

Tecnica matriciale per l'elaborazione dei segnali per l'esperimento HOLMES

Cecilia Ferrari

Membro SIF 113286



HOLMES



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
BICOCCA



istituto Nazionale di Fisica Nucleare

PAUL SCHERRER INSTITUT



NLST

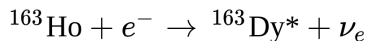


NEUTRONS FOR SCIENCE

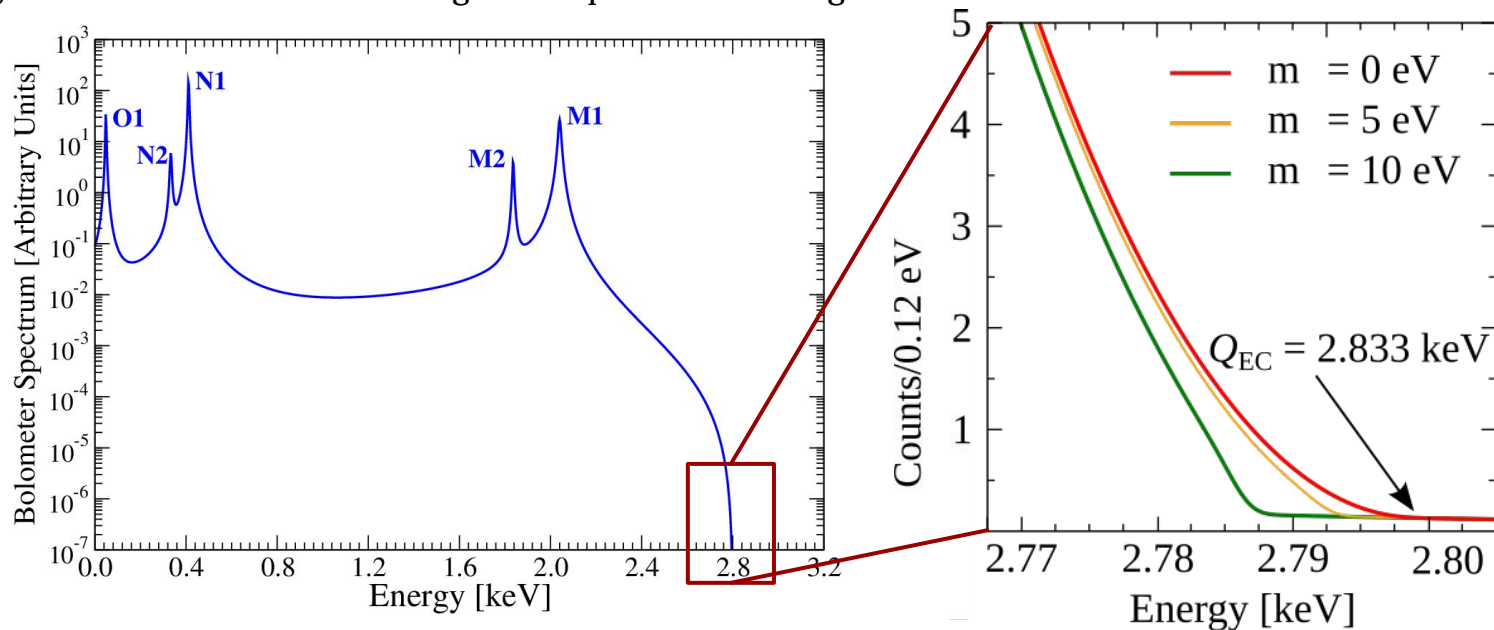
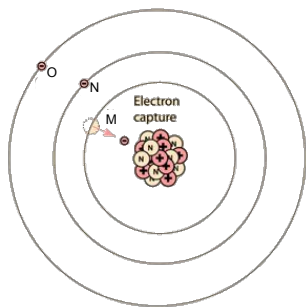
L'esperimento HOLMES



- Misura calorimetrica della **massa del neutrino** attraverso lo studio del decadimento di cattura elettronica dell'**olmio**:

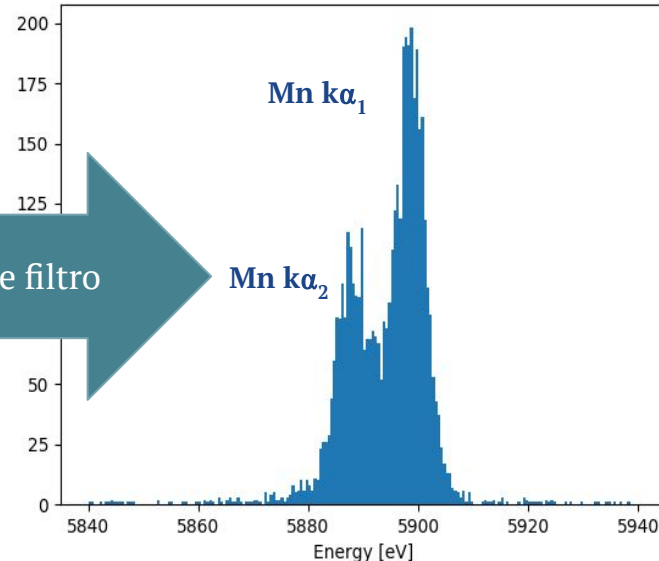
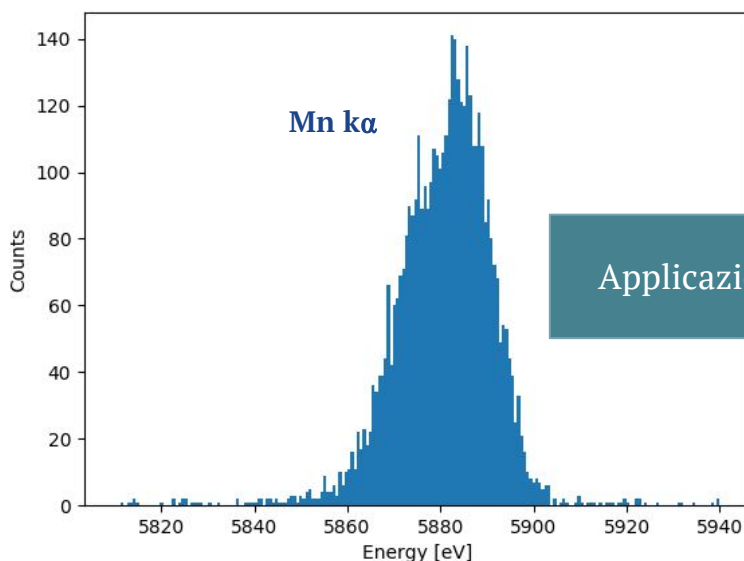
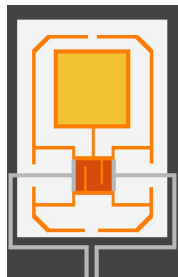
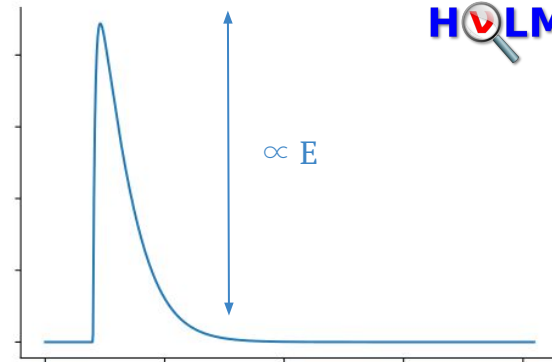


- $m_\nu \neq 0$ modifica la parte finale dello spettro in forma e nel valore di **end-point** (ridotto di m_ν)
- Per poter essere sensibili a queste modifiche si richiede **alta statistica** nella regione di interesse (la sensibilità scala con $N_{\text{ev}}^{-1/4}$), ovvero alta attività della sorgente impiantata nel singolo rivelatore.



