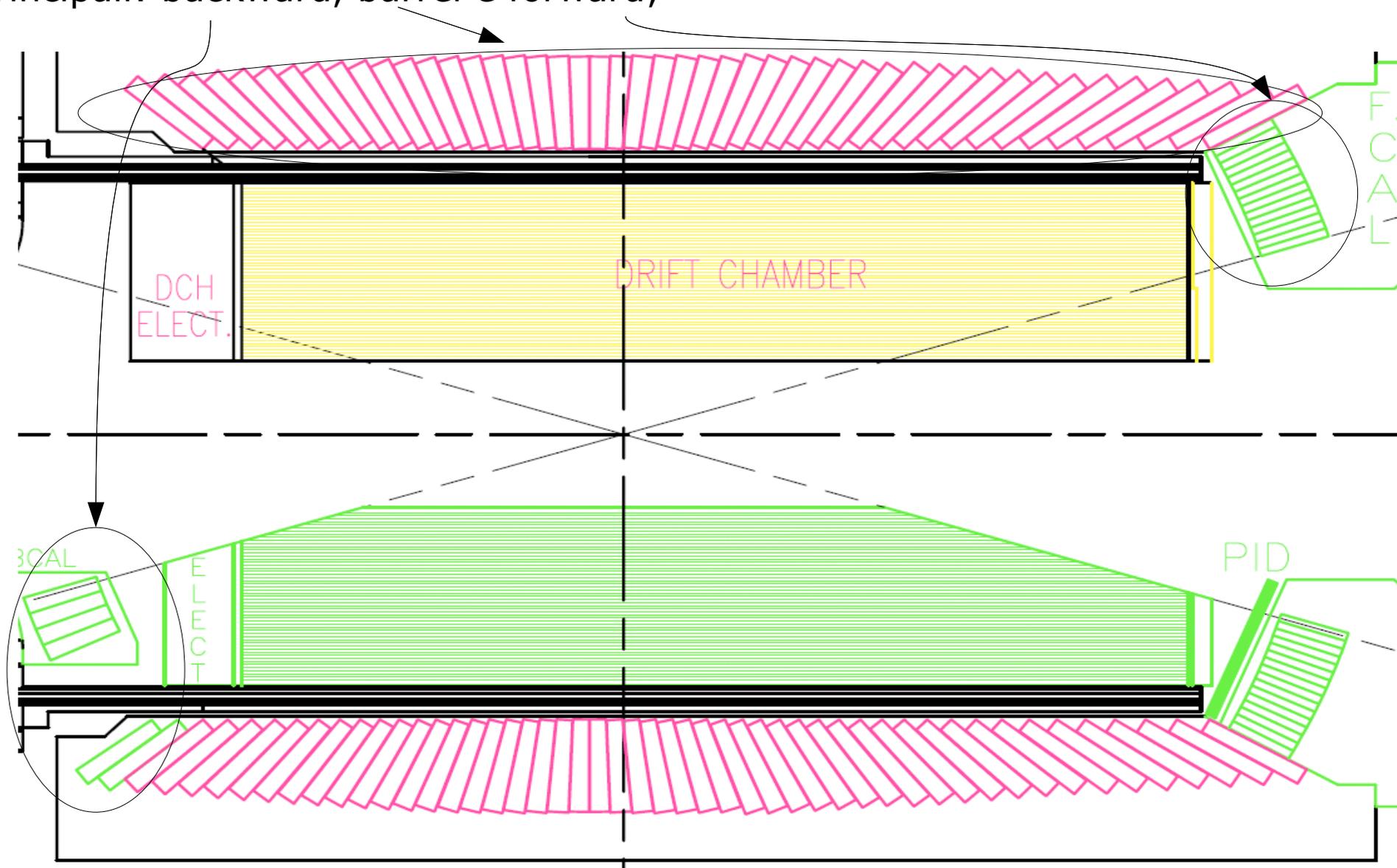


# Lo sviluppo del calorimetro elettromagnetico in avanti di SuperB

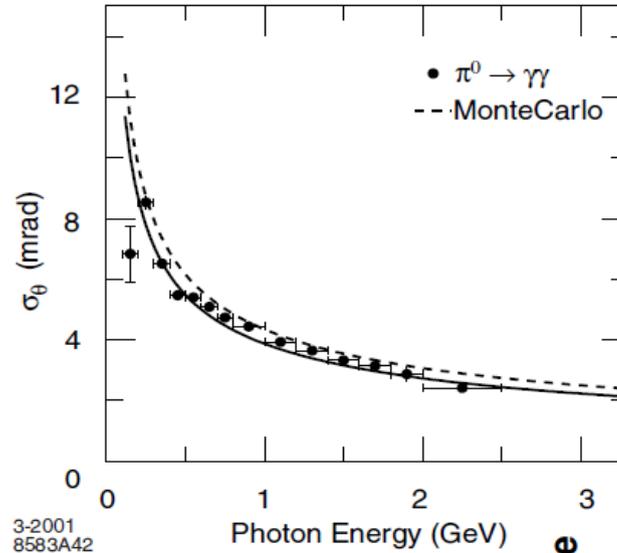
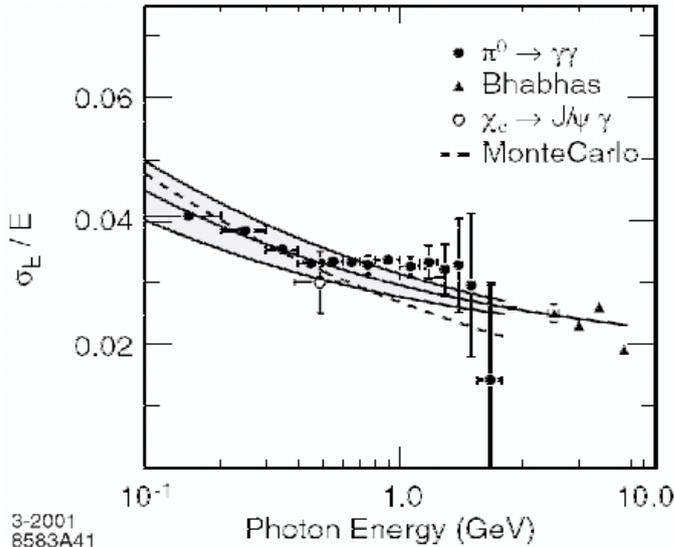
# SuperB EMC

Il calorimetro elettromagnetico (EMC) di SuperB sarà composto di tre parti principali: backward, barrel e forward;



# Prestazioni

Un punto di riferimento per valutare le prestazioni richieste al rivelatore è rappresentato da Babar:



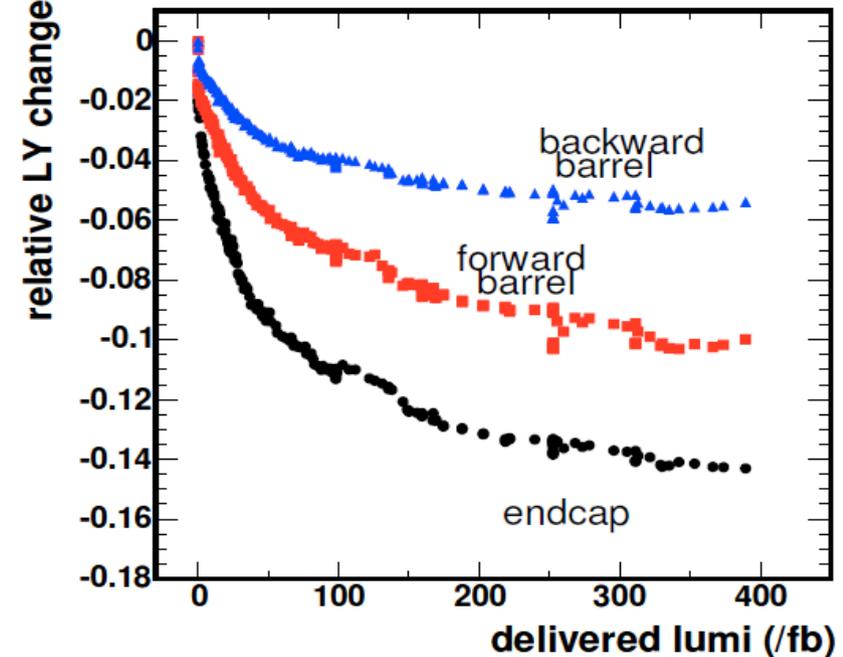
$$\frac{\sigma_E}{E} = \frac{2.30\%}{\sqrt[4]{E(\text{GeV})}} \oplus 1.35\%$$

$$\sigma_\theta = \frac{4\text{mrad}}{\sqrt{E(\text{GeV})}}$$

Una dose di circa 1.5 krad è stata assorbita nelle regioni maggiormente irraggiate di Babar;

