

# Timing

Riccardo Antonelli, Federico Chiossi, Patato Schiavi

4 maggio 2015

## 1 Obiettivi

- Misura dell'andamento del guadagno dei PMT in funzione della tensione applicata e determinazione del punto di lavoro ottimale
- determinazione della calibrazione in energia degli scintillatori organici e la risoluzione energetica dell'analisi dei Compton edge
- determinazione del ritardo esterno CFTD che ottimizza la risoluzione temporale del sistema
- determinazione dell'andamento della risoluzione temporale in funzione del range dinamico dei segnali analizzati dal CFTD

## 2 Fit del profilo Compton

In aggiunta al metodo consigliato per la stima della risoluzione energetica e della posizione del picco Compton per la calibrazione (metodo **SEMIGAUSS**) basato sul fit di una mezza Gaussiana e relativa correzione dell'imprecisione, abbiamo sviluppato un metodo alternativo (metodo **FIT**) basato su un fit esplicito di un profilo Compton.

Come profilo energetico "grezzo" (senza considerare la risoluzione dell'apparato) abbiamo considerato la seguente distribuzione. Definiamo  $\text{edge}_{1,2} \approx 340 \text{ keV}, 1062 \text{ keV}$  gli edge Compton per i fotoni rispettivamente a 511 e 1275 keV. Se  $c$  è il canale, e  $(y, e_1, e_2, k)$  sono parametri che descrivono la distribuzione, definiamo

$$E_0 := \left( \text{edge}_1 - \frac{e_1}{e_2} \text{edge}_2 \right) / \left( 1 - \frac{e_1}{e_2} \right)$$

$E_0$  è semplicemente la stima dell'energia al canale 0. I parametri  $e_i$  sono le posizioni in canali dei due Compton edge.

$$E(c) := E_0 + \left( \frac{\text{edge}_1 - E}{e_1} \right) c$$

$E(c)$  è la stima dell'energia al canale  $c$ . Notare che abbiamo semplicemente effettuato la calibrazione tale per cui  $E(e_i) = \text{edge}_i$ .

A questo punto definiamo la distribuzione

$$A(c) := y \sum_i k_i \left( 2 - 2 \frac{E}{\epsilon_i - E} + \frac{E^2}{(\epsilon_i - E)^2} + \frac{E^2}{\epsilon_i(\epsilon_i - E)} \right) \chi(c < e_i)$$

La somma è sui due picchi Compton;  $k_1 = 1$  e  $k_2 = k$ , parametro che racchiude il rapporto in ampiezza fra i due picchi Compton.  $y$  è un fattore di scala globale sulle frequenze.  $\epsilon_i$  sono le energie dei fotoni,  $\sim 1275$  e  $511$  keV.  $\chi$  è una funzione indicatrice che tronca il profilo in corrispondenza del picco Compton.

Per tenere conto della risoluzione dello strumento abbiamo inizialmente effettuato una convoluzione del profilo  $A(c)$  con una gaussiana di integrale unitario. Questa nuova distribuzione ha un parametro addizionale, la deviazione standard della gaussiana  $\sigma$ :

$$B(c; y, e_1, e_2, k, \sigma) = A(c; y, e_1, e_2, k) * \text{gauss}(c'; \sigma)$$

Questo modello non fittava bene i dati. Alla luce del fatto che la risoluzione energetica è essa stessa dipendente dall'energia, abbiamo immaginato che la  $\sigma$  fosse una funzione lineare del canale:

$$\sigma(c) = \gamma c$$

Con  $\gamma$  un parametro adimensionale. Per cui la distribuzione risultante è

$$B(c; y, e_1, e_2, k, \gamma) = A(c; y, e_1, e_2, k) * \text{gauss}(c'; \gamma c)$$

(la scrittura è formale, dal momento che non si tratta più di una convoluzione vera e propria.) Nel dettaglio il calcolo effettuato è stato

$$B(c) = \sum_j A(c + j) \text{gauss}(j; \gamma c)$$

con un range ragionevole per  $j$ .

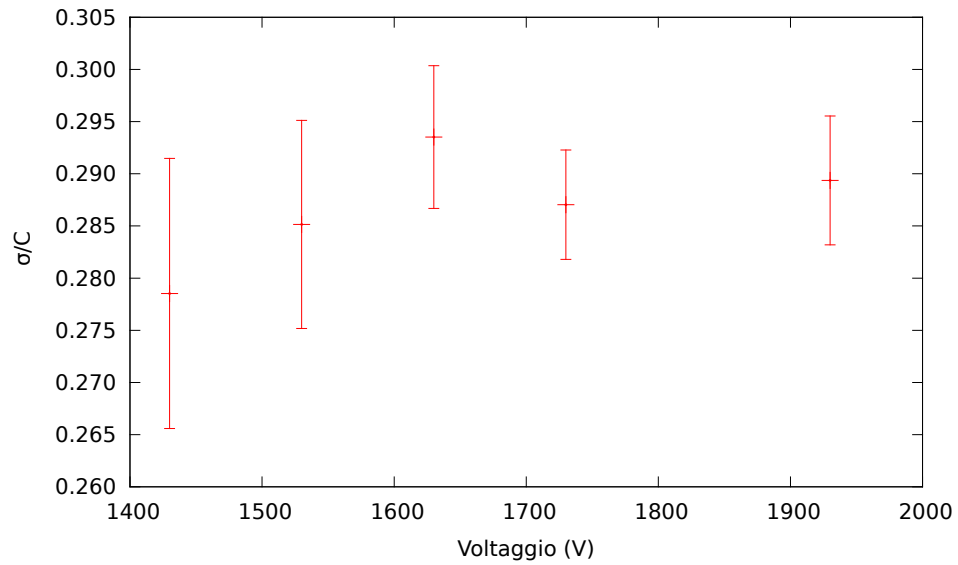
La distribuzione finale è stata fittata ai dati mediante un metodo a forza bruta; lo spazio dei parametri è stato diviso in celle e le celle sono state esplorate per trovare il set che minimizzava lo scarto quadratico totale. Successivamente si ripeteva la ricerca raffinando la griglia.