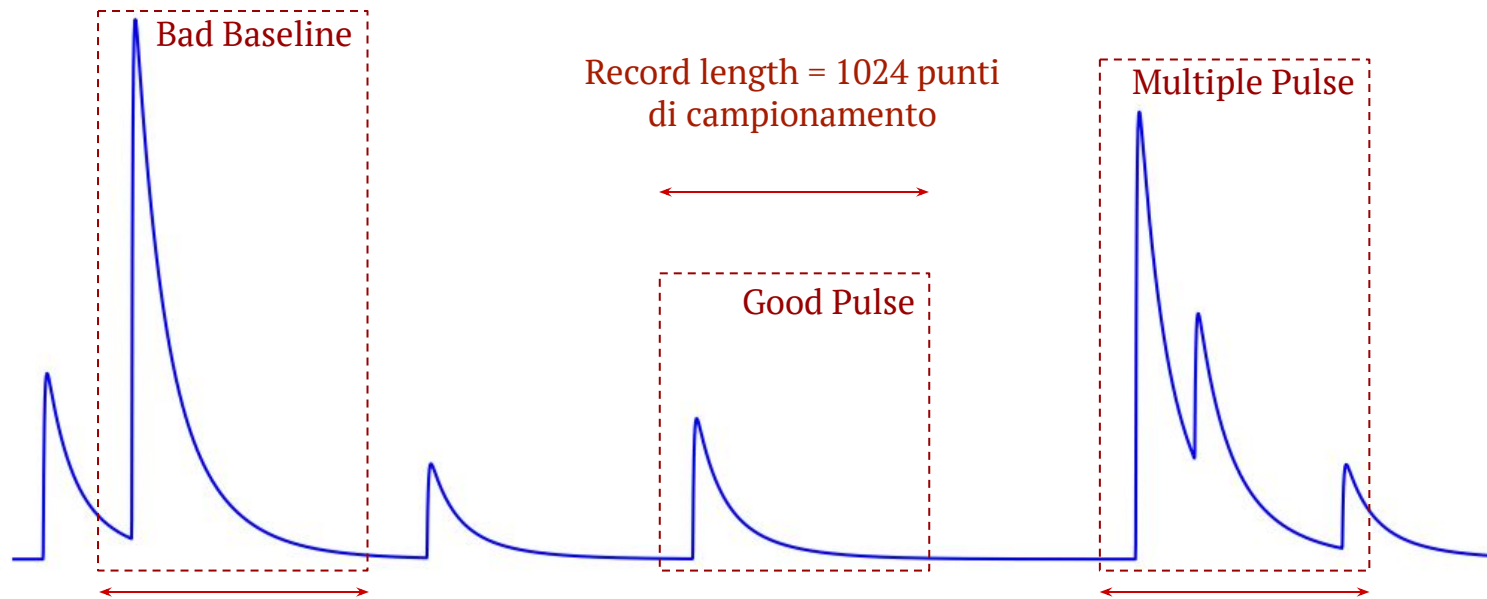
Impulsi e filtro ottimo

- Holmes sfrutta Transition-Edge Sensors per la misura.
- Le **ampiezze** dei segnali dei calorimetri (TES) di HOLMES sono proporzionali all'energia rilasciata nell'evento.
- La tecnica di **filtraggio ottimo** permette una migliore stima delle ampiezze degli impulsi.
- L'ampiezza del segnale (che scala linearmente con l'energia) si stima dall'impulso filtrato, dato dalla **convoluzione** tra filtro e impulso.



Famiglie di impulsi triggerati

- Un'intensa attività della sorgente (300Bq per rivelatore nell'esperimento HOLMES) comporta una probabilità non nulla di avere **impulsi sovrapposti** alle code di quelli precedenti (il tempo caratteristico di discesa è dell'ordine di 10 μ s).
- Ci sono **tre** famiglie di impulsi che vengono triggerati nell'acquisizione continua.
- Per ottenere la **migliore risoluzione energetica** si usa il filtro ottimo standard per analizzare gli impulsi **buoni**.
- Una tecnica di filtraggio ottimo **matriciale** ottimizzata ad hoc può analizzare anche quelli **multipli** e a **baseline non costante**.