Perdita di luce di circa il 15% senza creare problemi alle prestazioni del calorimetro;

Una dose totale al di sotto di 1 krad/anno è stimata per SuperB;



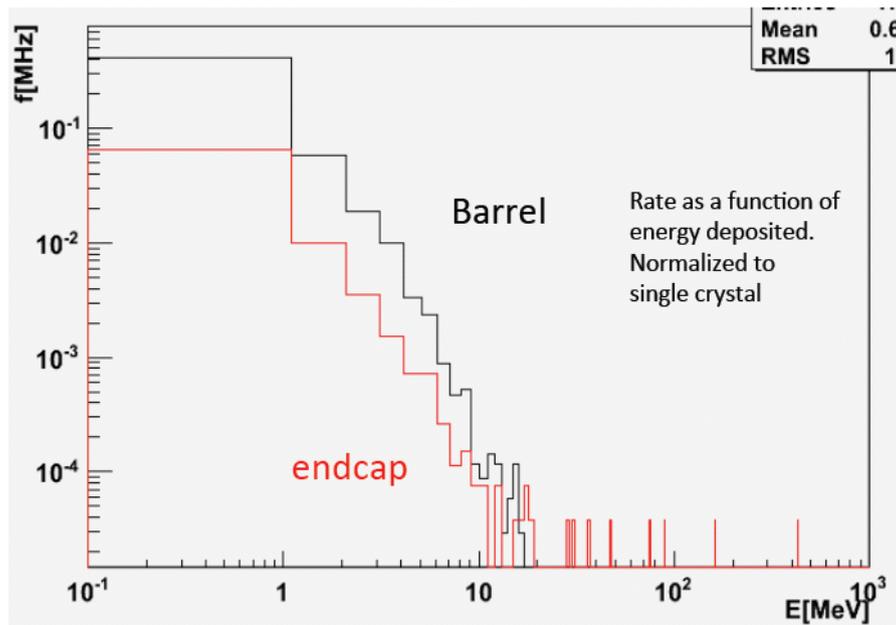
# Prestazioni: Rate capability

L'elevata luminosità della macchina darà luogo ad un fondo di fotoni di bassa (sotto il MeV) o media (decine di MeV) energia che "occuperanno" i cristalli del calorimetro.

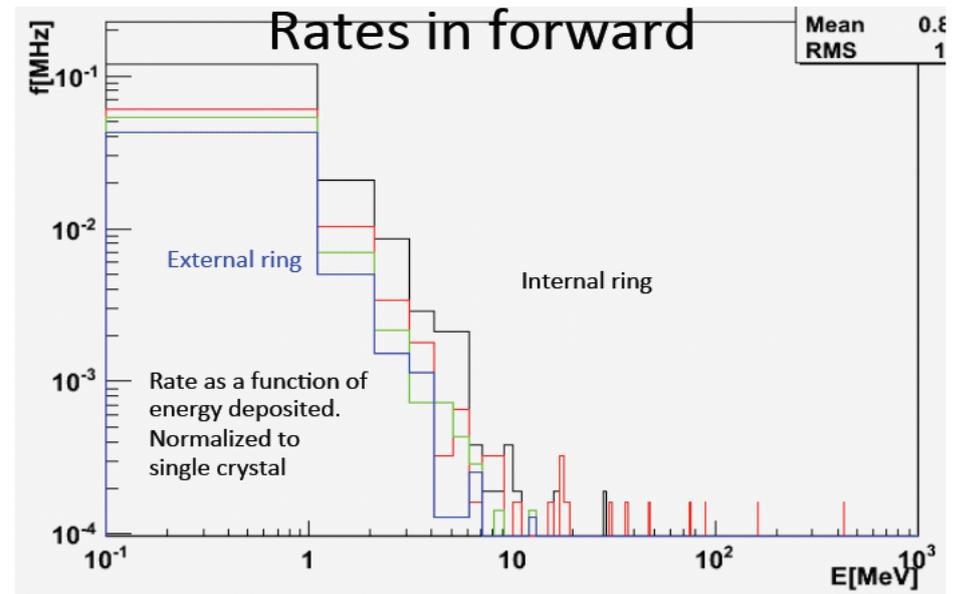
Questo "fondo" darà luogo ad pile-up con i segnali di Fisica il cui valor medio e le cui fluttuazioni influiranno sulla risoluzione e sul numero di cluster di noise;

Particolari soluzioni apportate negli ultimi disegni della macchina sembrano aver ridotto tali rates di un fattore superiore a 10.

## Average rate



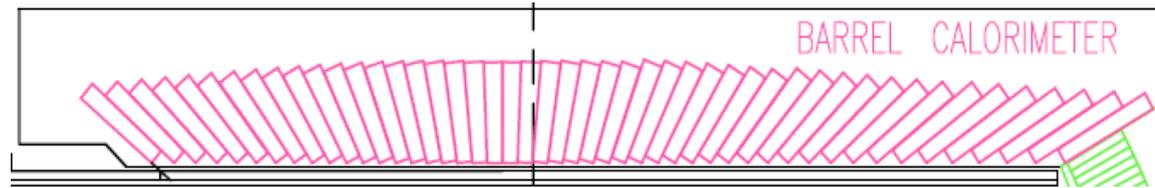
## Rates in forward



# Barrel

Per la parte barrel del calorimetro verrà riutilizzato l'attuale barrel di Babar basato su cristalli di CsI(Tl) letti con PIN-diodes più pre-amplificatore multi-range;

I cristalli sono organizzati in 48 rings da 120 per un totale di 5760 cristalli;



Lunghezza pari a  $16 X_0$ ;

Studi sull'effetto sulla risoluzione del pile-up di fondo hanno fatto decidere di integrare la carica per  $0.5 \mu\text{s}$  invece che per  $1.0 \mu\text{s}$ ;

Le stime sulle rates ed i livelli di radiazione fanno supporre che i cristalli potranno continuare a sopravvivere e lavorare correttamente nell'ambiente di SuperB.

# Backward End-Cap

Il calorimetro backward viene introdotto in SuperB con lo scopo principale di migliorare l'ermeticita' del rivelatore;

