

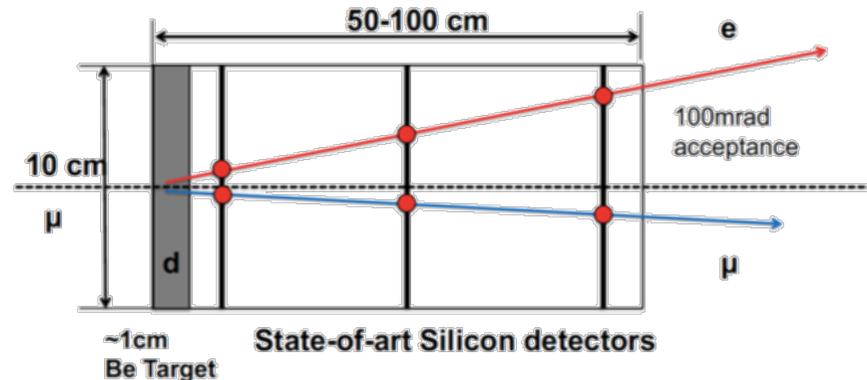
# Active target?

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

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

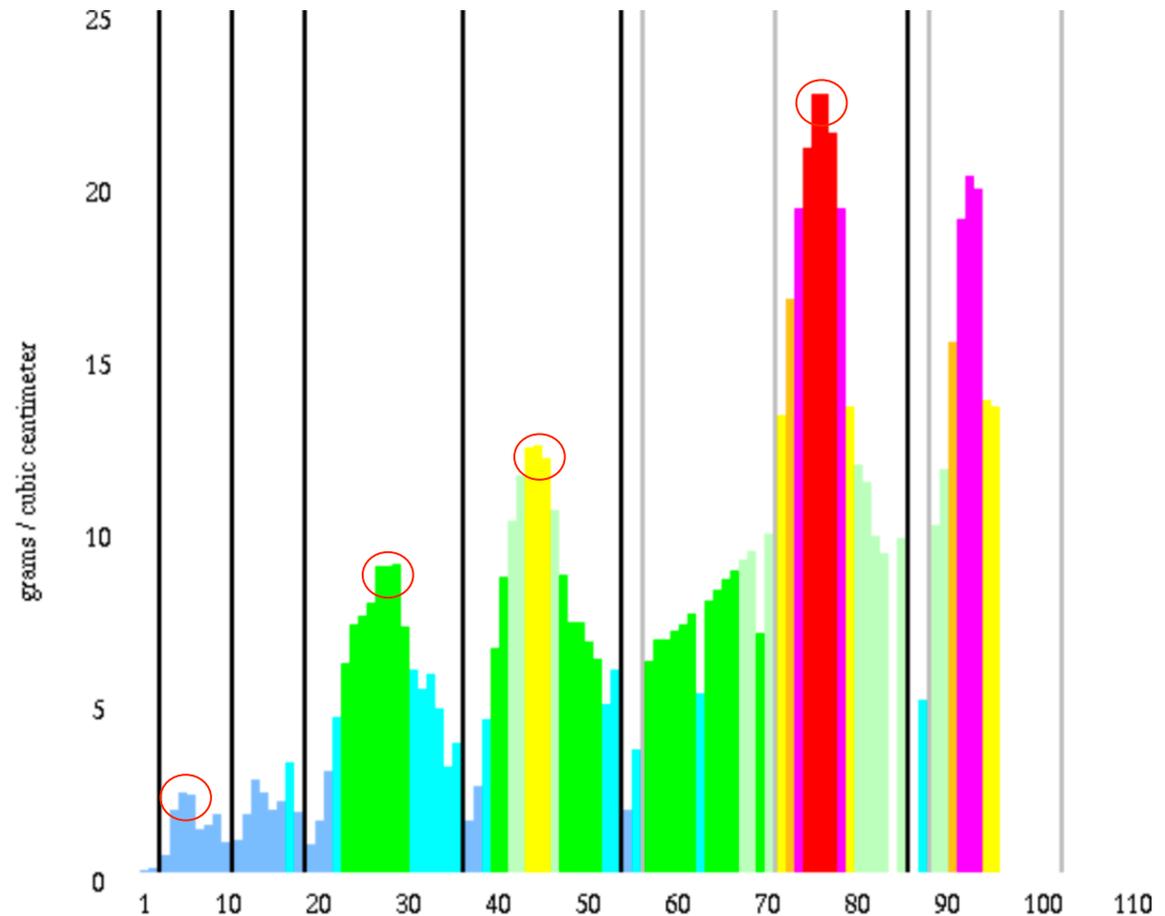
- Si vuole minimizzare:

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

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

# Basso Z e alta densità?

- La densità  $\rho$  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 variabilita', 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:

Be:  $Z=4, \rho=2.3 \rightarrow Z/\rho = 1.74$

C :  $Z=6, \rho=2.1 \rightarrow Z/\rho = 2.9$

Cu:  $Z=29, \rho=8.9 \rightarrow Z/\rho = 3.2$

W:  $Z=74, \rho=19.3 \rightarrow Z/\rho = 3.8$

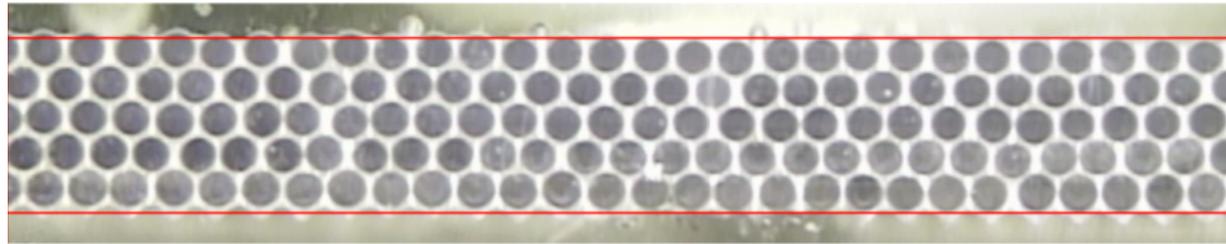
[ Remember: figure of merit goes like  $\sqrt{Z/\rho}$  ]

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

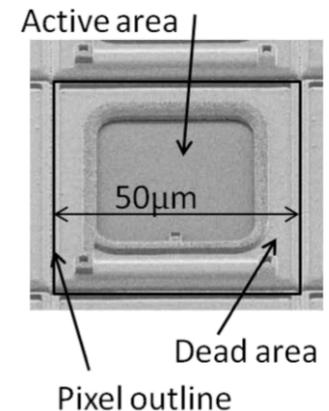
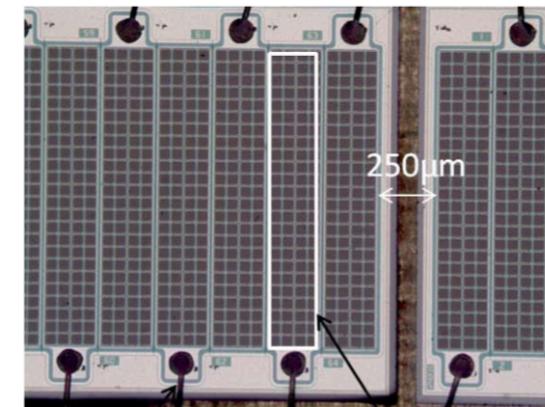
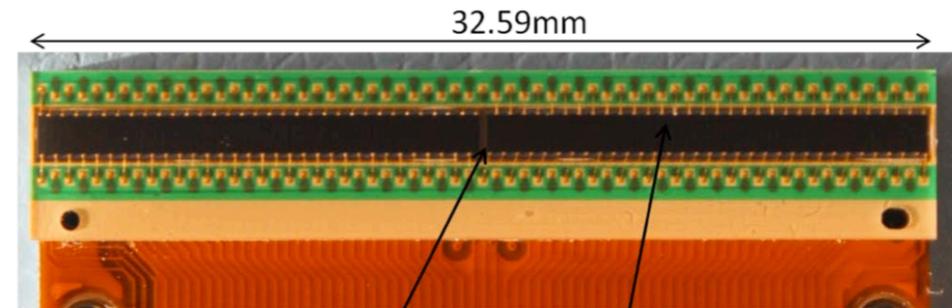
# What about an active target?

