

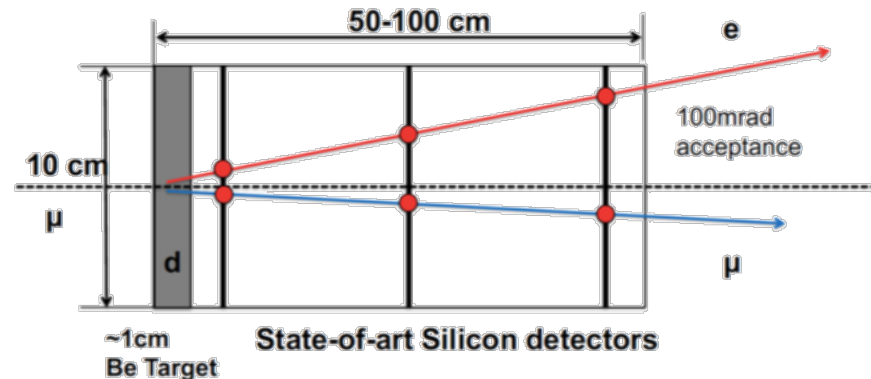
Active target?

Marco Incagli – INFN Pisa

21 Nov 2018

Struttura di base proposta

- Ripetizione di N moduli con 1cm di Be per un totale di N cm



- Contributo statistico $\delta a_{\text{HAD}}/a_{\text{HAD}} \sim 0.3\% \rightarrow l_{\text{Be}} \sim 40\text{cm}$
- Per un diverso materiale, la lunghezza scala in maniera inversamente proporzionale alla "densità di numero" n (n =centri scatteratori per unità di volume)
- Pero' ... aumentando n aumenta il multiple scattering, e quindi il

$$\theta_{MS} \propto \sqrt{\frac{l}{X_0}} \quad ; \quad \sigma_{stat} \propto \frac{1}{\sqrt{nl}} \quad \left(n = \frac{\rho Z N_A}{A} = \text{n. centri scatteratori} \right)$$

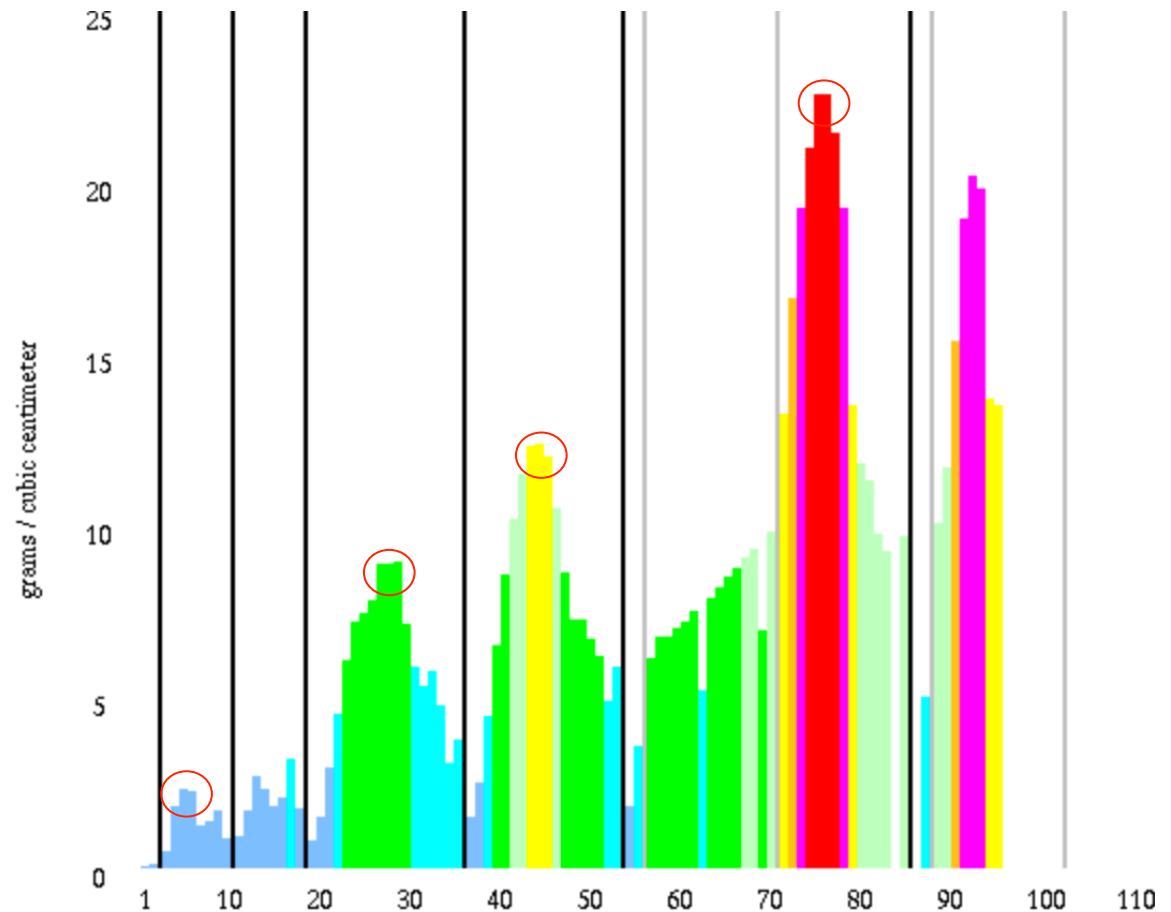
- Si vuole minimizzare:

$$\sigma_{stat} \cdot \theta_{MS} \propto \sqrt{\frac{Z}{\rho}} \quad \left(X_0 \propto \frac{Z^2}{A} \right)$$

- Materiali con **basso Z** e **alta densità**
- Notare che in questo approccio la lunghezza l si semplifica; tuttavia la condizione $l_{Be} \sim 40cm$ rimane !

Basso Z e alta densità?

- La densità ρ dipende da Z , ma non in maniera lineare in quanto dipende molto dal legame molecolare: forte in molecole metalliche, basso in gas nobili
- Migliori atomi:
 - Be, B, C
 - Cr, Fe, Co, Cu
 - Tc, Ru
 - W, Os



Migliore scelta

- nonostante la grande variabilit , si puo' dire che
 $\rho = M/V \sim A/A^{1/3} = A^{2/3} \rightarrow Z/\rho \sim Z/A^{2/3}$
 $\rightarrow$ i materiali a basso Z sono comunque da preferire

- esempi (FoM=Figure of Merit_:

Be: Z=4, $\rho=2.3$	$\rightarrow Z/\rho = 1.74$	$\rightarrow \text{FoM} = 1$
C : Z=6, $\rho=2.1$	$\rightarrow Z/\rho = 2.9$	$\rightarrow \text{FoM} = 1.29$
Cu: Z=29, $\rho=8.9$	$\rightarrow Z/\rho = 3.2$	$\rightarrow \text{FoM} = 1.36$
W: Z=74, $\rho=19.3$	$\rightarrow Z/\rho = 3.8$	$\rightarrow \text{FoM} = 1.48$

[Remember: figure of merit goes like $\sqrt{Z/\rho}$]

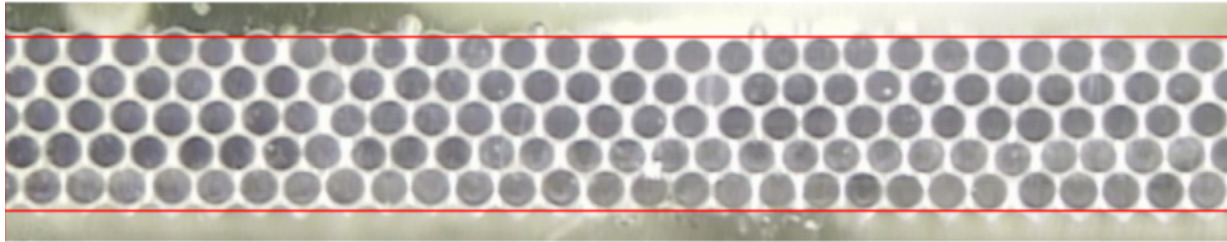
1. il Be e' la scelta migliore: $C/\text{Be} = \sqrt{2.9/1.74}=1.29=29\%$
2. gli altri non sono troppo diversi: $W/C = 1.14 = 14\%$

What about an active target?