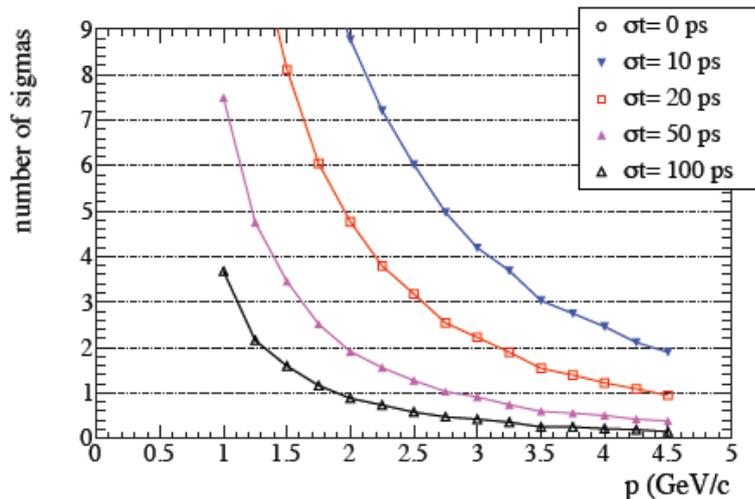
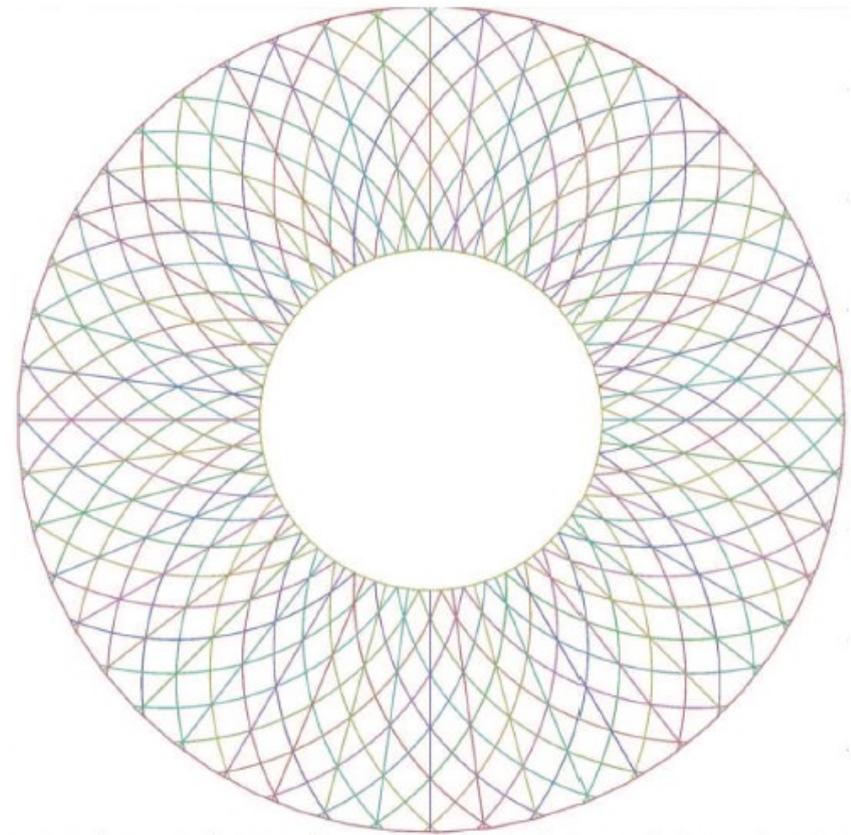
Non e' richiesta una risoluzione in energia troppo spinta;

Soluzione prevista:  $12 X_0$  di sampling piombo (2.8 mm)/scintillatore (3 mm);

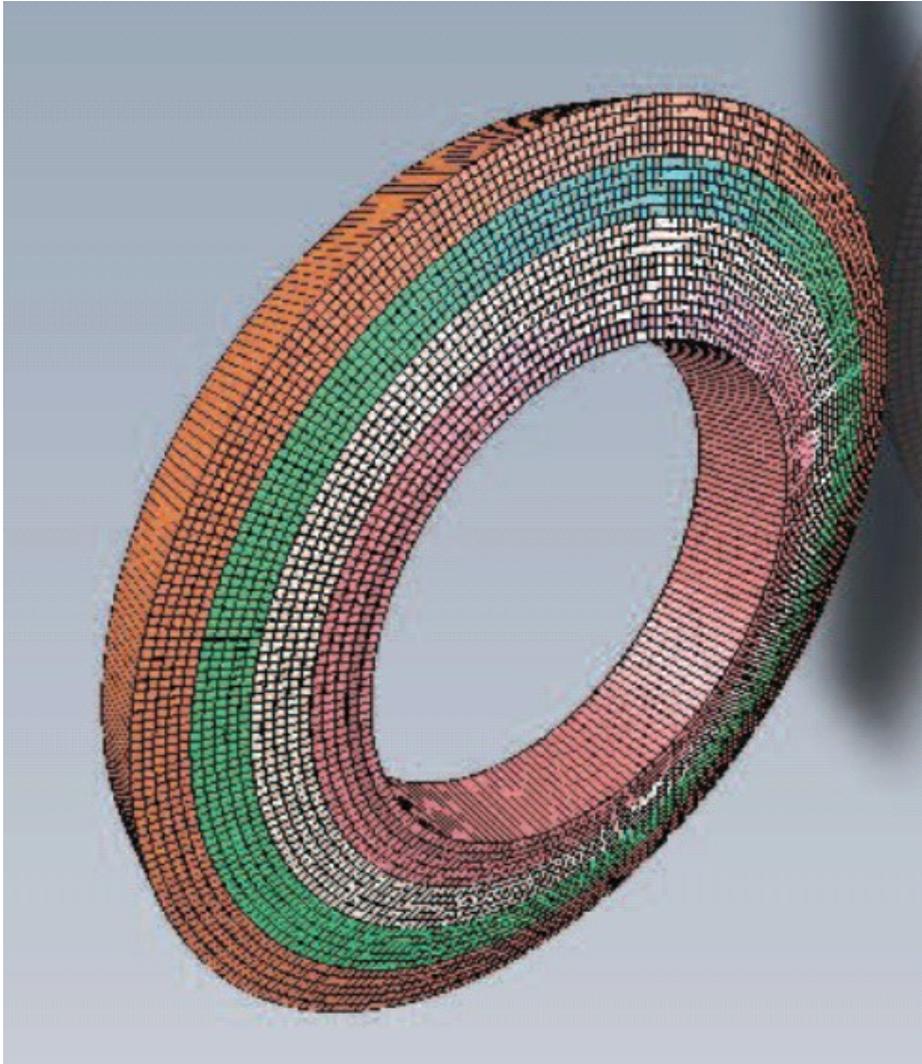
Lo scintillatore e' segmentato in strips che possono essere lette sull'esterno mediante SiPM;

Studi sui fondi e nuove misure sulla resistenza alle radiazioni dei SiPM sono necessari;

Lo scintillatore del Backward puo' essere utilizzato anche come ToF per la separazione  $\pi/K$



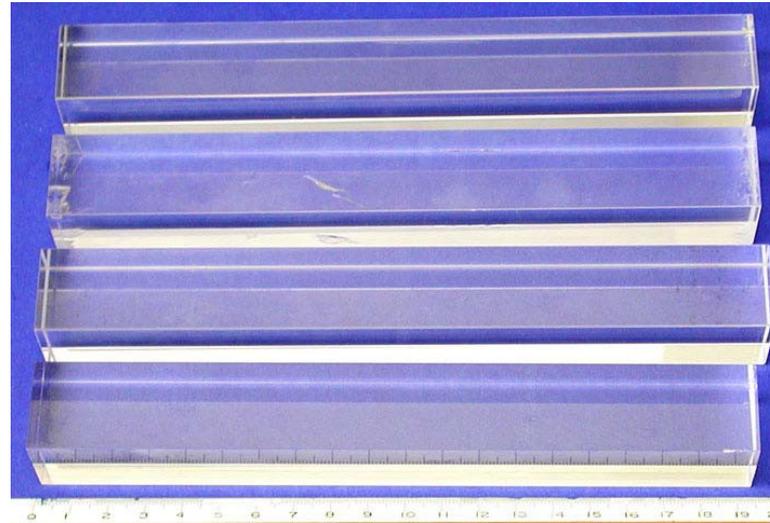
# Forward End-Cap



Le rate di fondo previste nel forward fanno propendere per una soluzione diversa dallo CsI(Tl) di Babar;

Un cristallo più denso e con costanti di tempo minori permetterebbe di minimizzare gli effetti di pile-up del fondo;

