

Stato analisi cristalli+APD a LNF

- Highlights B2GM di ottobre
- Resa di luce dei cristalli di Belle - evoluzione temporale
- Studi con CsI(Tl)+APD+amplificatore a transimpedenza

Highlights dal B2GM di ottobre

- Presentazione di M. Piccolo (<https://goo.gl/kLgAoj>)

Agenda

Gain and excess noise for LAAPD

Equivalent Noise Energy

Doped crystal (with and without source)

Pure crystal (with and without source)

Energy resolution

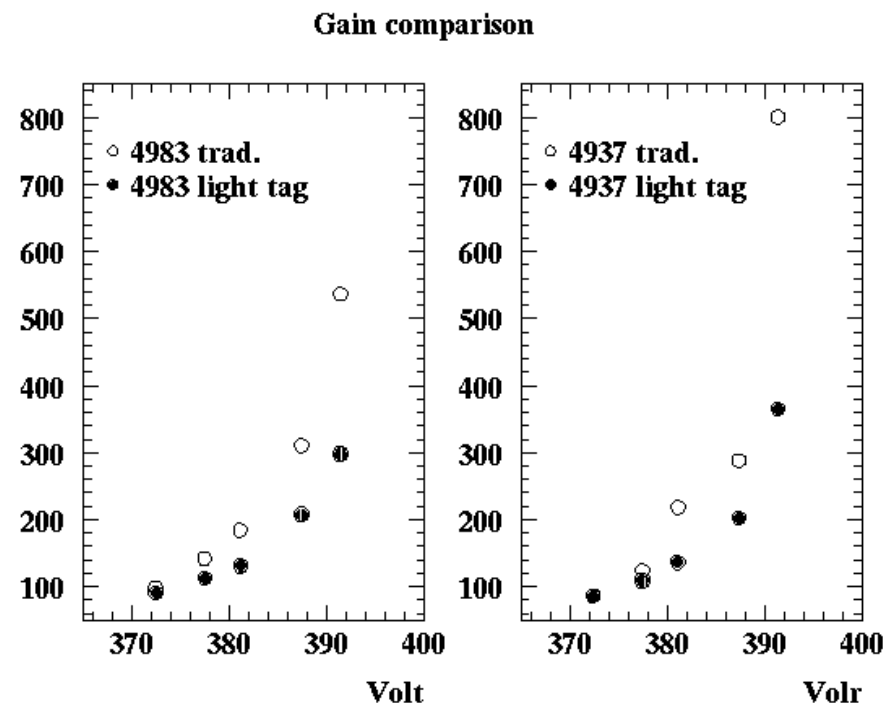
Doped crystal (with and without source)

Pure crystal (with and without source)

Conclusions

Guadagno degli APD e numero di primari

- Dal confronto del segnale di pin e APD nello stesso cristallo di CsI(Tl)



With respect to the traditional methods at the operational voltages, gains are 30-40% lower when measured in this direct way. At higher gains the discrepancy grows much bigger.

- Misurato il guadagno *di APD e preamp*, il numero di primari risulta:

CsI(Tl) $\rightarrow$ ~ 750 p.e./MeV/device $\pm (5\%+10\%)$

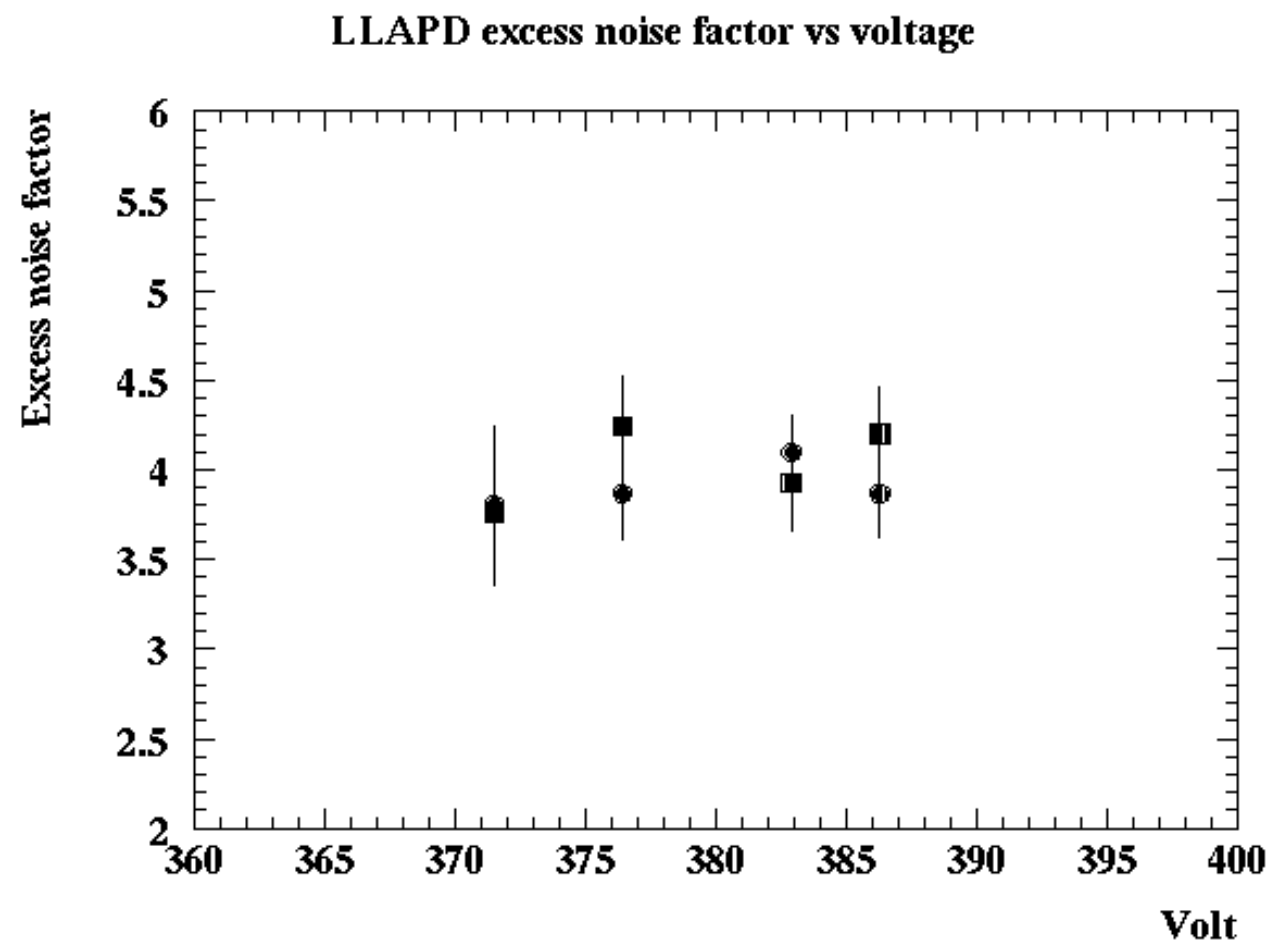
CsI $\rightarrow$ ~ 15 p.e./MeV/device $\pm (5\%+10\%)$

- Risultato consistente con APD letti con **CR-110** e amplificatore a **transimpedenza**

Excess noise factor

- Dal confronto di ampiezza e risoluzione in Csl+APD

$$N_{\text{eff}} = \left(Q_{\text{most probable}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sigma_{\text{diff}}} \right)^2$$



Summary and conclusions

We measured with a light tag method both LAAPD gain and excess noise factor.