- Active target: 2 possibilities
  - Si layers
  - Planes of Scintillating fibers
- Disadvantages (first part) :
  - not the optimal material in terms of  $Z/\rho$ 
    - Si:  $Z=14$ ,  $\rho=2.3$   $\rightarrow Z/\rho = 6.1$
    - Fibers ( $C_8H_8$ ) :  $Z_{eq} \sim 3.5^*$ ,  $\rho \sim 1$   $\rightarrow Z_{eq}/\rho \sim 3.5$
- Advantages (first part):
  - knowledge of vertex position
  - continuous tracking

# Fiber tracker



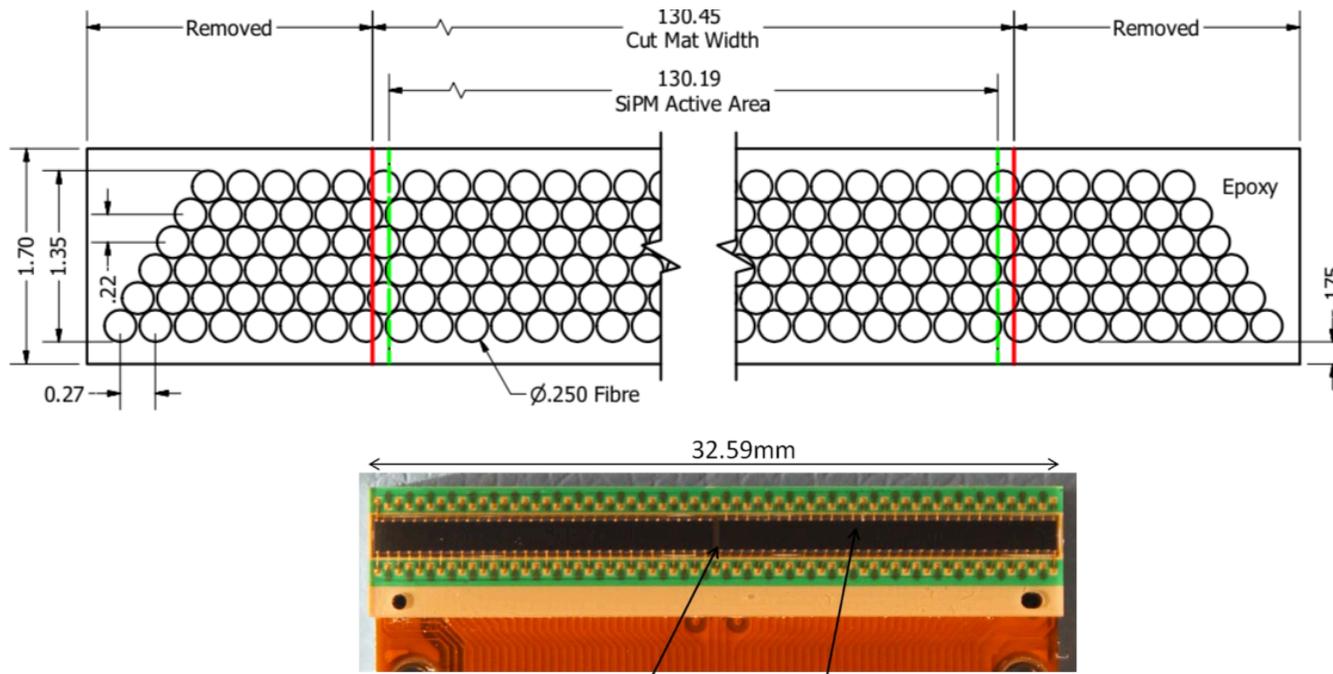
- figure of merit is  $\sqrt{3.5/1.74}=1.41 \sim 40\%$
- cosa esiste in giro?  $\rightarrow$  upgrade di LHCb
- bundle di fibre scintillanti di 0.25mm accoppiate a SiPM