La soluzione di base è per ora il LYSO:



$$\tau = 40 \text{ ns};$$

$$\rho = 7.4 \text{ g/cm}^3$$

$$R_M = 2.1 \text{ cm.}$$

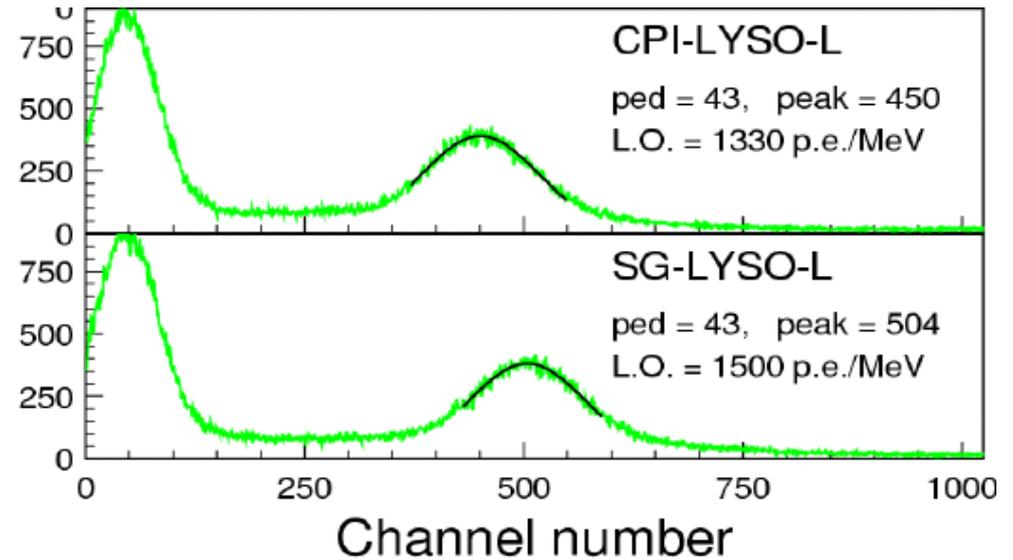
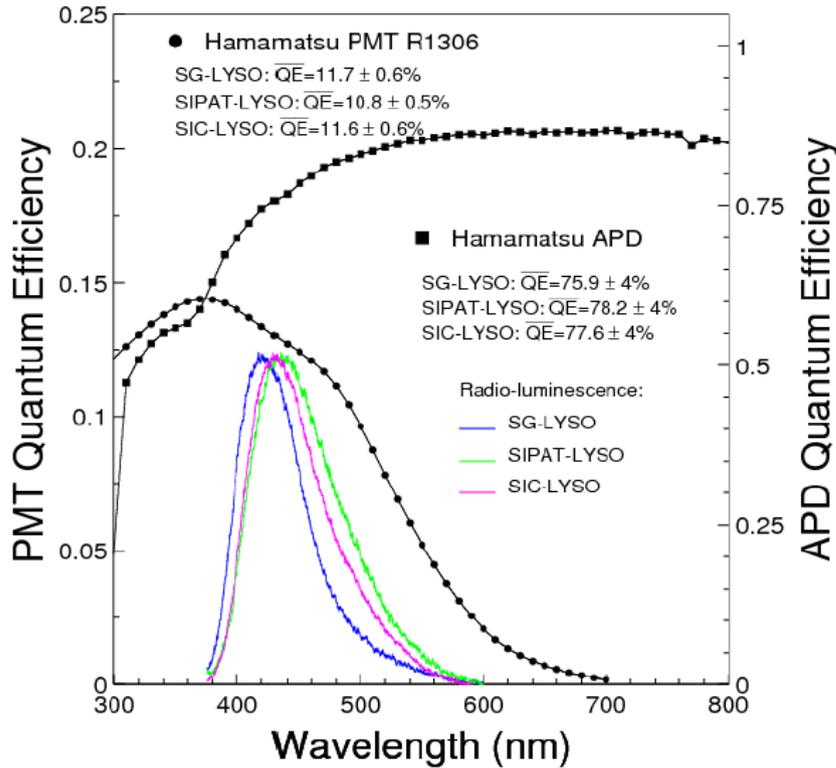
3600 cristalli, disposti in 20 rings suddivisi in 4 gruppi;

Lunghezza  $17.5 X_0$ ;

# Caratteristiche del Lyso

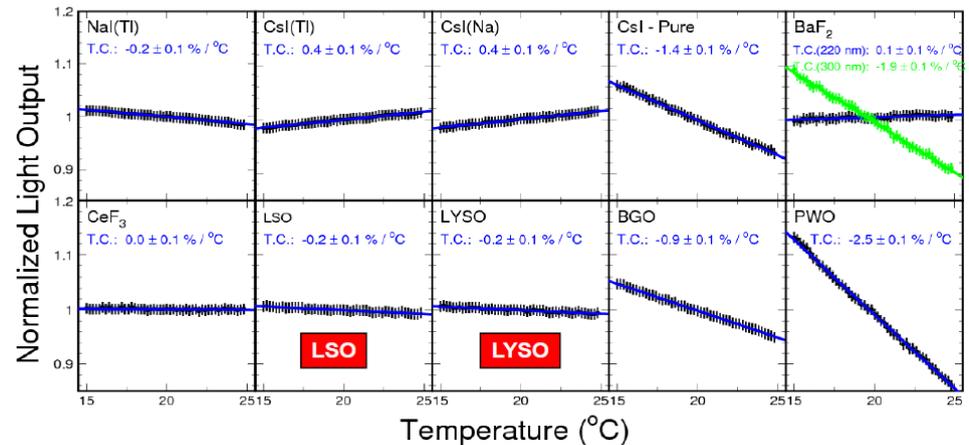
Un cristallo davvero interessante per la Fisica delle Alte Energie:

Ottimo accoppiamento con APD Con APD su 0.511 MeV del  $^{22}\text{Na}$  si stima una risposta di luce di circa 1300 – 1500 p.e./MeV