The gain values we obtain are, in the voltage range of operations, lower than the ones provided by traditional DC measurement.

Values for excess noise ratios are between 3 and 4.

ENE and relative energy resolution are respectively:

CsI(Tl) no source	1 MeV	.025	errors $O(10\%)$
-------------------	-------	------	------------------

CsI(Tl) with source	2 MeV	.025	"
---------------------	-------	------	---

CsI no source	1.6 MeV	.075	"
---------------	---------	------	---

CsI with source	1.9 MeV	.075	"
-----------------	---------	------	---

More data and results in a forthcoming Belle-2 note.

Storia dei cristalli di Belle

- Per riconciliare i nostri risultati sul numero di primari in CsI(Tl) con quelli di Kuzmin, abbiamo riesaminato i dati presi con i cristalli in nostro possesso
- I cristalli irraggiati alla Casaccia sono il 311017 (250Gy) e il 327017 (750Gy)

S/N	Faccia grande (l x h)	Faccia piccola (l x h)	Spessore medio (cm)	Commenti	dE/dx media
311017	8.1 x 7.4	7.3 x 5.7	6.55	250Gy Run 40-41-42	39.3
319065	6.1 x 5.9	5.6 x 5.6	5.75	Reference Run 1-39	34.5
327017	7.9 x 6.8	7.1 x 5.6	6.20	750Gy Dal run 40 in poi	37.2

- Abbiamo usato i dati raccolti prima dell'irraggiamento per confrontare le rese in luce prima e dopo l'irraggiamento e durante i quasi 2 anni trascorsi dopo i dati raccolti alla Casaccia
- I dati raccolti nell'ultimo anno (durante i runs presi nel laboratorio sorgenti ad alta attività) mostrano una differenza notevole nella resa in luce tra il cristallo di riferimento e i due cristalli irraggiati

Dati pre-irraggiamento

- Il primo errore è sulla determinazione del valore più probabile dell'ampiezza, il secondo sulla calibrazione del guadagno dei preamp
 - stimati in maniera conservativa
 - Per il Cristallo 32017 errore più grande in quanto l'ampiezza vera e' estrapolata: la costante di tempo dell'uscita del preamp era attorno al microsecondo e ho dovuto correggere.

Cristallo	PIN1	PIN2	Somma
311017	$36000 \pm (10\% + 5\%)$	$34000 \pm (10\% + 5\%)$	$68000 \pm (10\% + 5\%)$
327017	$34500 \pm (15\% + 5\%)$	$36000 \pm (15\% + 5\%)$	$63000 \pm (15\% + 5\%)$
319065	$47800 \pm (10\% + 5\%)$	$48000 \pm (10\% + 5\%)$	$94400 \pm (10\% + 5\%)$

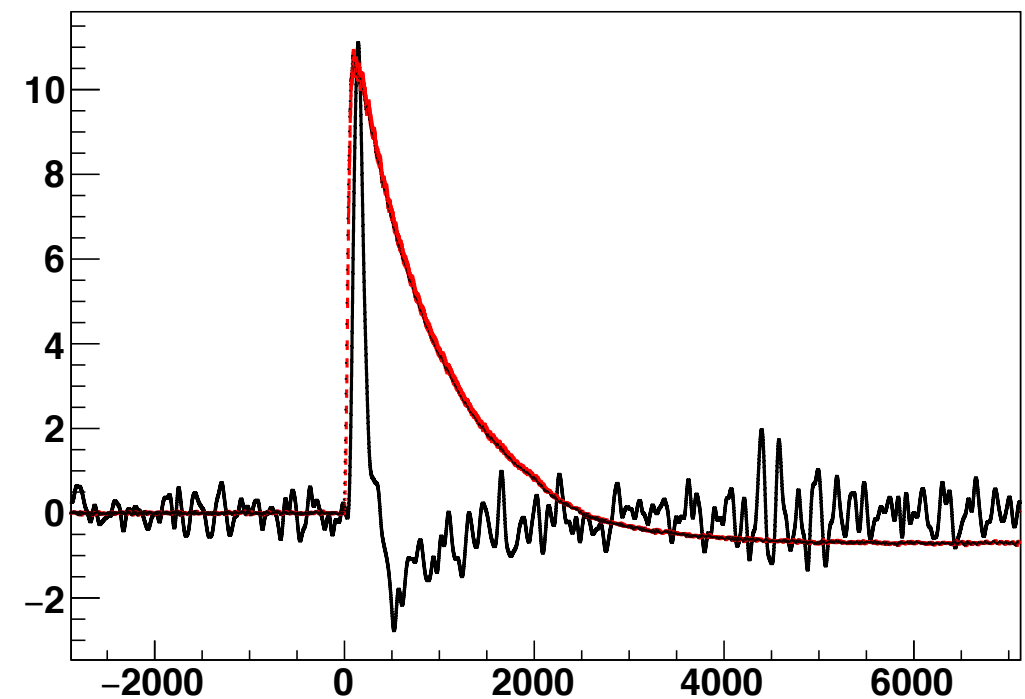
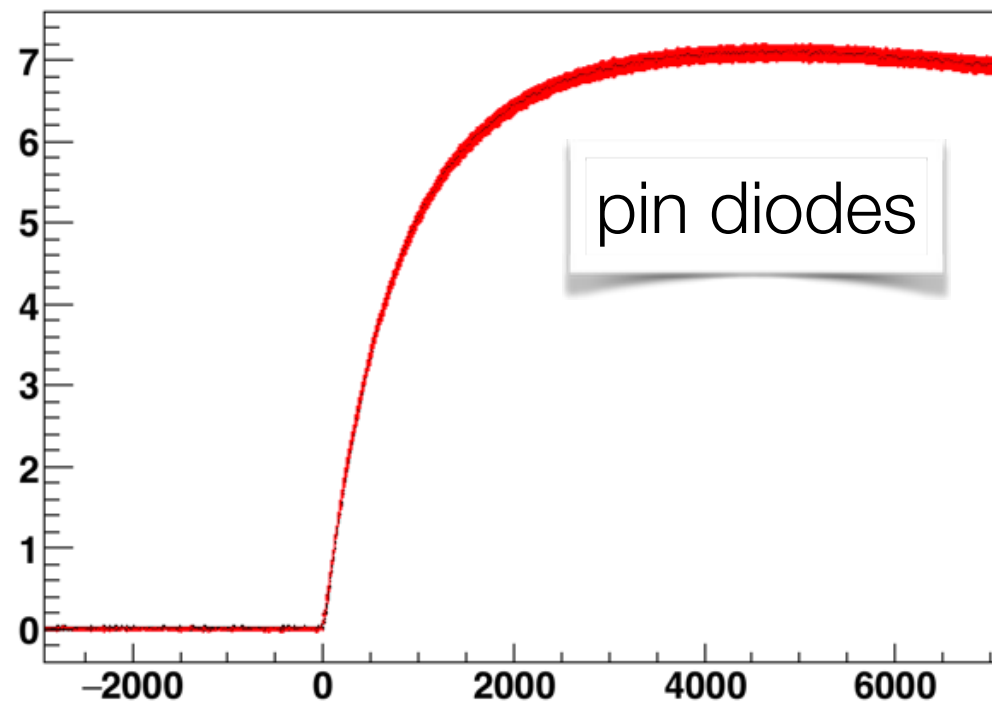
Dati post-irraggiamento (inizio 2015)