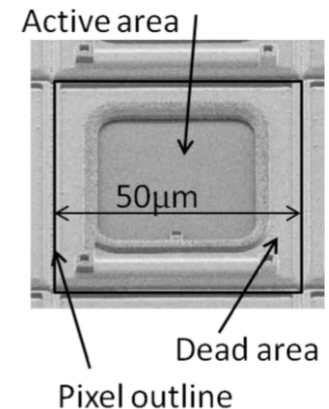
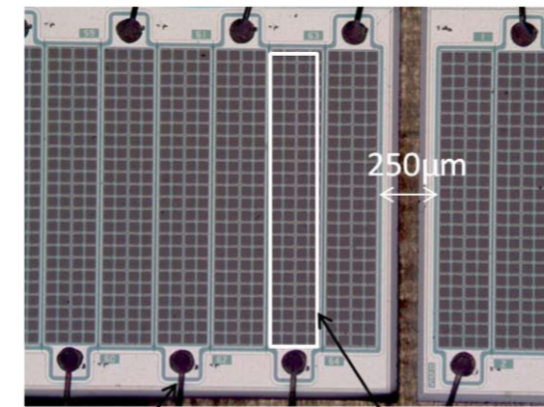
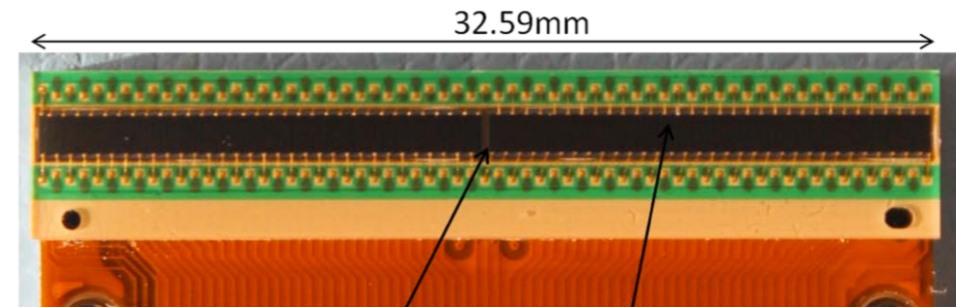
- Active target: 2 possibilities
 - Si layers
 - Planes of Scintillating fibers
- Disadvantages (first part) :
 - not the optimal material in terms of Z/ρ

Si: $Z=14$, $\rho=2.3$ $\rightarrow Z/\rho = 6.1$ $\rightarrow \text{FoM} = 1.87$
Fibers (C_8H_8) : $Z_{\text{eq}} \sim 3.5^*$, $\rho \sim 1$ $\rightarrow Z_{\text{eq}}/\rho \sim 3.5$ $\rightarrow \text{FoM} = 1.42$
- Advantages (first part):
 - knowledge of vertex position
 - continuous tracking

Fiber tracker



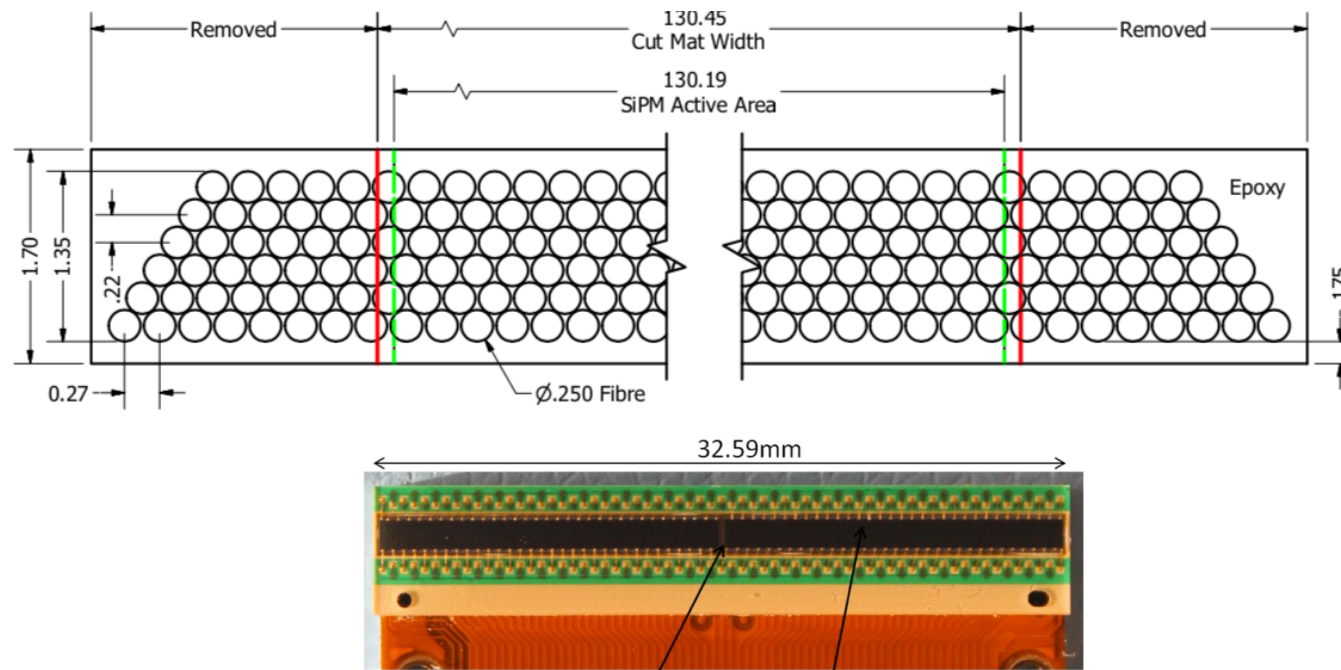
- figure of merit is $\sqrt{3.5/1.74}=1.41 \sim 40\%$
- cosa esiste in giro? → upgrade di LHCb
- bundle di fibre scintillanti di 0.25mm accoppiate a SiPM