Tecnica matriciale

- L'utilizzo di una tecnica **matriciale** di filtraggio ottimo, permette rispetto a quella standard di inserire dei **vincoli** additivi.
- In particolare, l'aggiunta di un vincolo esponenziale, rende la stima dell'ampiezza degli impulsi di **Bad Baseline** meno sensibile alla coda dell'impulso sulla quale crescono.
- In figura è riportato un esempio di confronto tra un impulso di bad baseline e il suo equivalente su baseline costante.

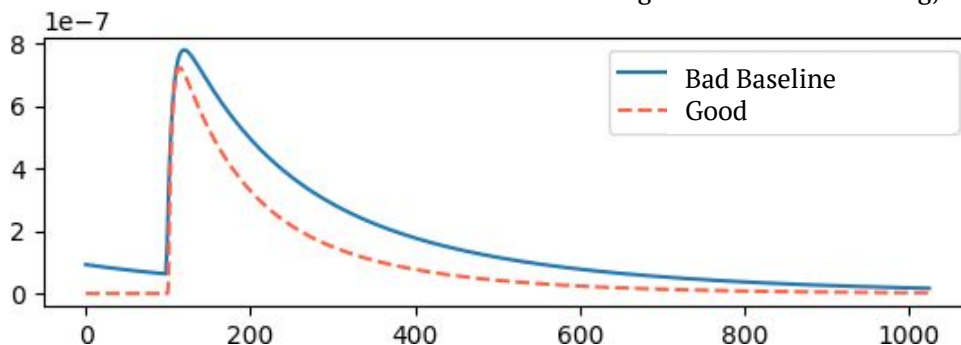
Definizione del filtro

$$\mathbf{q} := \hat{\mathbf{R}}^{-1} \mathbf{V} (\mathbf{V}^t \hat{\mathbf{R}}^{-1} \mathbf{V})^{-1} \mathbf{e}_1$$

Ove:

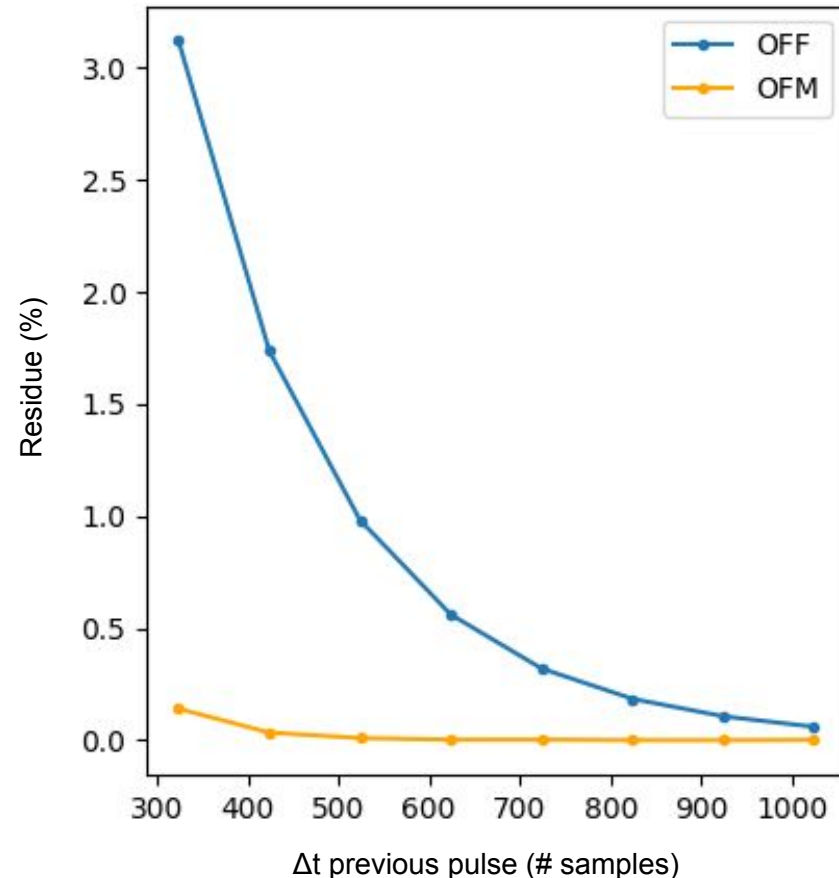
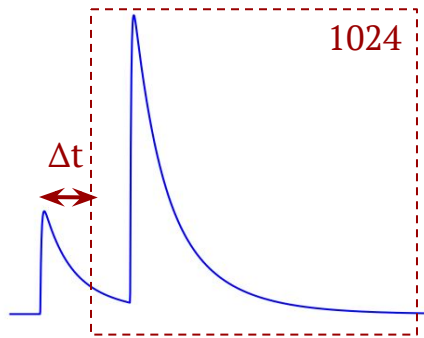
- Si assume una relazione **lineare** tra ampiezza ed energia
- **R** matrice Toeplitz simmetrica di autocorrelazione del rumore.
- **V** collezione di vettori colonne. Il primo è l'impulso medio con ampiezza normalizzata a 1.
- **e₁** primo vettore base canonica.