Cristallo	PIN1	PIN2	Somma
311017	$31000 \pm (10\% + 5\%)$	$31000 \pm (10\% + 5\%)$	$62000 \pm (10\% + 5\%)$
327017	$29000 \pm (10\% + 5\%)$	$30000 \pm (10\% + 5\%)$	$55000 \pm (10\% + 5\%)$
319065 (non irraggiato)	$47800 \pm (10\% + 5\%)$	$48000 \pm (10\% + 5\%)$	$94400 \pm (10\% + 5\%)$

Dati post-irraggiamento (meta' 2016)

Cristallo	PIN1	PIN2	Somma
311017	$25000 \pm (10\% + 5\%)$	$25000 \pm (10\% + 5\%)$	$50000 \pm (10\% + 5\%)$
327017	n/a	n/a	n/a
319065 (non irraggiato)	$47800 \pm (10\% + 5\%)$	$48000 \pm (10\% + 5\%)$	$94400 \pm (10\% + 5\%)$

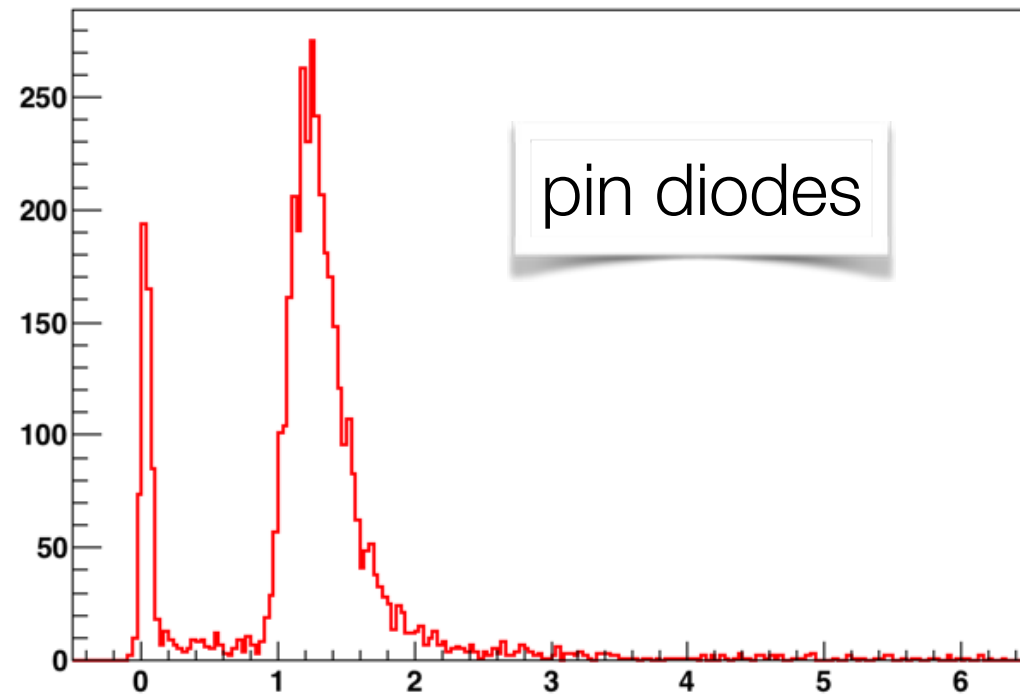
APD vs pin diode signal



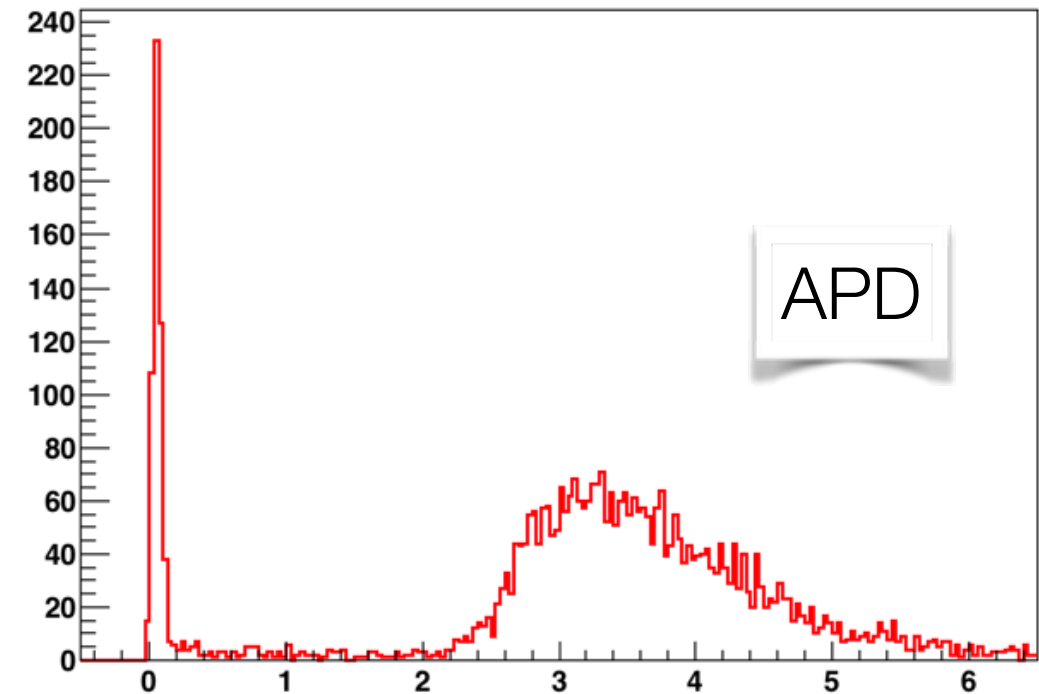
- In this run:
 - Transimpedance amplifier
 - High APD bias voltage (gain > ~250)

APD vs pin diode signal

aMaxCRRC4tauFFT[0][3]