Bonding wire Channel outline
0.25mm x 1.32mm

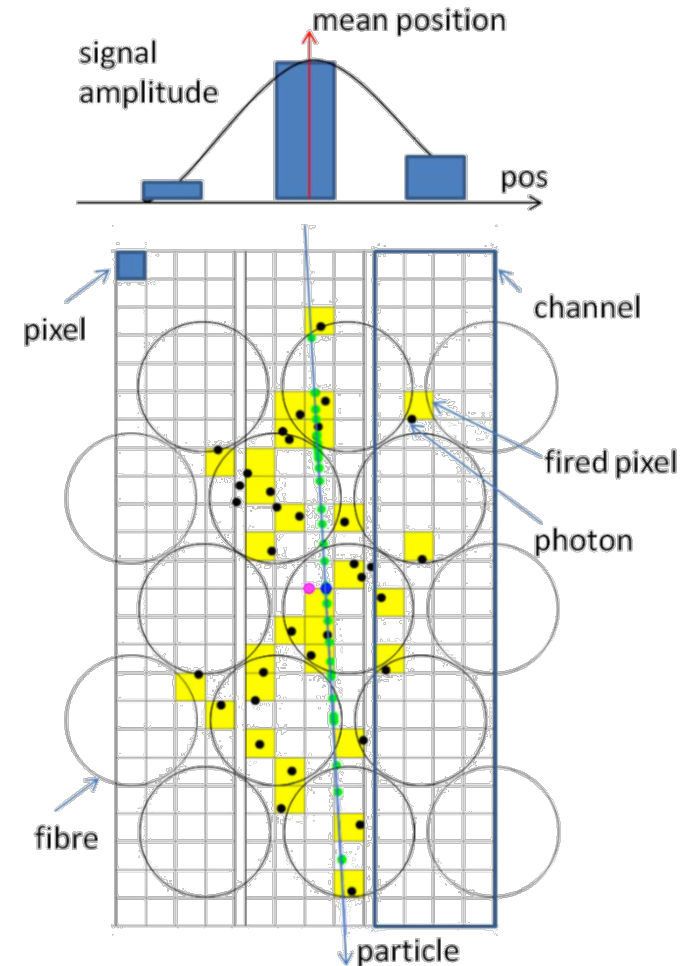
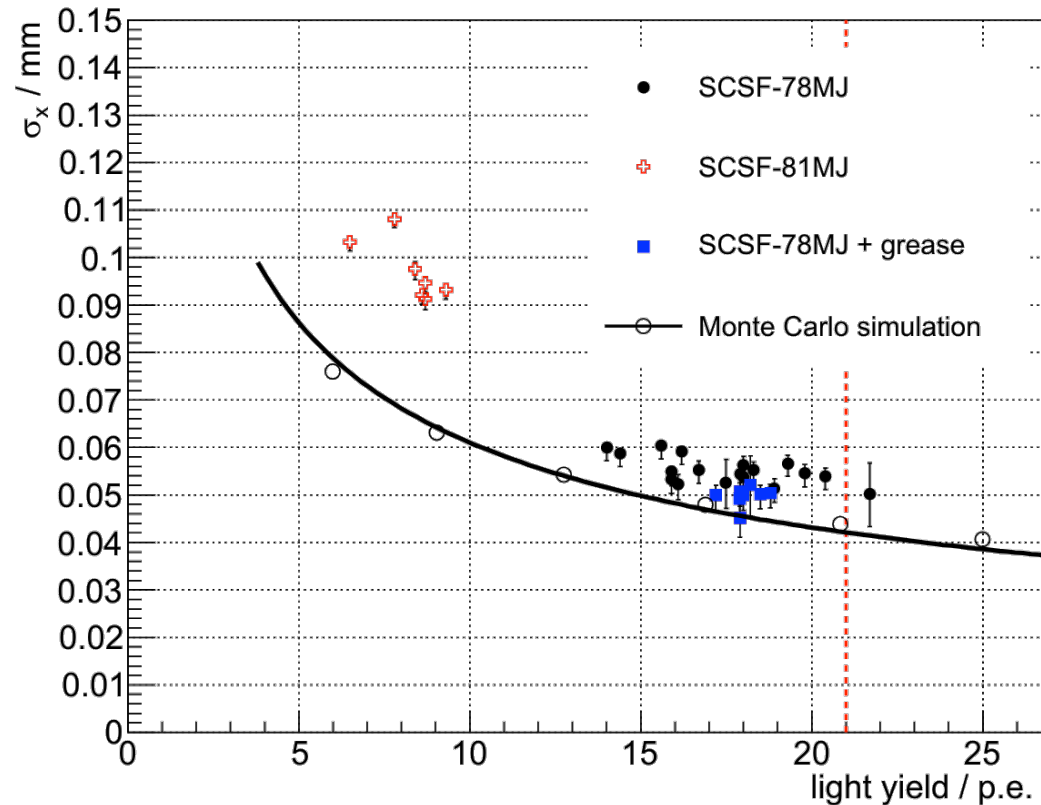
Fiber tracker : dimensioni