Bonding wire Channel outline  
0.25mm x 1.32mm

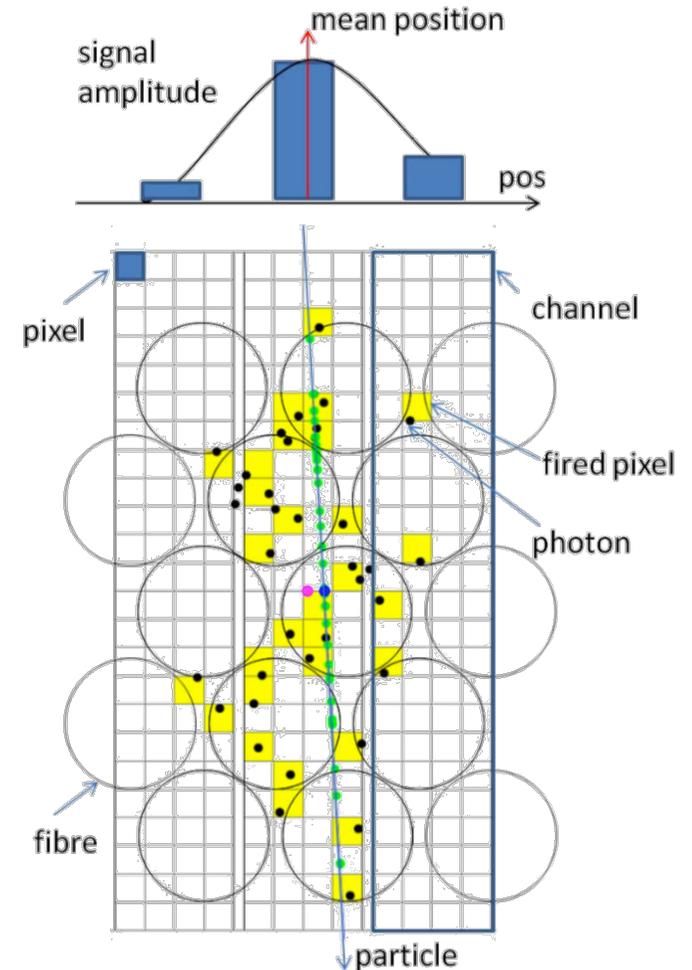
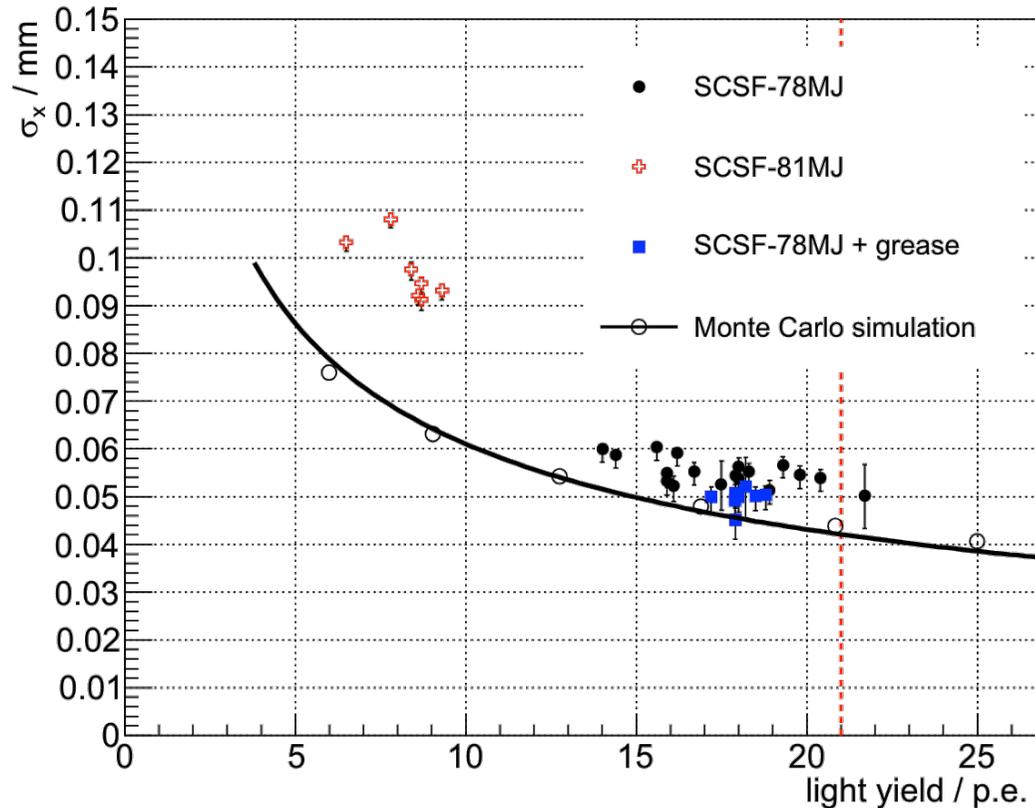
# Fiber tracker : dimensioni

