

Risultati con prototipi in test su fascio per il nuovo tracciatore interno a **GEM cilindriche** dell'esperimento **BESIII**

 Lia Lavezzi
INFN – IHEP 
PER IL GRUPPO CGEM-IT

BESIII

Indice

- ◇ Descrizione del rivelatore a GEM
- ◇ L'esperimento BESIII *...solo un cenno...*
- ◇ Il progetto CGEM-IT
- ◇ Algoritmi di ricostruzione
- ◇ I risultati da test su fascio dei prototipi

Il progetto BESIIICGEM è stato finanziato dalla Commissione Europea, call H2020-MSCA-RISE-2014

Consorzio

- ◇ INFN (FE, LNF, TO) ◇ Uppsala
- ◇ Mainz ◇ IHEP



HORIZON 2020



Cosa è una GEM

E' un tracciatore a gas...



Cosa è una **GEM**

E' un tracciatore a gas...



Cosa è una GEM

E' un tracciatore a gas...

Charged
particle

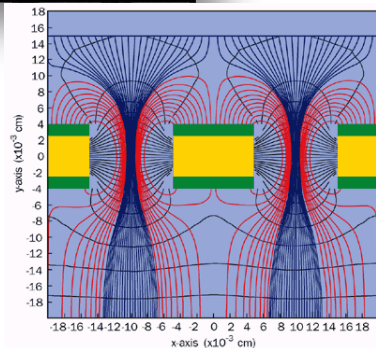
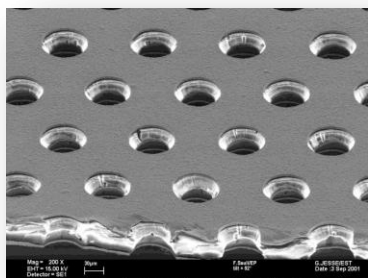
Ionization

Drift

Gain

Readout

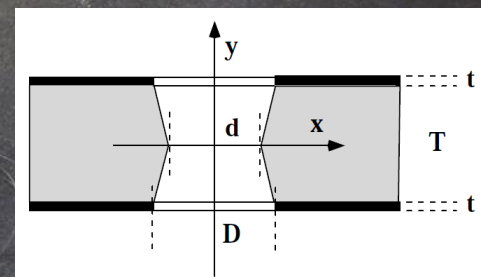
...inventato da F.Sauli nel 1997



Gaseous Electron Multiplier
tracciatore a gas di particelle cariche

Composizione:

foglio di materiale polimerico
(kapton, 50 μm) tra due
strati di rame (3/5 μm)



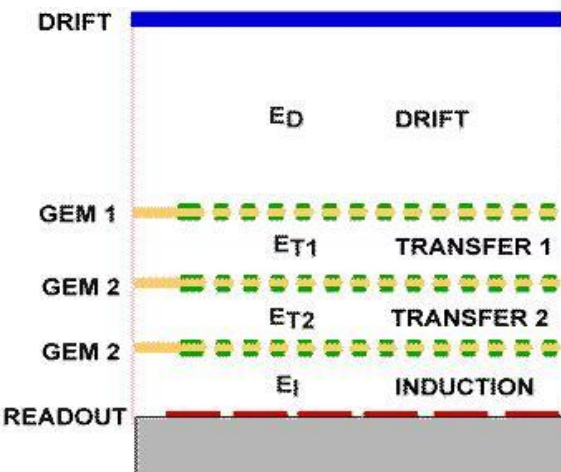
Il foglio è coperto di fori di $\sim 50 \mu\text{m}$ di diametro

Applicando tra gli elettrodi una d.d.p di qualche
centinaio di V si crea nei fori un campo elettrico di
qualche decina di kV/cm $\rightarrow$ moltiplicazione a valanga