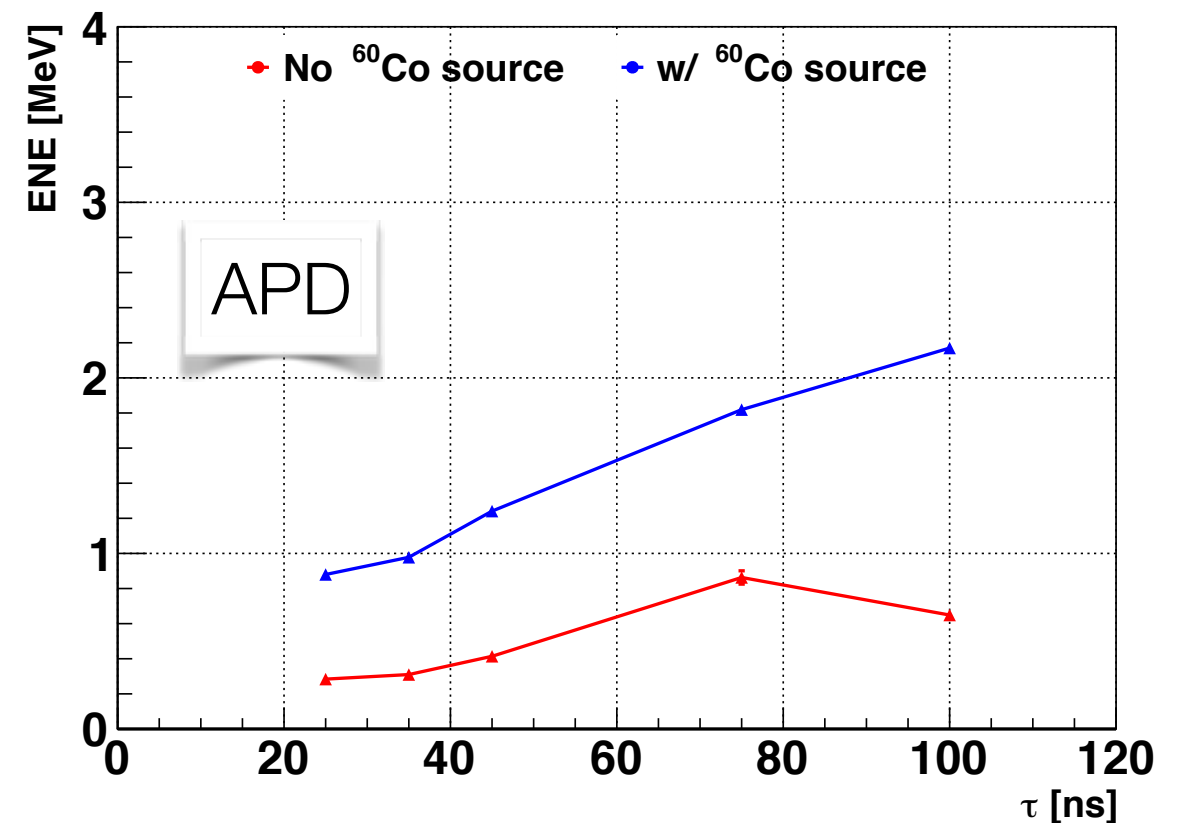
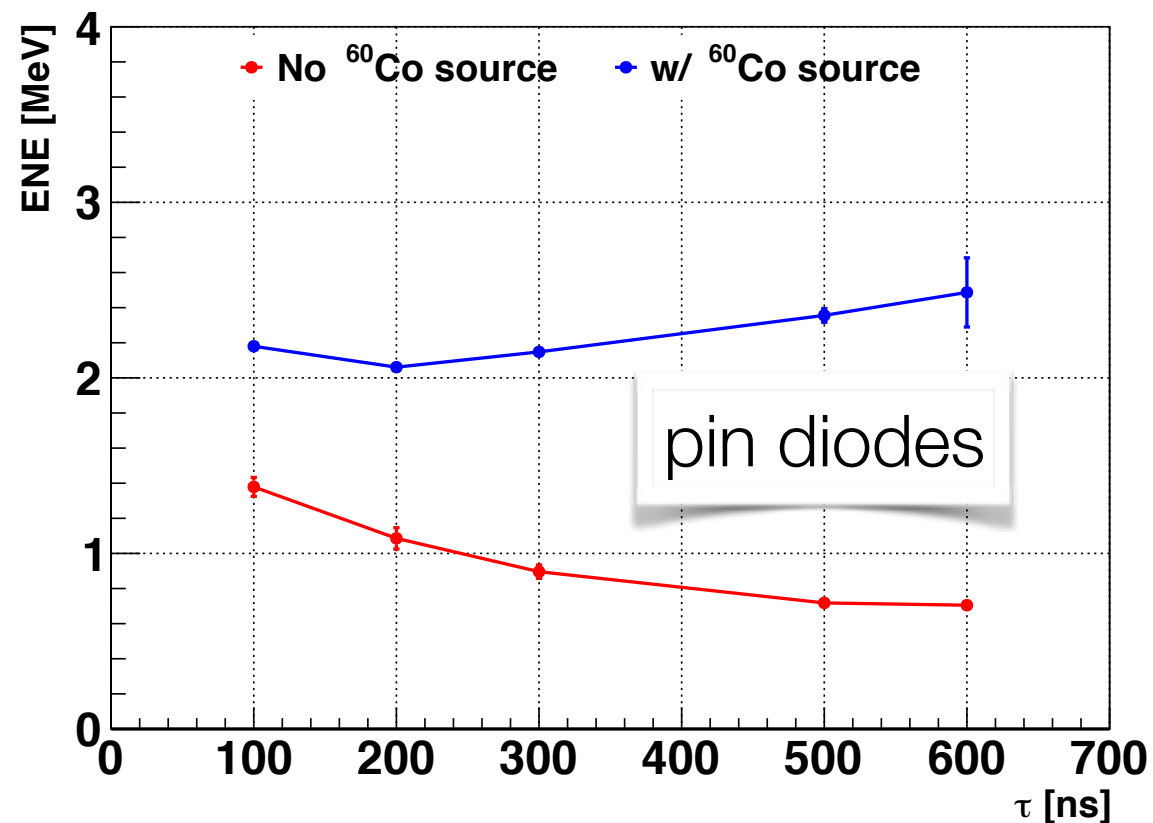


aMaxCRRC4tauFFT[2][0]