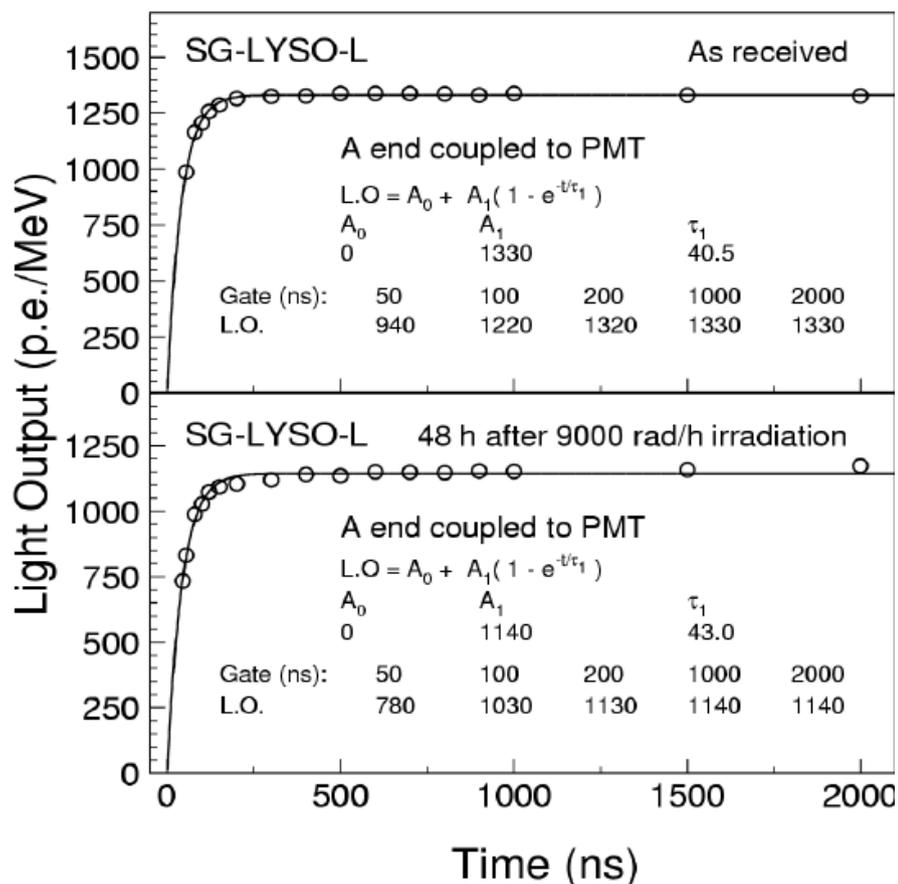
Temperature Range: 15°C ~ 25°C

Buona stabilità con la temperatura



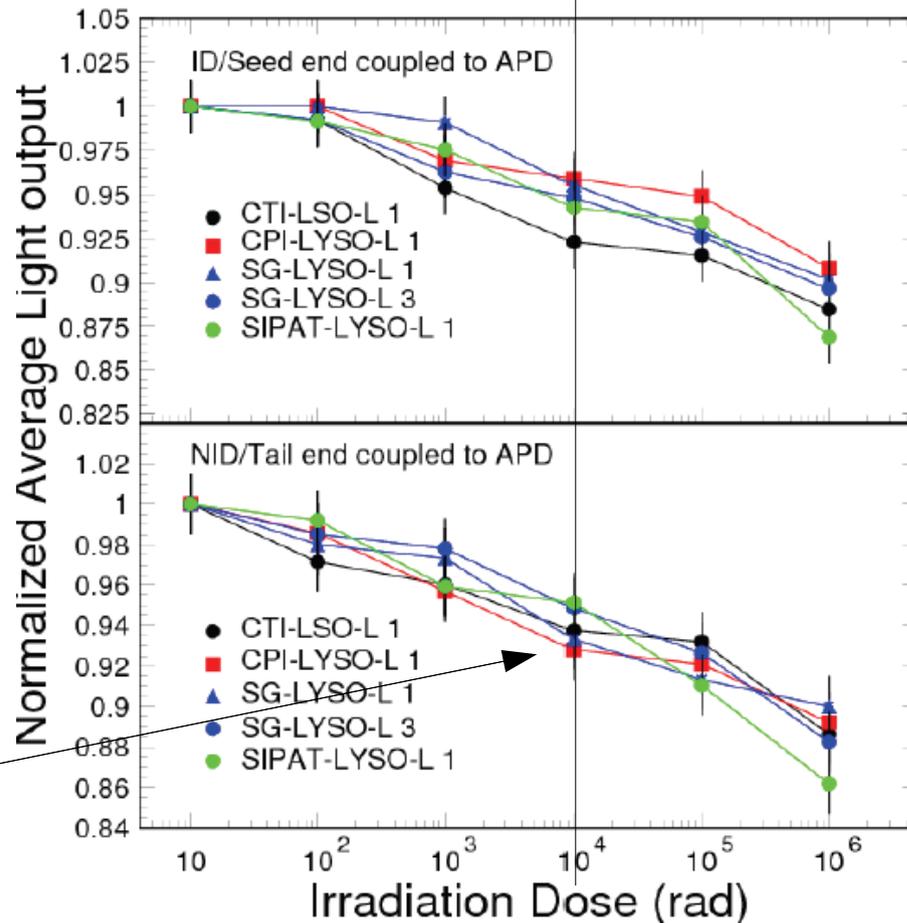
# Lyso: resistenza alle radiazioni

Misure di resistenza alle radiazioni effettuate da R. Y. Zhu



Dopo un irraggiamento di 9 krad/h x 22h = 0.2 Mrad 86% di luce con PMT.

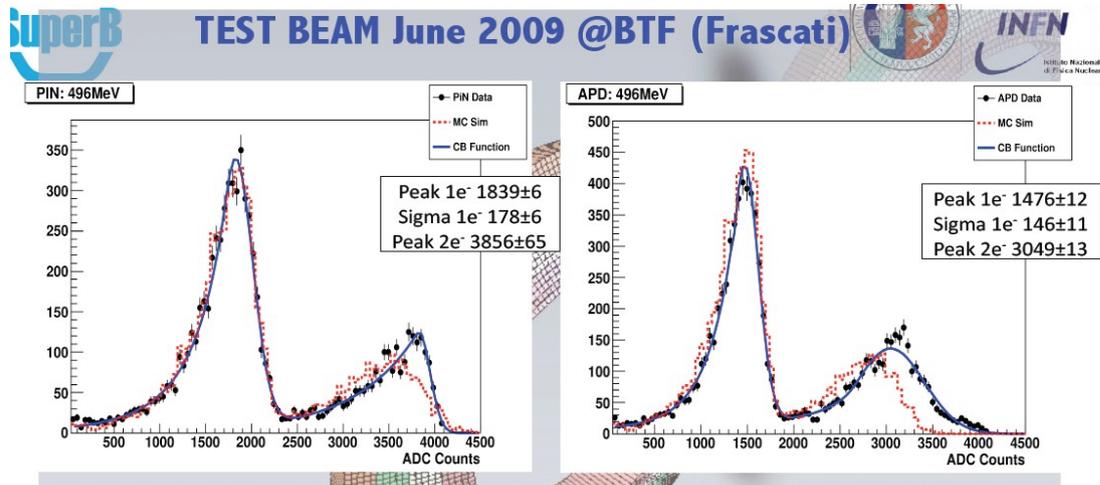
9% - 14% loss by APD



Risultati confermati da un test piu' accurato: 1 Mrad: 10%-15% perdita con PMT/APD  
5% di perdita dopo 10 kRad

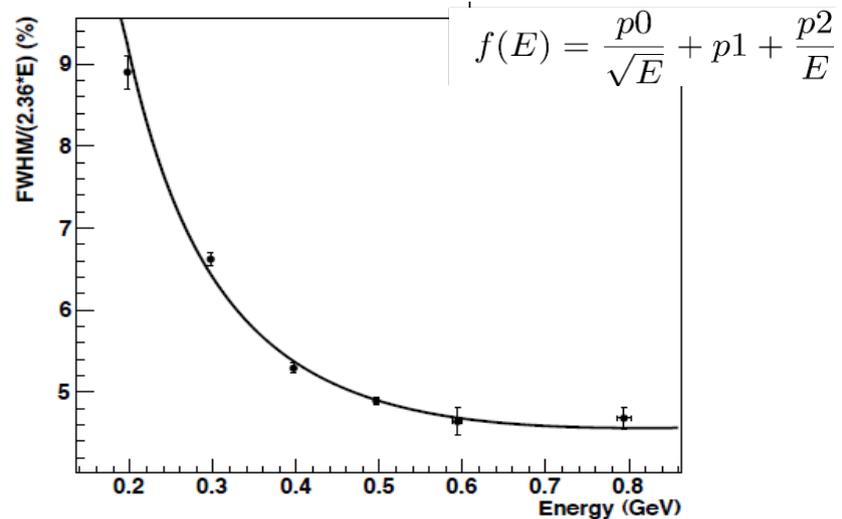
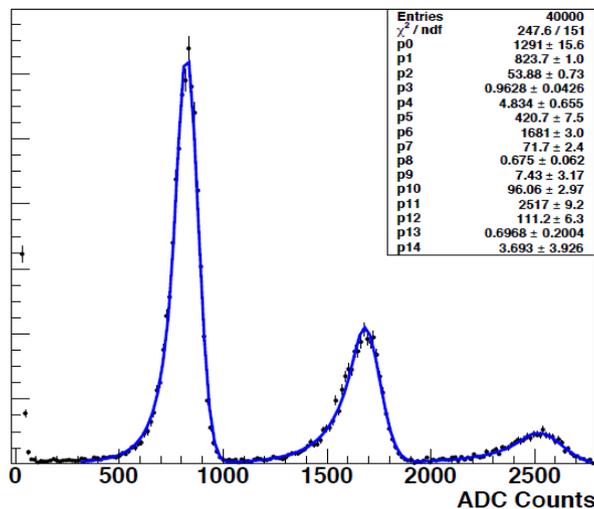
# Primi test beam: BTF

In collaborazione con il gruppo di Perugia, abbiamo iniziato a testare dei prototipi per il calorimetro end-cap:



In un primo test beam con un singolo cristallo alla BTF 2009 avevamo confrontato PIN (9.7%) e APD (9.9%)

Già con una matrice di 6 cristalli, nel 2010, si era riusciti ad ottenere una risoluzione del 5% a 500 MeV