BESIII utilizzerà una
tripla GEM cilindrica

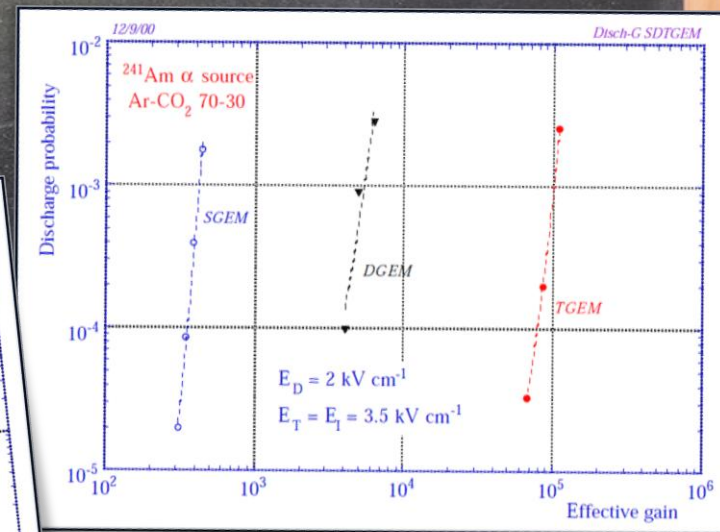
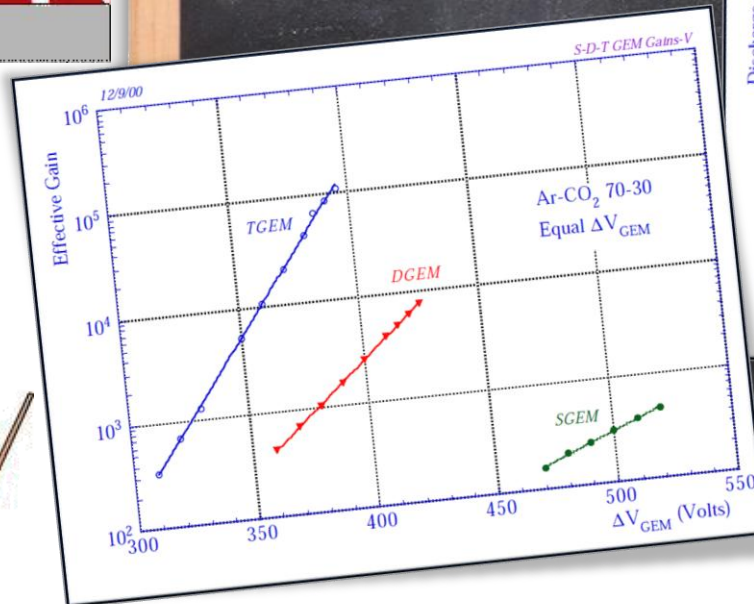


Perché una tripla GEM



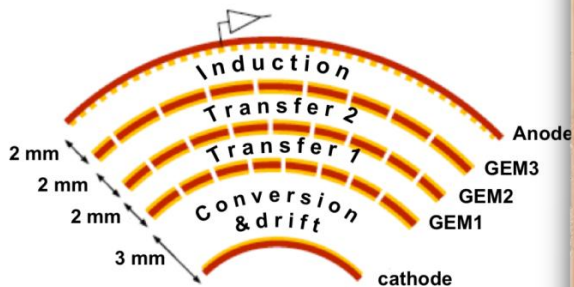
Problema: possibilità di scariche

Soluzione: tre fogli di GEM con d.d.p. inferiore su ognuno



[S. Bachmann et al, Nucl. Instr. and Meth A479 (2002) 294]

Come realizzare una tripla GEM cilindrica



Un po' di storia: la prima tripla GEM cilindrica appartiene a **KLOE-2** (Frascati).