Very high S/N for APDs

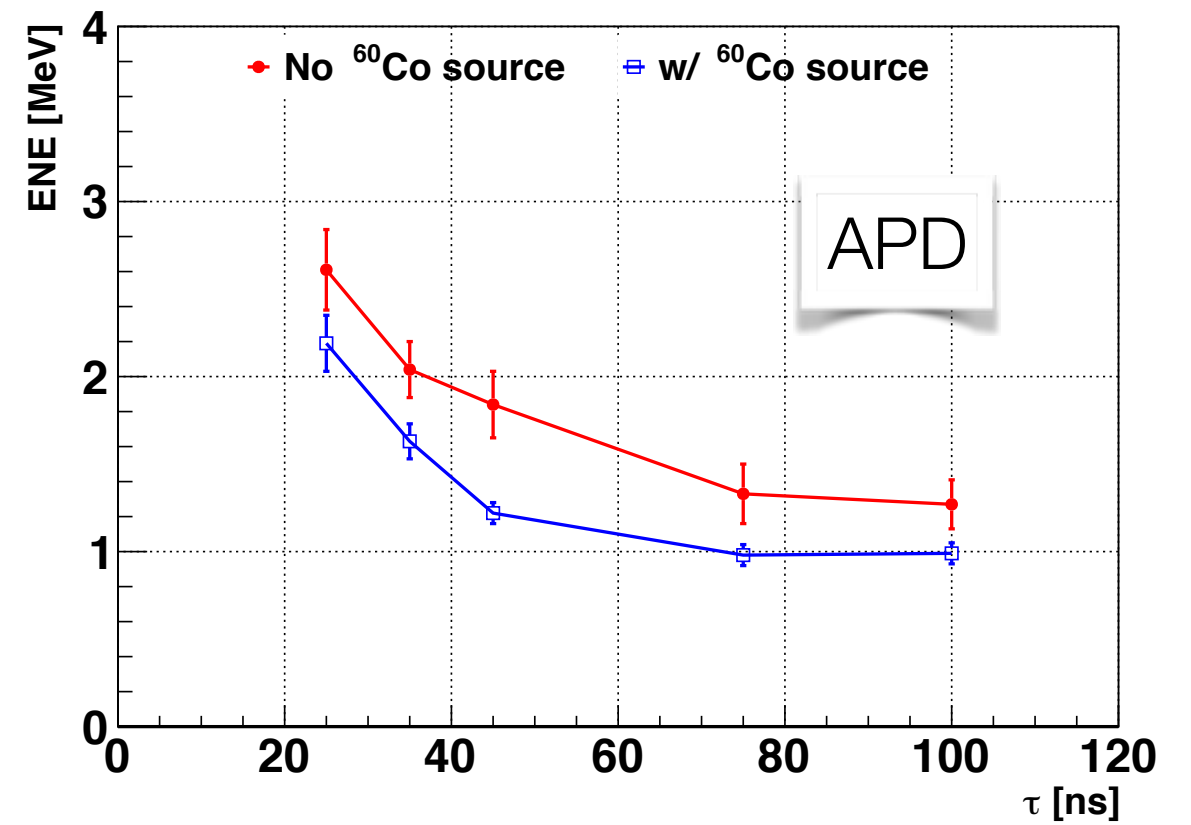
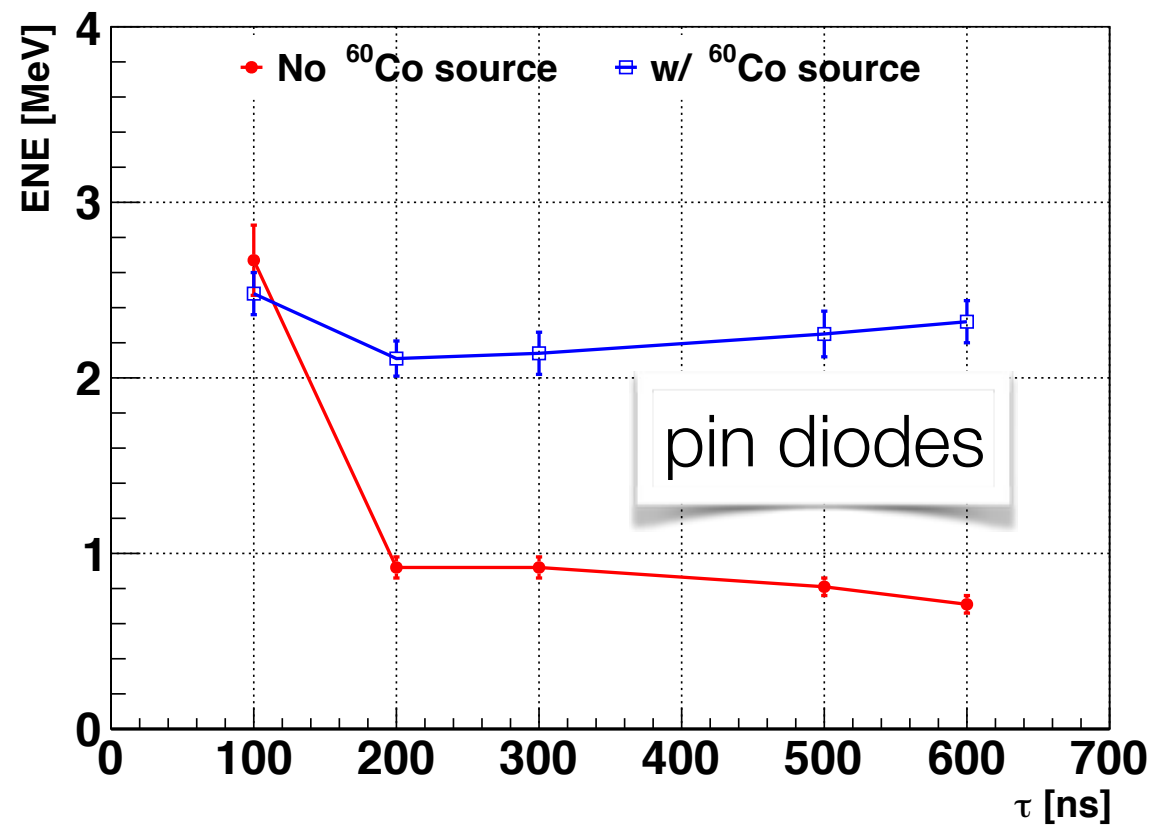
- $\tau_{\text{APD}}=25\text{ns}$ $\tau_{\text{pin}}=500\text{ns}$



$V = 387\text{V}$ (G~210)