# Prima matrice prototipo

Un prototipo di 25 cristalli è stato poi costruito nel 2011 e testato al CERN

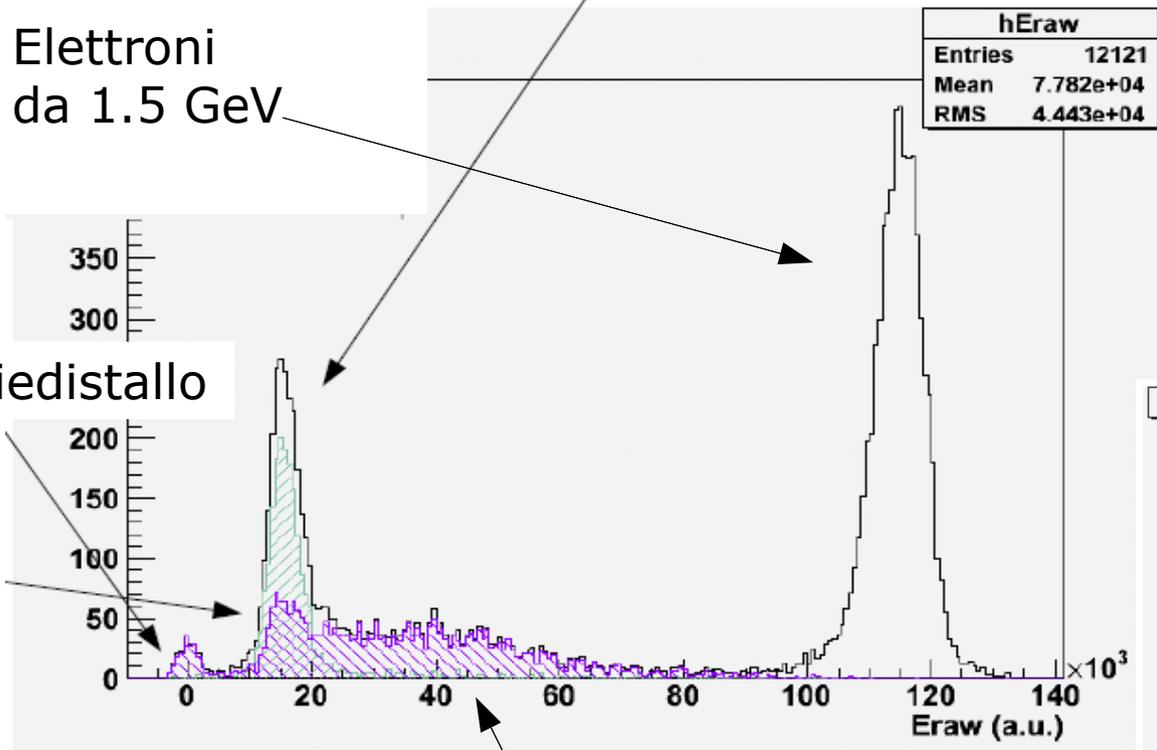


# Spettro in Energia

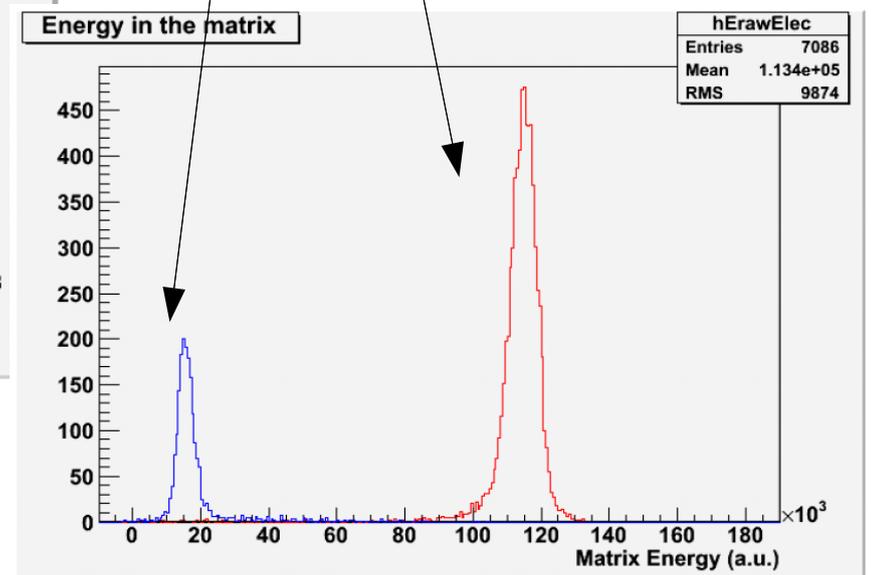
La linea utilizzata aveva contemporaneamente elettroni e pioni e questo ci ha permesso di studiare la risposta del calorimetro alle differenti particelle.

Pioni non interagenti  
(mip: 200 MeV)

Elettroni  
da 1.5 GeV



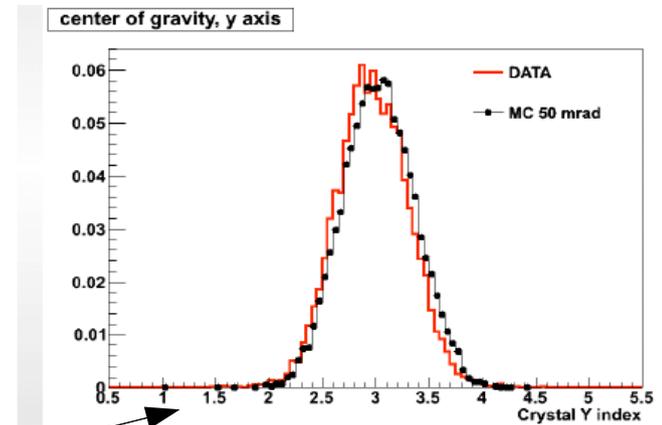
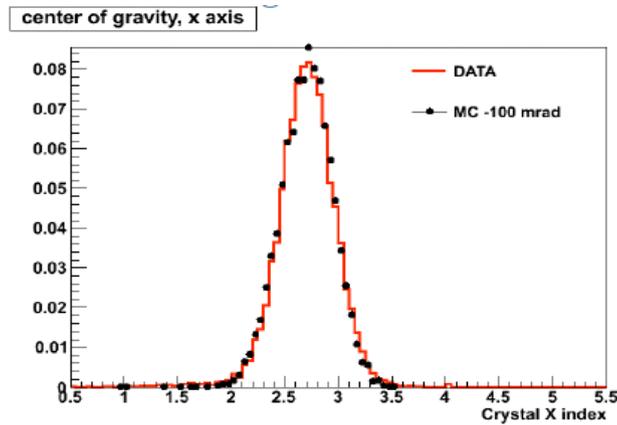
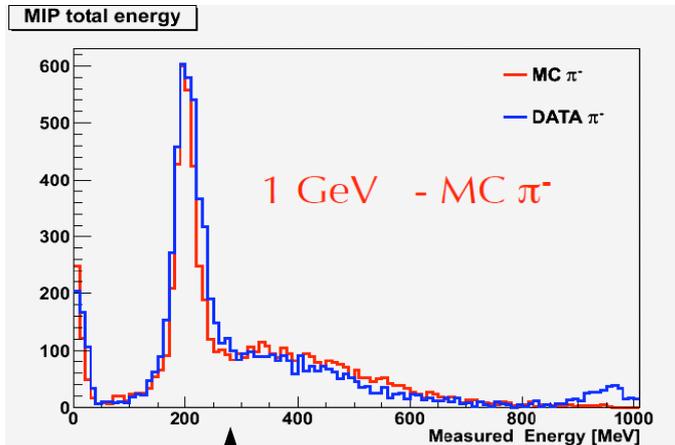
Mediante l'uso di un Cherenkov a monte dei rivelatori e di uno scintillatore a valle e' stato possibile selezionare off-line mip ed elettroni



Pioni interagenti e contenuti

# Simulazione

Le prestazioni della matrice sono state analizzate anche mediante una simulazione con GEANT4: alcuni parametri sono stati riprodotti molto bene;