BESIII eredita la stessa tecnica di costruzione:

1. Produzione degli elettrodi e dei fogli di GEM.
2. Messa in forma ed incollaggio sugli stampi, con l'aiuto di un sacco da vuoto.
3. Assemblaggio della tripla GEM tramite la Vertical Inserting Machine



[A. Balla *et al.*, 2014 JINST 9 C01014]

BESIII @ BEPCII

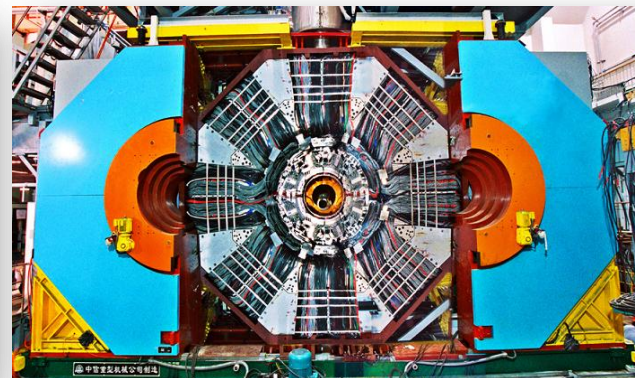
Pechino, Cina



BEPCII (e+e- collider)



Spettrometro BESIII



- ◇ energia del fascio 1~2.3 GeV
- ◇ luminosità prevista (e raggiunta!) $1 \cdot 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- ◇ presa dati dal 2009 ad oggi

2016/04/05 22:29:47		
Luminosity	10.00	E32/cm^2/s
	e+	e-
Energy [GeV]	1.8831	1.8831
Current [mA]	849.18	852.31
Lifetime [hr]	1.53	2.30
Inj.Rate [mA/min]	0.00	0.00

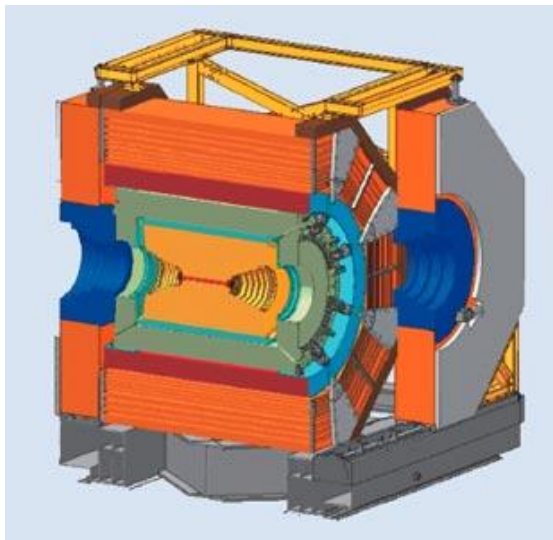
PROMO

“Una foto sullo stato dell’esperimento BESIII” di G. Mezzadri [21/04]

PROMO

L'origine del progetto CGEM-IT

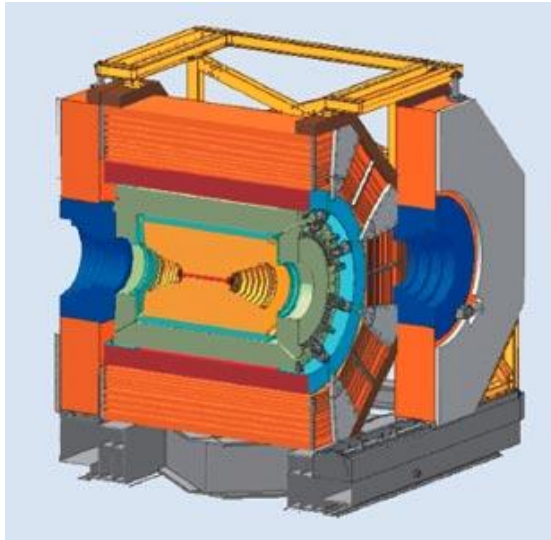
Il tracciatore attuale è una camera a deriva:



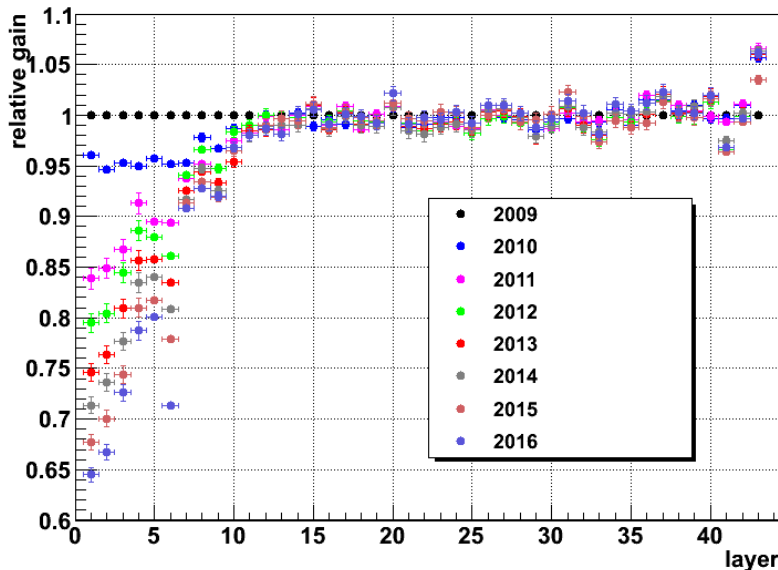
- ◆ strati interni:
 - ◆ 8 stereo
- ◆ strati esterni:
 - ◆ 12 assiali
 - ◆ 16 stereo
 - ◆ 7 assiali

L'origine del progetto CGEM-IT

Il tracciatore attuale è una camera a deriva:



- ◇ strati interni:
 - ◇ 8 stereo
- ◇ strati esterni:
 - ◇ 12 assiali
 - ◇ 16 stereo
 - ◇ 7 assiali

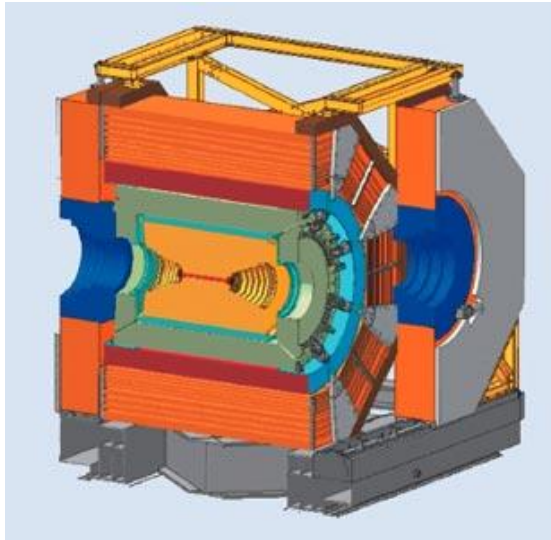


PROBLEMA: INVECCHIAMENTO

Perdita di guadagno/anno $\sim 4\%$
sugli strati interni

L'origine del progetto CGEM-IT

Il tracciatore *futuro* è il *CGEM-IT*



◇ strati interni:

◇ 8 stereo

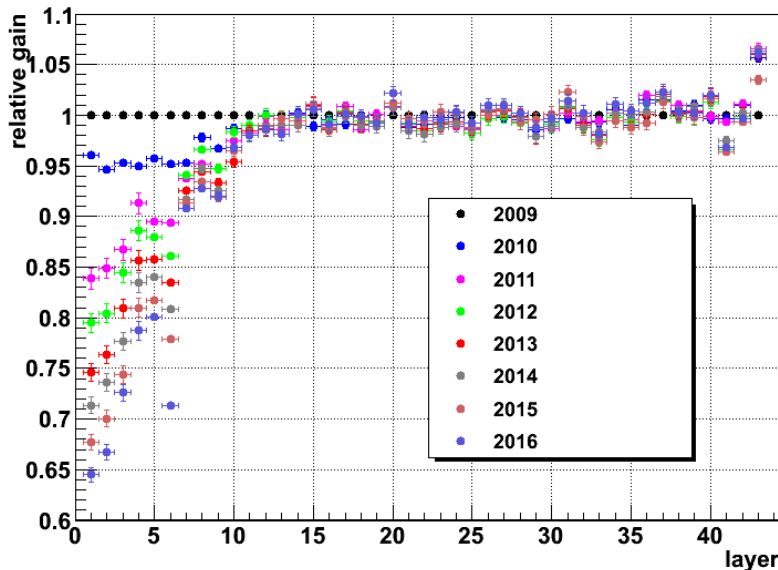
◇ strati esterni:

◇ 12 assiali

◇ 16 stereo

◇ 7 assiali

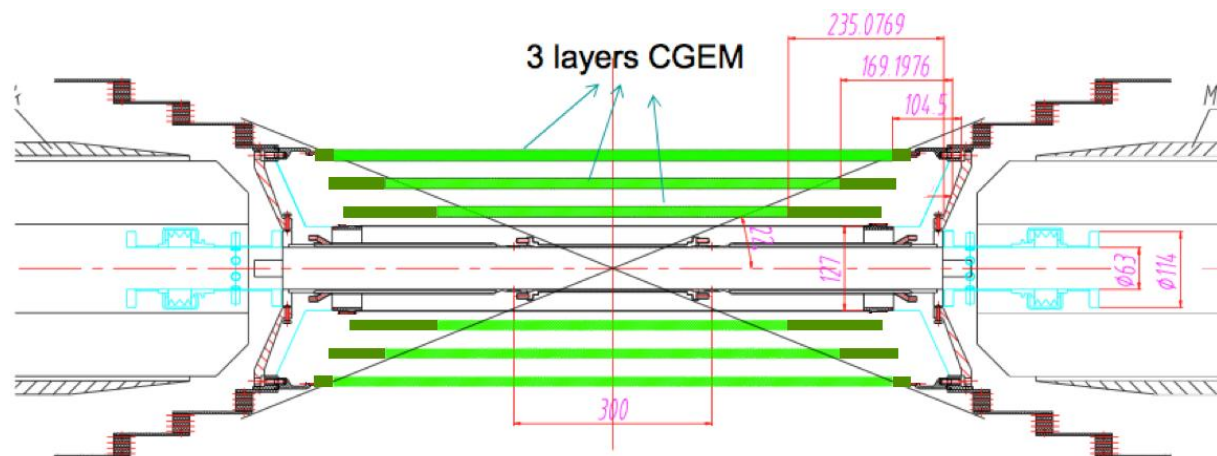
3 strati di triple-GEM cilindriche per sostituire la camera interna



PROBLEMA: INVECCHIAMENTO

Perdita di guadagno/anno $\sim 4\%$
sugli strati interni

Le peculiarità del CGEM-IT (1)



Ogni strato ha due “viste”: una con strip parallele all’asse e l’altra con strip stereo → ricostruzione posizione in ϕ e z

Vantaggi

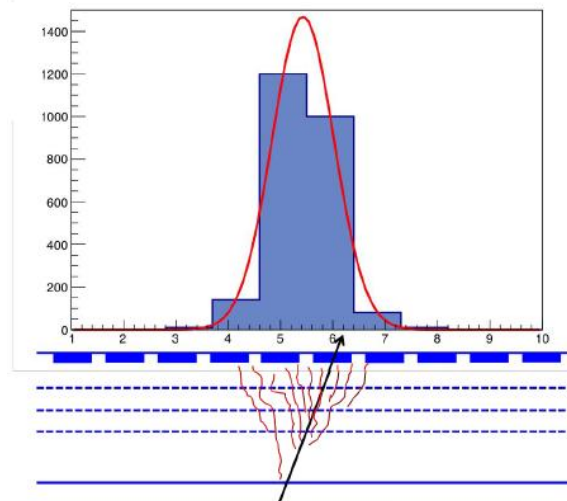
- ◆ Ripristino dell’efficienza
- ◆ Miglioramento della risoluzione:
 - ◆ della coordinata z [1 mm]
 - ◆ della posizione dei vertici secondari