- fiber bundle:
 - thickness : 1.35 mm + 0.35 mm due to epoxy layer(hope to reduce it to 0.2mm)
 - width = 130.45 mm (= 4 SiPM packages)
 - length ~ 2m



Coupling fiber/SiPM

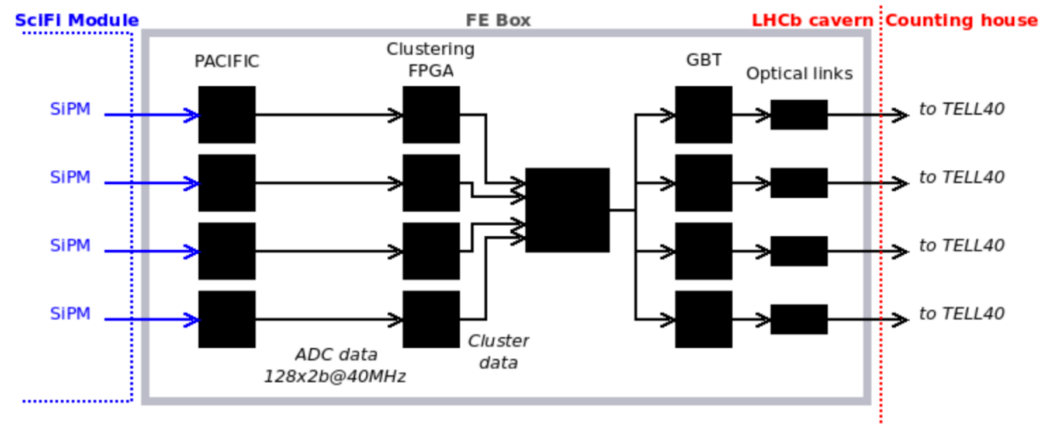
- The fiber/SiPM coupling allows for a "weighted mean" evaluation of the position which improves the resolution from the simple $\delta x(\delta y) = 250\mu m / \sqrt{12} = 72\mu m$
- For 12 GeV pions+protons (TB2009) :