### 3 Analisi

#### 3.1 Guadagno - Voltaggio

#### 3.2 Calibrazione energetica

In grafico riportiamo il parametro  $\sigma$ /canali stimato con il metodo ??? in funzione del voltaggio.

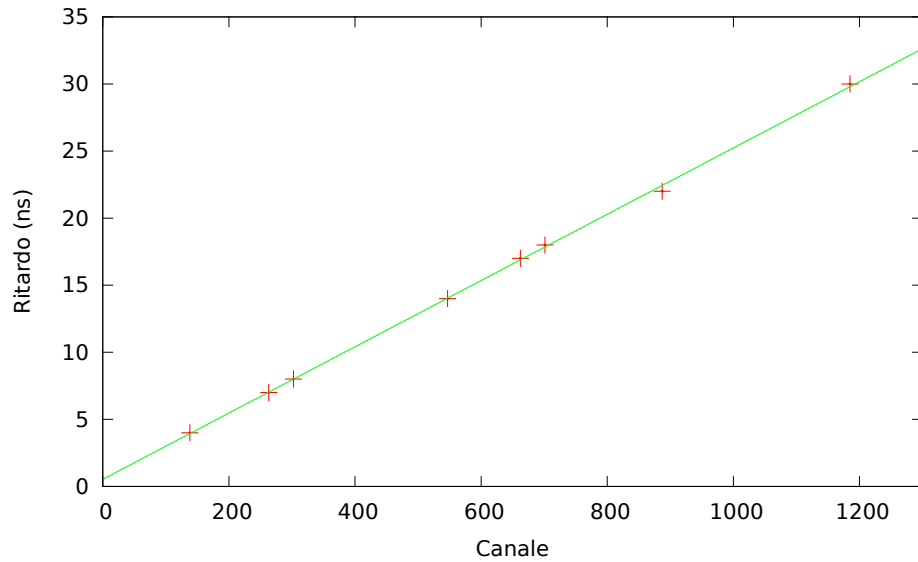


Notiamo che non è possibile dedurre la presenza di un minimo.

### 3.3 Risoluzione temporale

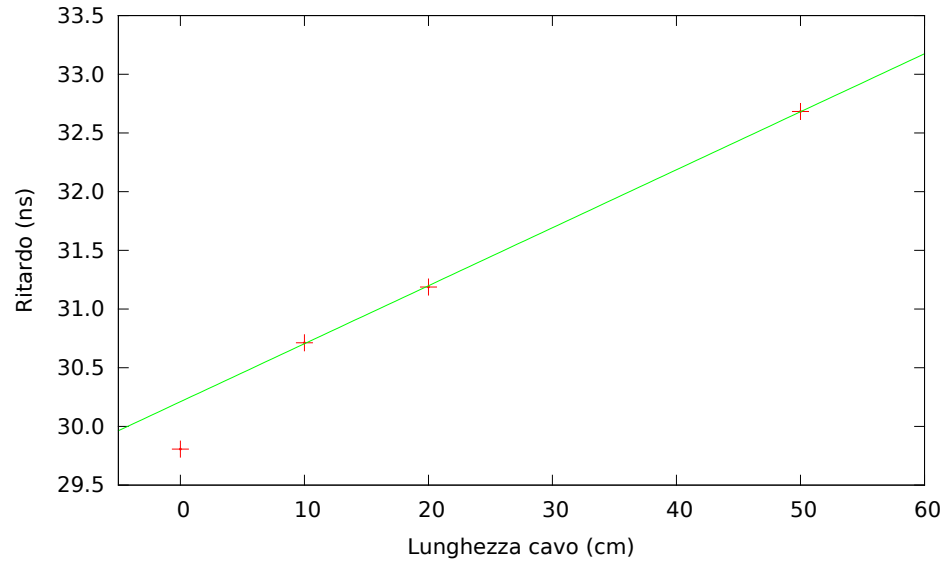
Vogliamo determinare il ritardo che ottimizza la risoluzione temporale dell'apparato.

La calibrazione temporale è stata effettuata acquisendo lo spettro temporale del TAC variando il delay utilizzando ritardi predefiniti. Dopodiché fittiamo una gaussiana su ogni spettro; infine fittiamo il ritardo noto con i centroidi ottenuti:



Risulta  $t = (0.0247 \pm 0.0002) \text{ ns canali}^{-1} \cdot C + (0.53 \pm 0.16 \text{ ns})$ .

È necessario stimare inoltre il ritardo corrispondente ai cavi LEMO. Fittiamo il ritardo misurato con la lunghezza totale di LEMO:



## 4 Conclusioni