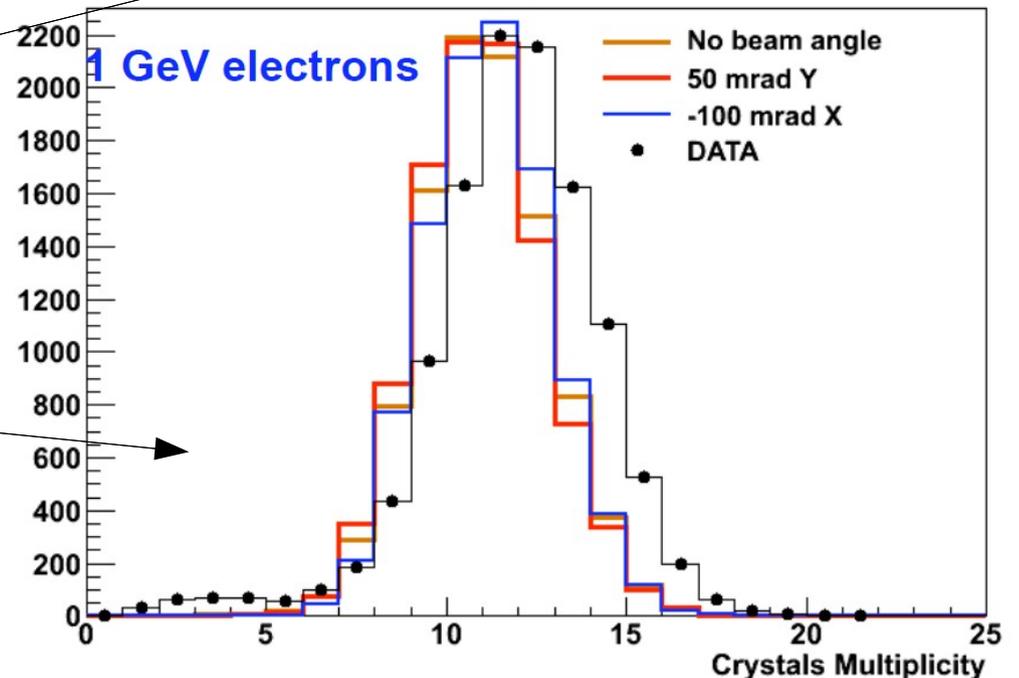
Interazioni di pioni

Effetti di disallineamento del fascio

Altri parametri decisamente meno:

Numero di cristalli illuminati per evento

e crystal multiplicity

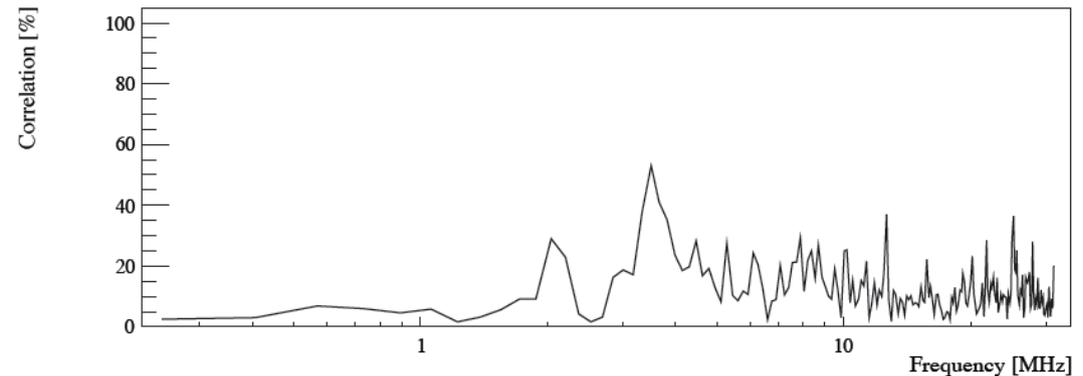
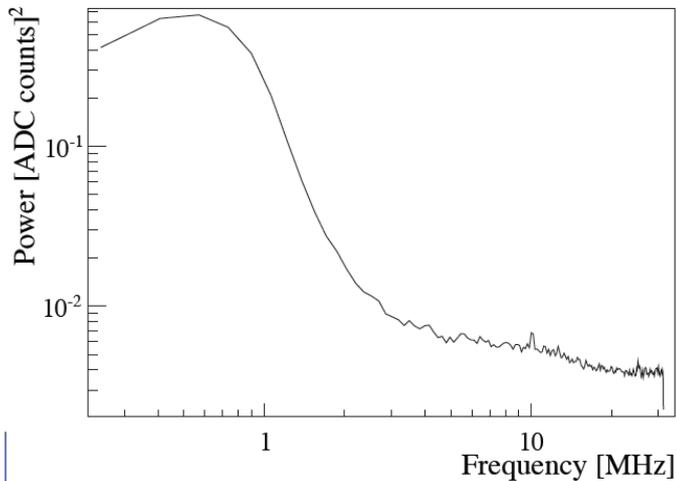


# Studio del noise dell'elettronica

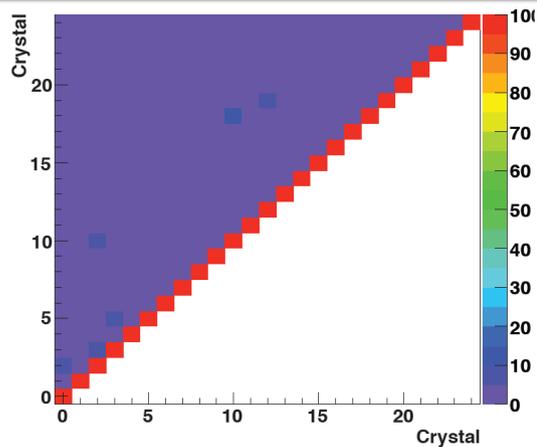
Il noise dei singoli canali di lettura e' stato studiato per evidenziare la presenza di possibili componenti correlati;