Filters for High Rate Pulse Processing, B.K. Alpert *et al.*, [arXiv:1212.1738](https://arxiv.org/abs/1212.1738)



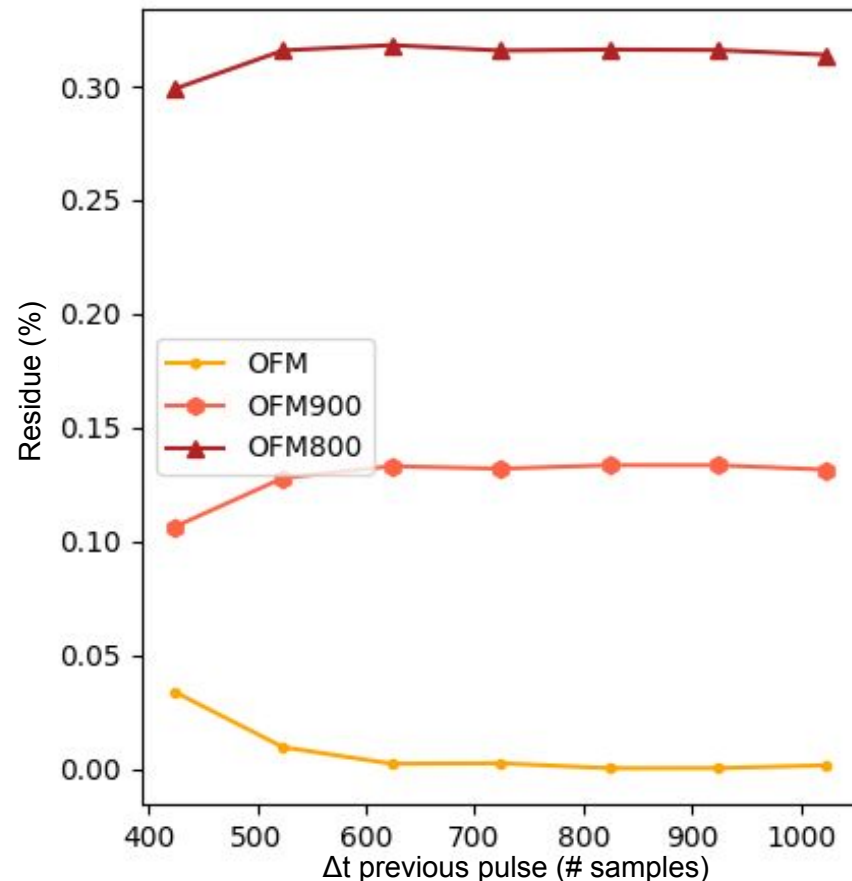
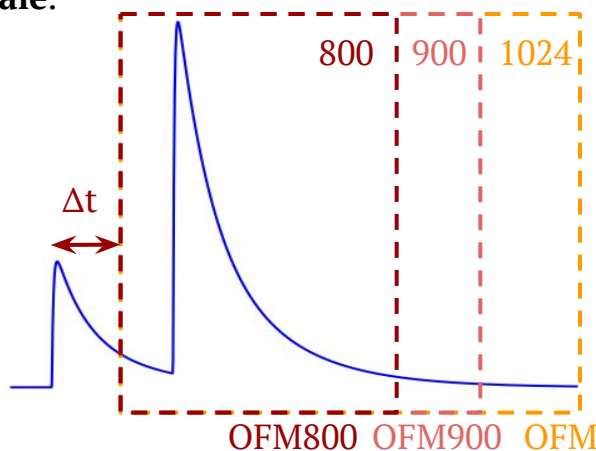
Analisi di impulsi di Bad Baseline