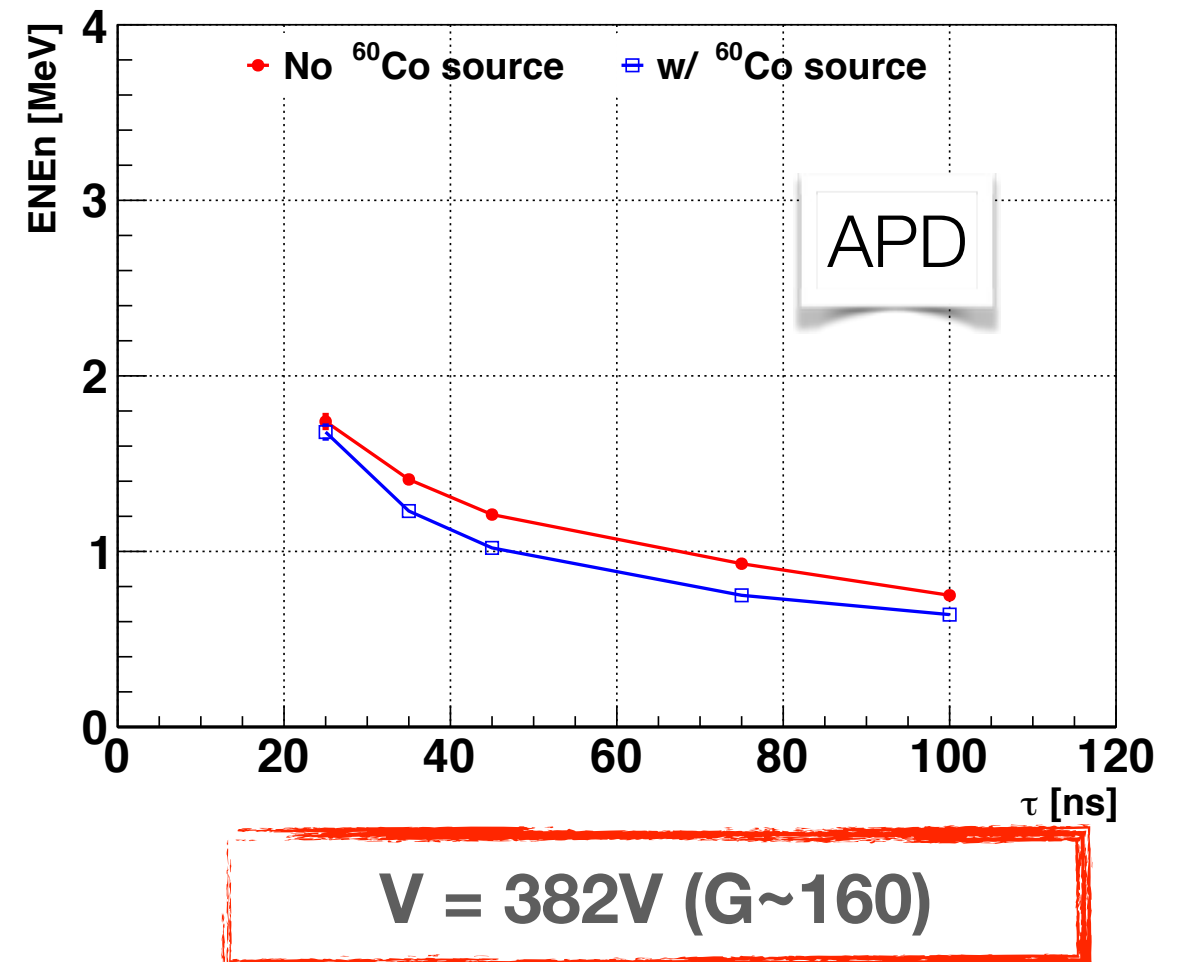
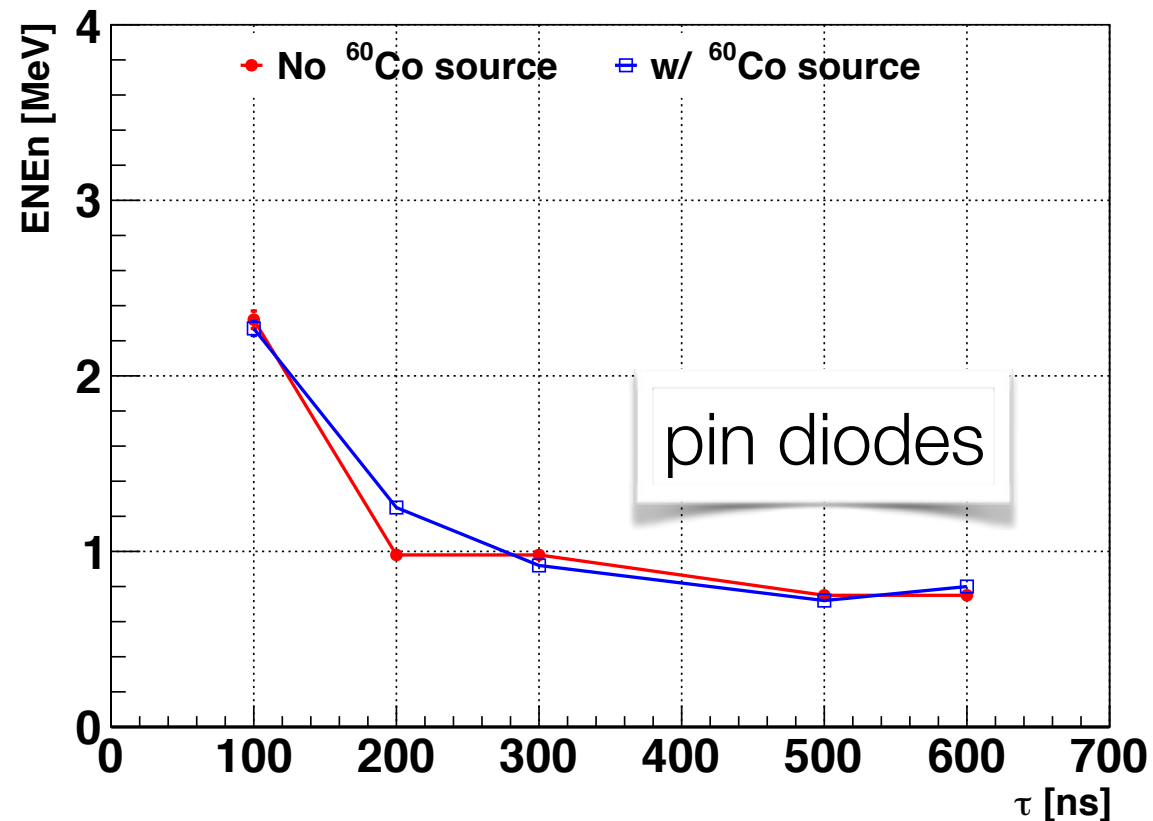
- Attività della sorgente ~ consistente con le (penultime) simulazioni