Altre complicazioni da non sottovalutare

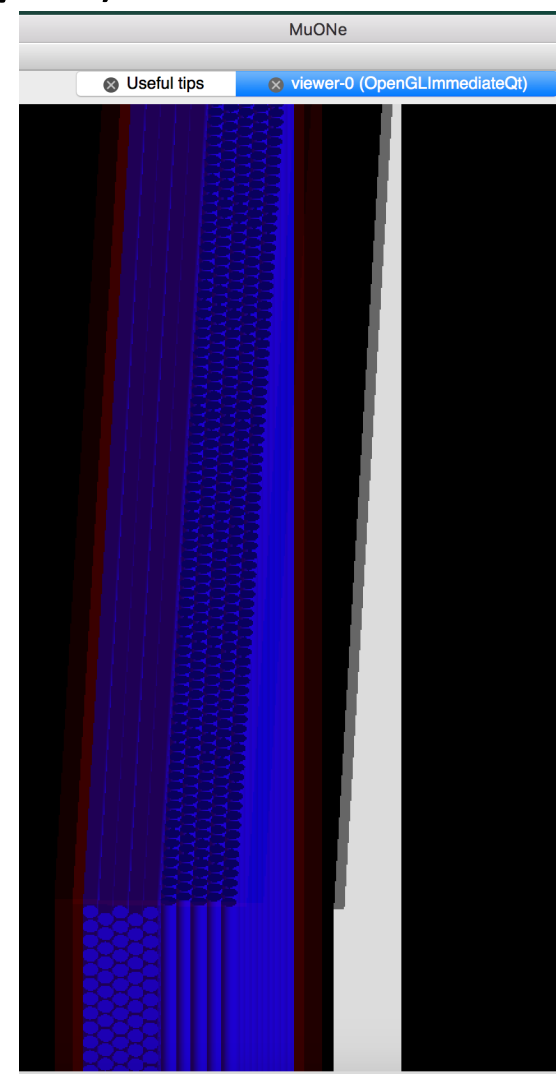
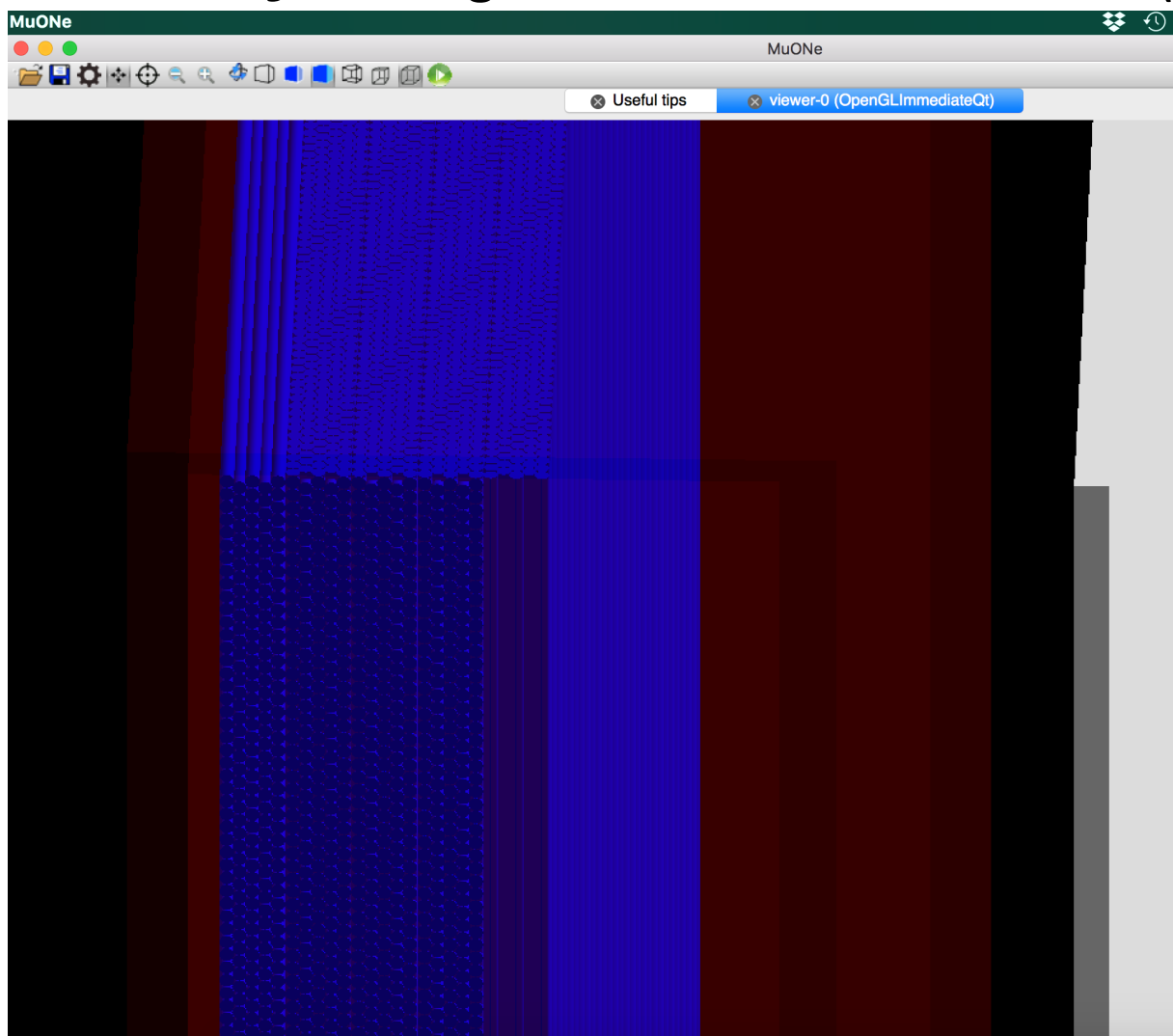
- I SiPM operano a -40° per diminuire la Dark Current dovuta, in larga parte, ad effetti di radiazione → non necessario per noi
- NUMERO di canali di lettura:
 - ogni ribbon (1.5-1.7 mm thick, 130.45 mm wide) : 512ch
 - per ogni modulo, scalando la densita', sono necessari ~2cm di bersaglio, pari a: $512 \cdot 20 / 1.6 = 6400$ canali
 - NOTA: ogni layer (doppio) di Silicio ha $2 \cdot 10^{16}$ canali; un modulo ha 6 (doppi) layers, 3X e 3Y, → 12192 canali→ il numero di canali aumenta del 50%