- Gli impulsi simulati di Bad Baseline sono stati analizzati con tecnica di filtraggio ottimo standard (qui chiamata **OFF**) e tecnica di filtraggio ottimo matriciale (qui chiamata **OFM**)
- Per quantificare il contributo della coda sulla quale gli impulsi di Bad Baseline crescono sono stati simulati impulsi doppi e la loro **differenza temporale** è stata variata.
- Il residuo percentuale tra ampiezza stimata dell'impulso e ampiezza vera è mostrata per le due tecniche e per diversi contributi di baseline nel grafico qui riportato. La tecnica **matriciale** dà una stima **migliore** dell'ampiezza.



Impulsi multipli e lunghezza della finestra

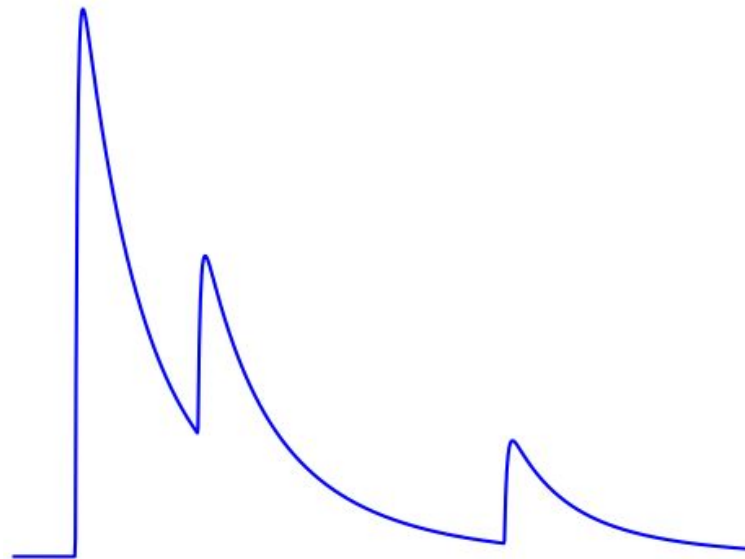
- Si vuole verificare se con il metodo **matriciale** con lo stesso vincolo esponenziale si possano analizzare **anche** gli impulsi **multipli**, suddividendo la finestra di acquisizione in sottofinestre.
- Gli stessi impulsi dell'analisi precedente sono stati analizzati riducendo la finestra.
- Come si deduce dal grafico riportato, ridurre la finestra significa ottenere una stima peggiore dell'ampiezza.
- L'andamento del residuo **varia** a seconda del valore del **vincolo esponenziale**.



Conclusioni e prospettive future

- L'analisi riportata dimostra che l'applicazione di un filtro ottimo **matriciale** permette una **migliore** stima della ampiezza dell'impulso se soggetto a **bad baseline**.
- L'analisi con **finestra ridotta** rivela che qualora ci fosse un impulso sulla coda dell'evento triggerato, la stima dell'ampiezza del segnale con filtro matriciale a vincolo esponenziale **peggiora**.

- Per poter includere **tutti** gli impulsi nell'analisi (portare al 100% il tempo vivo dell'esperimento) è necessario trovare un modo per stimare correttamente gli impulsi multipli.
 - Verrà studiato un filtro ottimo con **vincoli additivi** per la stima di ampiezze di impulsi multipli, come quello descritto in [arXiv:1503.0598](https://arxiv.org/abs/1503.0598) (Microcalorimeter Spectroscopy at High Pulse Rates: a Multi-Pulse Fitting Technique, Fowler *et al.*)



Grazie per l'attenzione