ENE in CsI(Tl) - more runs



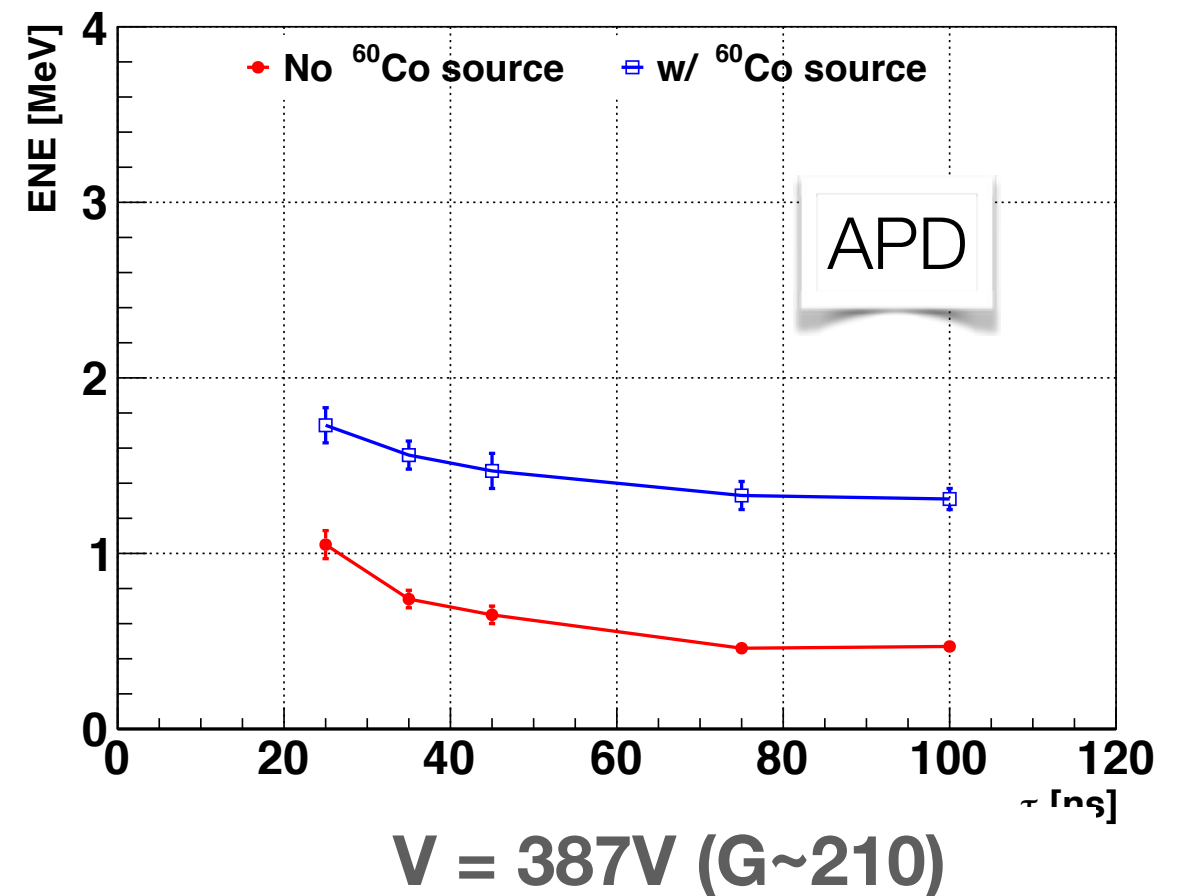
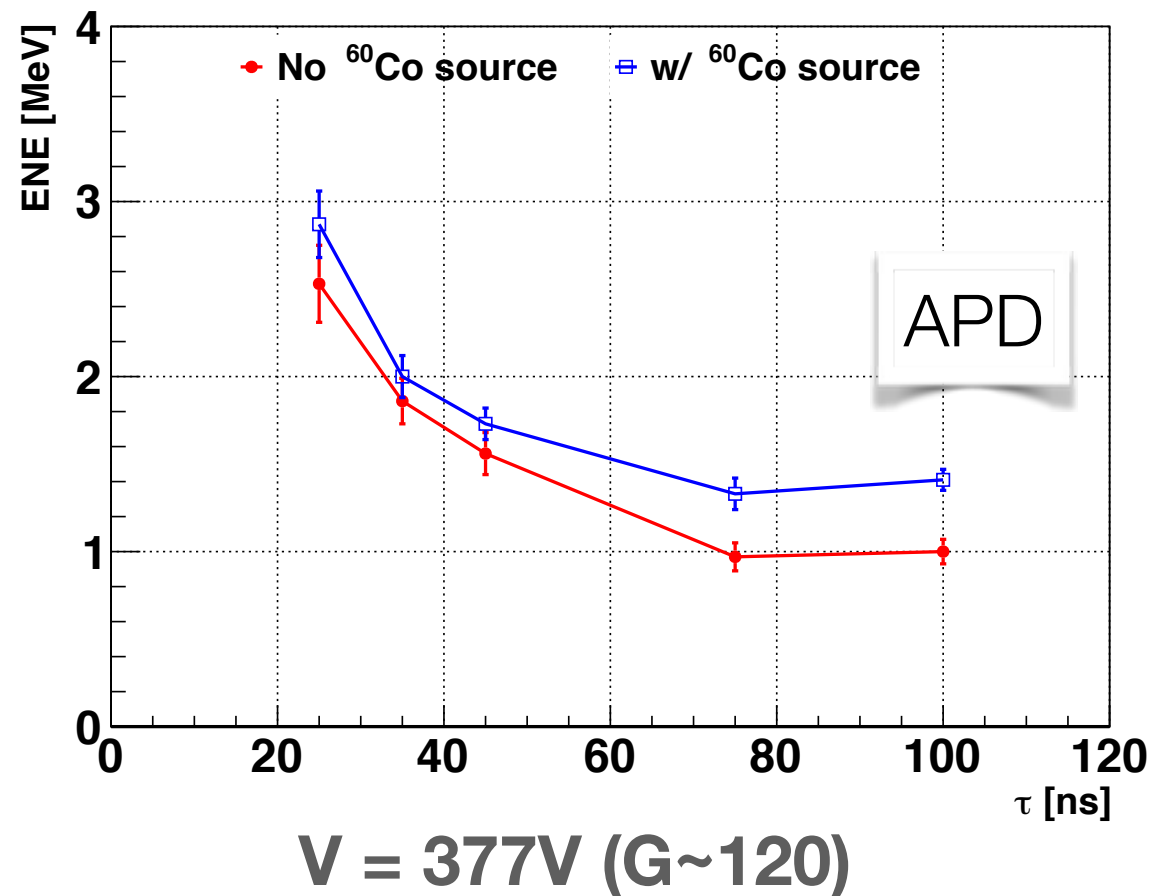
$V = 382\text{V}$ ($G \sim 160$)

Uncorrelated ENE in CsI(Tl) - more runs



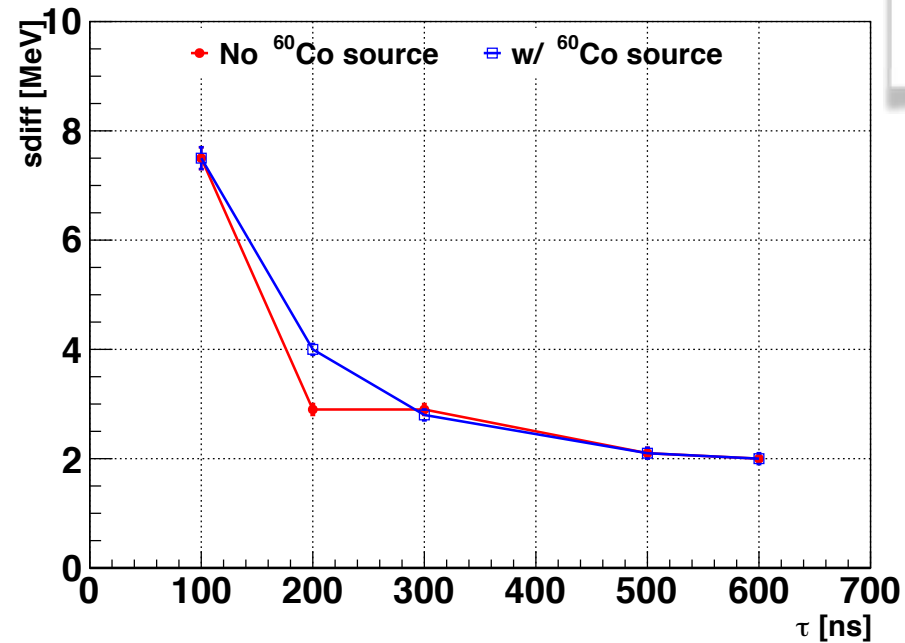
Come atteso non c'è effetto nell'equivalent noise energy scorrelato, perché la luce del pile-up è vista in maniera correlata da entrambi i fotosensori