- ELETTRONICA di lettura:
da modificare/progettare



Primi test con GEANT4

- possibilita' di bersaglio attivo inserita in GEANT4, branch incagli merged into master on 12 Nov (by RS)



Fitting software

- Il software per includere nel fit anche le fibre deve ancora essere sviluppato
- non e' chiaro, quantitativamente, quale sia il miglioramento nella tracciatura di elettrone e muone
- al momento sto adattando alcune routine che fanno un semplice fit rettilineo delle tracce scritte da Roberto Stroili

Vale la pena perderci tempo?

- Con la targhetta attiva in fibre scintillanti
 - e' possibile individuare il vertice di interazione con una precisione dell'ordine delle dimensioni della fibra
 - la misura e' analogica, per cui c'e' una informazione sull'energia delle particelle
 - si e' sensibili ai fotoni
- Sono piccoli vantaggi, tutti da verificare quantitativamente con simulazione
- Inoltre ...

..si può pensare ad un targhetta estesa

- Usando una targhetta di spessore 10cm (invece di 2cm)
 - cosa succede ad un elettrone di $E \sim 1\text{GeV}$?
 - Si riesce a tracciare elettroni da 1GeV con sufficiente precisione, dato l'angolo di emissione di 45mrad?
 - Quale è il MS del mu, la cui direzione sarebbe misurata con il tracciatore al Silicio? (ricordare che la "figure of merit" per le fibre è la stessa che per un bersaglio di C)
- Se questa opzione fosse percorribile, le dimensioni dell'apparato diminuirebbero di un fattore 5 !

Meeting con LHCB Fiber Tracker group

- Il 2 dicembre sono stato invitato ad un meeting del FiTra group per presentare il caso (brevemente!)
- La mia idea è di mostrare
 - 2 slide con l'idea di fisica
 - 2 slide su cinematica a LO e misura angolare
 - 3-4 slide con soluzione di base e test beam
 - soluzione alternativa con targhetta attiva
- per stimolare un loro interesse, in particolare da gruppi più hardware oriented, sulla produzione di ribbons, e, soprattutto, sull'elettronica
- sicuramente loro hanno anche una simulazione avanzata che potremmo sfruttare

Conclusioni

- non conto troppo sulla partecipazione di un gruppo a MUonE; mi sembrano molto impegnati in un grosso upgrade (due gruppi me lo hanno detto già' esplicitamente)
- però' vale la pena provare ... se siete d'accordo