- 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

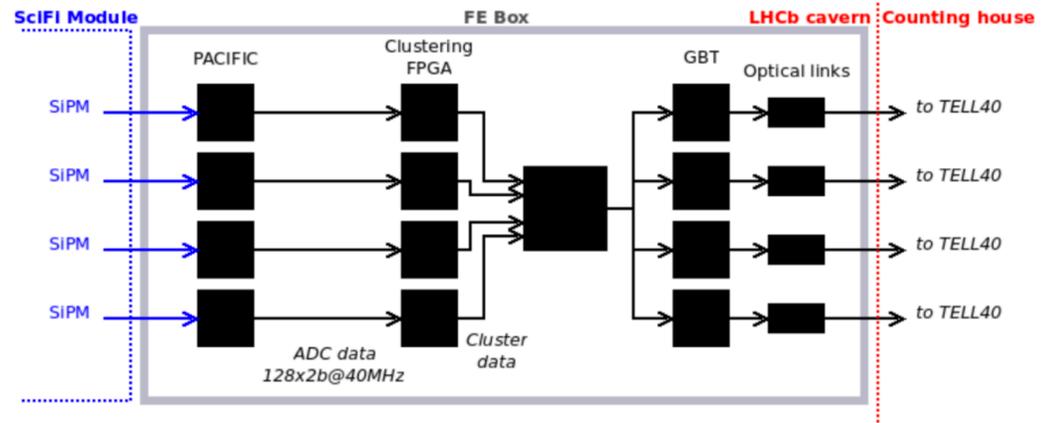
- The fiber/SiPM coupling allows for a "weighted mean" evaluation of the position which improves the resolution from the simple  $\delta x(\delta y) = 250\mu m / \sqrt{12} = 72\mu m$
- For 12 GeV pions+protons (TB2009) :