ENE in CsI(Tl) + APD



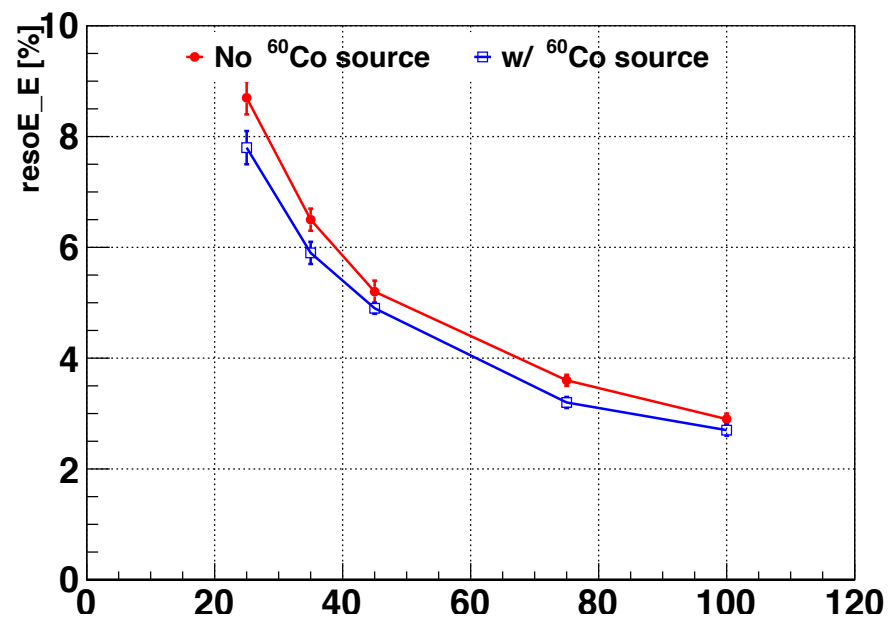
Relative resolution

pin diodes

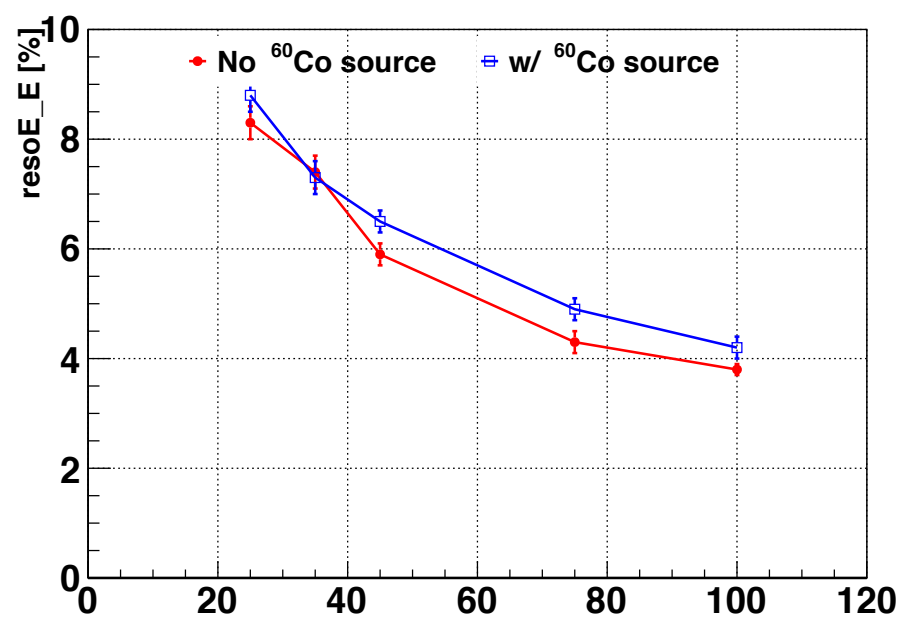


Solo il contributo stocastico (rumore elettronico sottratto)

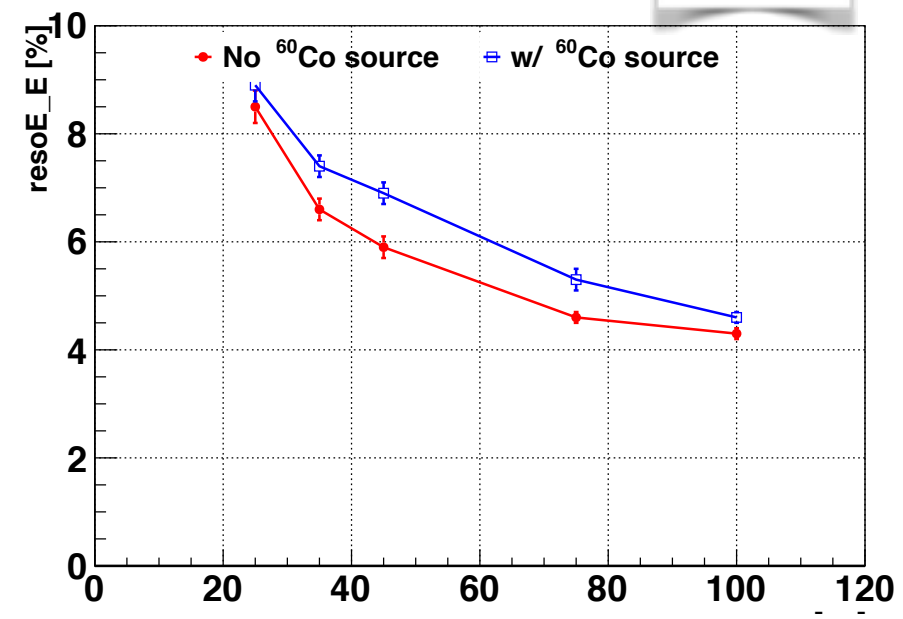
APD



$V = 377\text{V}$ ($G \sim 120$)



$V = 382\text{V}$ ($G \sim 160$)



$V = 387\text{V}$ ($G \sim 210$)

In conclusione?

Non è chiaro che ci sia un vantaggio, anche a basse energie:

- APD+ampl. transimpedenza con $\tau=75\text{ns}$:
 - $\text{ENE}\sim 1.3\text{MeV}$, $\text{reso(stocastica)}\sim 4.5\%$ ovvero $\delta E\sim 2\text{MeV}$ @ 34 MeV, $\delta E\sim 2.9\text{MeV}$ @ 100 MeV
- Pin diodes con $\tau=500\text{ns}$:
 - $\text{ENE}\sim 2.2\text{MeV}$, $\text{reso(stocastica)}\sim 2\%$ ovvero $\delta E\sim 2.3\text{MeV}$ @ 34 MeV, $\delta E\sim 2.5\text{MeV}$ @ 100 MeV
 - Nota: dati presi con il cristallo **327017**, con la peggiore resa di luce: la fluttuazione stocastica è più alta ($\sim\sqrt{2}$?)
- Da valutare l'effetto sul cluster, e la combinazione APD + Pin diodes