## Correlation between 2 and 3

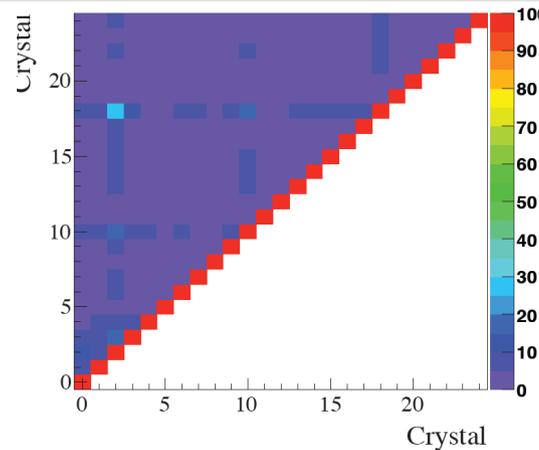
Noise PS of crystal 12 in run 449



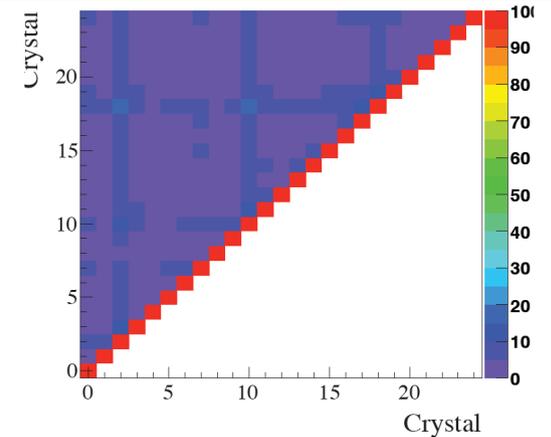
### Average correlation in 0-2 MHz



### Average correlation in 2-10 MHz

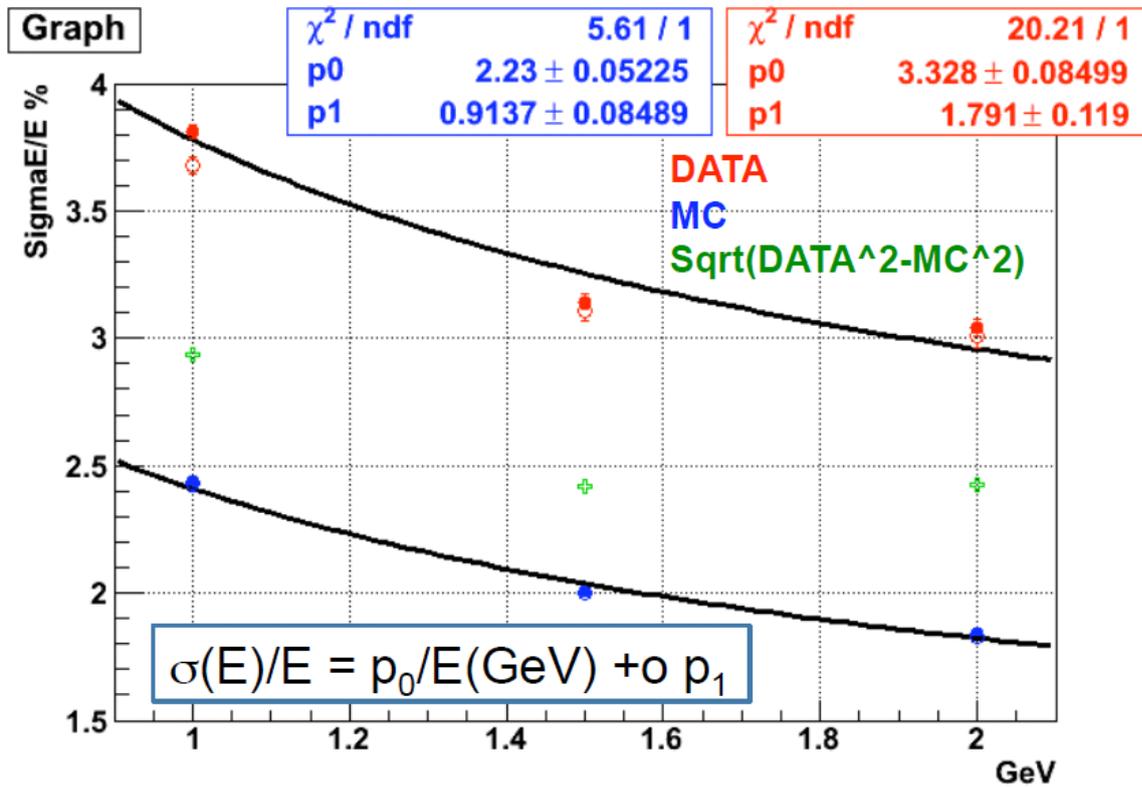


### Average correlation in 10-30 MHz



Nessuna evidente correlazione e' stata trovata alle frequenze "interessanti".

# Risoluzione in Energia



Una risoluzione tra il 3% ed il 4% e' stata ottenuta;

Un termine tra il 2.5% ed il 3.0% di differenza con la simulazione;

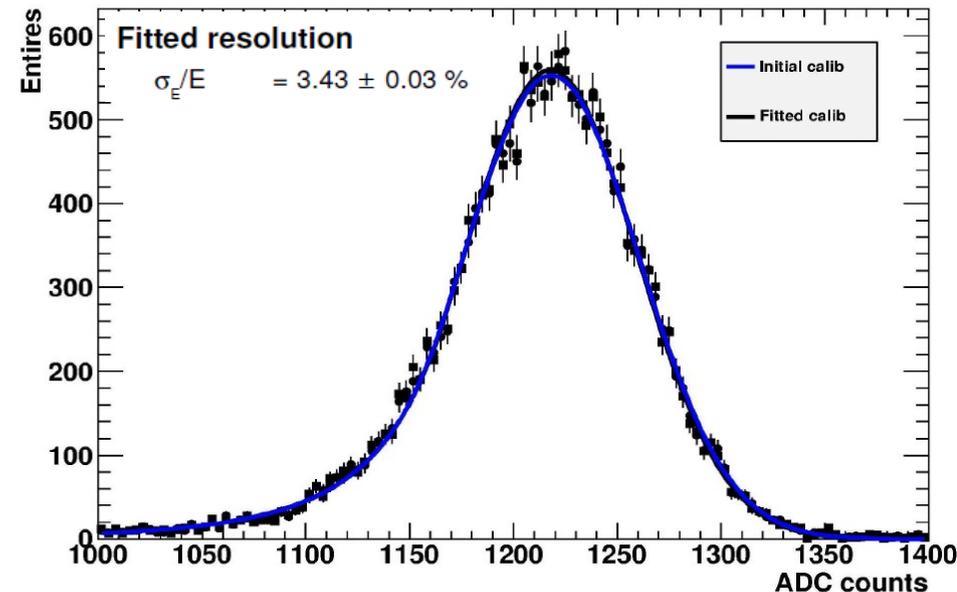
L'ottica dei fotoni nel cristallo non e' simulata;

Un nuovo test beam e' previsto per Maggio.

Con una migliore inter-calibrazione, si e' ottenuta una risoluzione del 3.4%;

Un'ottimizzazione della calibrazione e' ancora necessaria.

**ADC counts**



# Conclusioni e sviluppi futuri

Il gruppo SuperB di Roma1 sta collaborando dal 2009 al progetto del calorimetro elettromagnetico;

In questo ambito un prototipo di 25 cristalli di Lyso è stato costruito e testato al CERN nel 2010 ottenendo per la prima volta una risoluzione del 3.5% ad 1 GeV;

Due altri test beam uno alla BTF nel mese di Maggio ed uno in autunno sono previsti per il 2011;

Questi dovrebbero aiutarci a:

- Risolvere le differenze tra dati sperimentali e simulazione;
- Misurare le prestazioni del prototipo a più basse energie;

Più in generale, nuove simulazioni del fondo hanno mostrato che altre soluzioni (BGO, CsI-puro, soluzioni miste) potrebbero essere prese in considerazione per l'end-cap.

Il gruppo di Roma si è preso il compito, tra l'altro, di indagare su possibili alternative.

Back up

# Proprietà dei cristalli in uso in HEP

**Table 28.4:** Properties of several inorganic crystal scintillators. Most of the notation is defined in Sec. 6 of this *Review*.

Parameter:	$\rho$	MP	$X_0^*$	$R_M^*$	$dE^*/dx$	$\lambda_I^*$	$\tau_{\text{decay}}$	$\lambda_{\text{max}}$	$n^{\natural}$	Relative output <sup>†</sup>	Hygroscopic?	$d(\text{LY})/dT$
Units:	$\text{g/cm}^3$	$^{\circ}\text{C}$	cm	cm	MeV/cm	cm	ns	nm				$\%/^{\circ}\text{C}^{\ddagger}$
NaI(Tl)	3.67	651	2.59	4.13	4.8	42.9	230	410	1.85	100	yes	-0.2
BGO	7.13	1050	1.12	2.23	9.0	22.8	300	480	2.15	21	no	-0.9
BaF <sub>2</sub>	4.89	1280	2.03	3.10	6.5	30.7	630 <sup>s</sup> 0.9 <sup>f</sup>	300 <sup>s</sup> 220 <sup>f</sup>	1.50	36 <sup>s</sup> 3.4 <sup>f</sup>	no	-1.3 <sup>s</sup> $\sim 0^f$
CsI(Tl)	4.51	621	1.86	3.57	5.6	39.3	1300	560	1.79	165	slight	0.3
CsI(pure)	4.51	621	1.86	3.57	5.6	39.3	35 <sup>s</sup> 6 <sup>f</sup>	420 <sup>s</sup> 310 <sup>f</sup>	1.95	3.6 <sup>s</sup> 1.1 <sup>f</sup>	slight	-1.3
PbWO <sub>4</sub>	8.3	1123	0.89	2.00	10.1	20.7	30 <sup>s</sup> 10 <sup>f</sup>	425 <sup>s</sup> 420 <sup>f</sup>	2.20	0.083 <sup>s</sup> 0.29 <sup>f</sup>	no	-2.7
LSO(Ce)	7.40	2050	1.14	2.07	9.6	20.9	40	402	1.82	83	no	-0.2
LaBr <sub>3</sub> (Ce)	5.29	788	1.88	2.85	6.9	30.4	20	356	1.9	130	yes	0.2

# Physics rates

## Event Rates

The physics rates for a  $\mathcal{L} = 10^{36} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$   $e^+e^-$  collider at the  $\Upsilon(4S)$  resonance are high, with a rate from  $B\bar{B}$  production alone of approximately 1100 Hz. It should be noted that a large fraction of the total cross section, other than QED and two-photon processes, is useful in the physics program. We list various relevant rates in Table 4-7.

Table 4-7. *Physics rates in  $e^+e^-$  collisions at the  $\Upsilon(4S)$  resonance.*

Process	Rate at $\mathcal{L} = 10^{36} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (kHz)
$\Upsilon(4S) \text{ to } B\bar{B}$	1.1
$udsc$ continuum	3.4
$\tau^+\tau^-$	0.94
$\mu^+\mu^-$	1.16
$e^+e^-$ for $ \cos\theta_{\text{Lab}}  < 0.95$	30