# Altre complicazioni da non sottovalutare

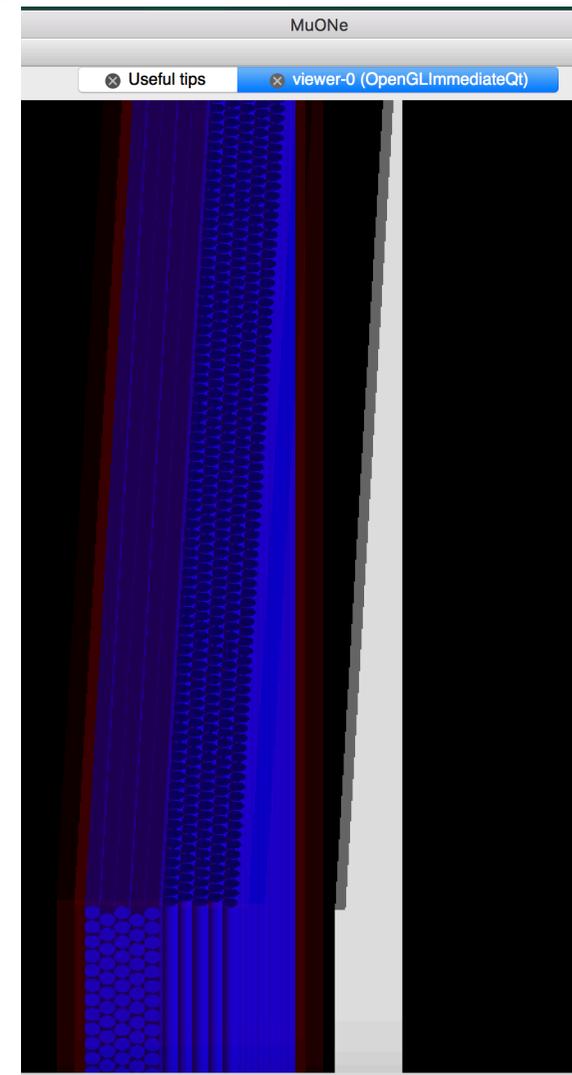
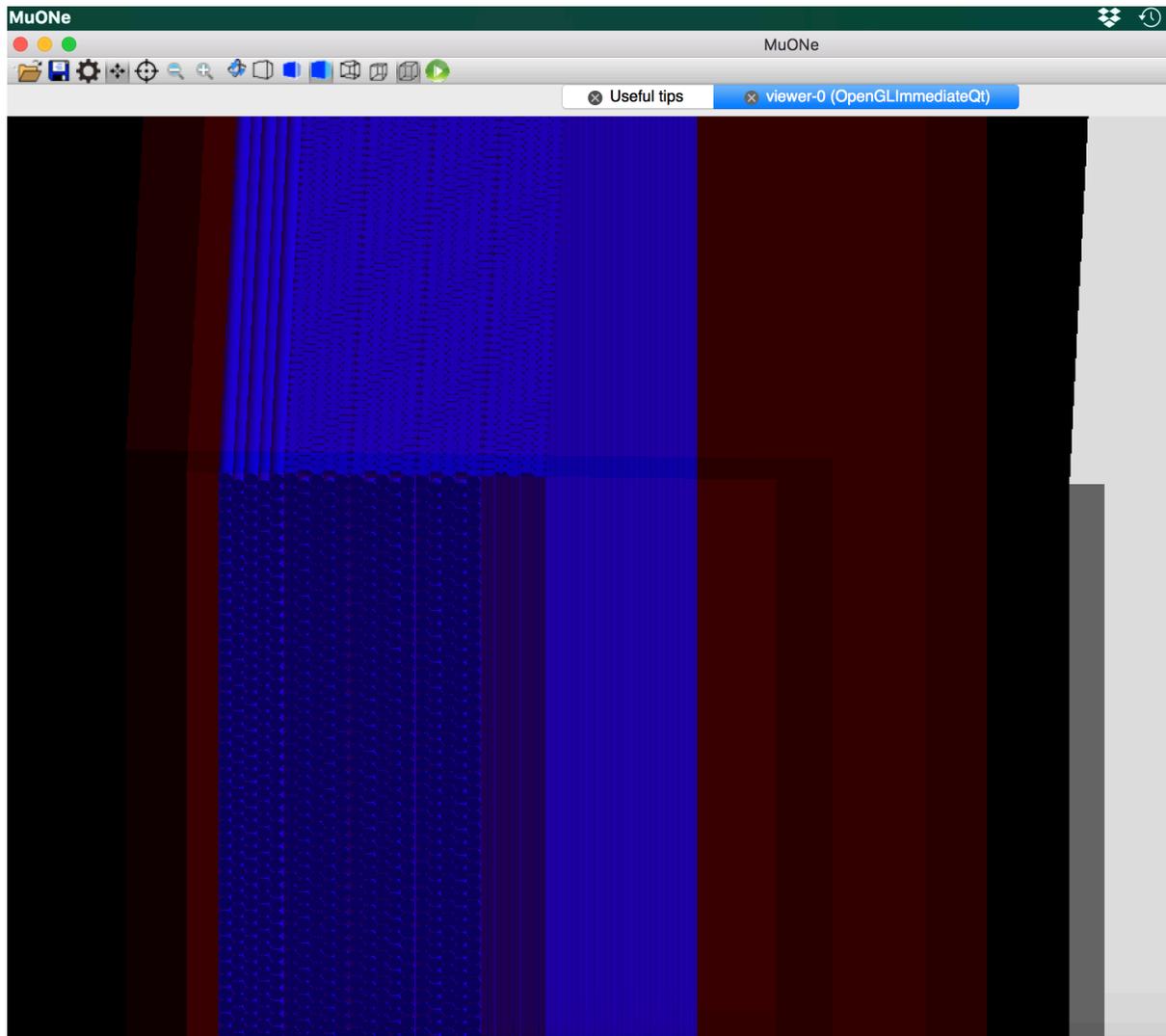
- I SiPM operano a  $-40^{\circ}$  per diminuire la Dark Current dovuta, in larga parte, ad effetti di radiazione  $\rightarrow$  non necessario per noi
- NUMERO di canali di lettura:
  - ogni ribbon (1.5-1.7 mm thick, 130.45 mm wide) : 512ch
  - per ogni modulo, scalando la densita', sono necessari  $\sim 2\text{cm}$  di bersaglio, pari a:  $512 * 20 / 1.6 = 6400$  canali
  - NOTA: ogni layer (doppio) di Silicio ha  $2 * 1016$  canali; un modulo ha 6 (doppi) layers, 3X e 3Y,  $\rightarrow 12192$  canali $\rightarrow$  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 perdersi 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)
- pero' vale la pena provare ... se siete d'accordo