Garanzie

- ◆ Mantenimento della risoluzione:
 - ◆ nel piano trasverso [130 μm]
 - ◆ in momento [0.5% @1 GeV/c]
- ◆ Basso material budget [$X_0 < 1.5\%$]

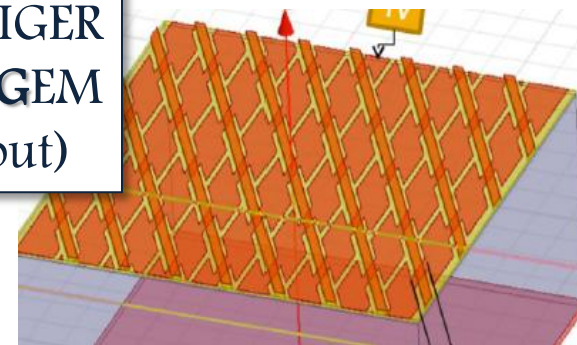
Le peculiarità del CGEM-IT (2)

GOAL
utilizzare una tripla GEM
in **campo magnetico**
con **lettura analogica**

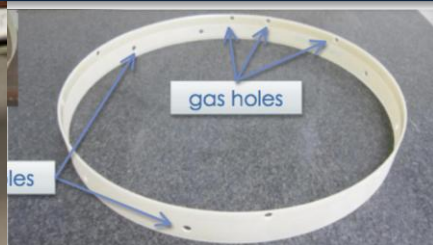
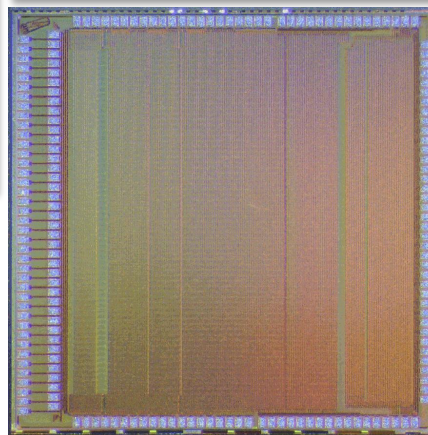


ROHACELL 31 come
supporto di anodo e
catodo, anelli di
permaglass fuori
dalla zona attiva →
low material budget

ASIC dedicato: TIGER
(Torino Integrated GEM
Electronics for Readout)



Anodo con *jagged* strip
per ridurre la capacità
inter-strip di circa il 30%
(MAXWELL)

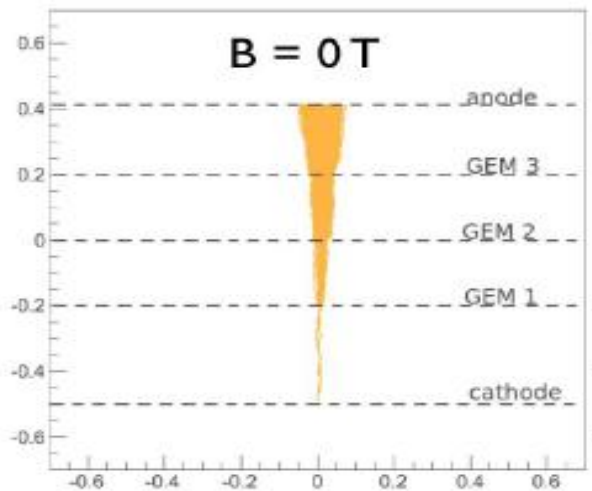


Metodi di ricostruzione della posizione

Centroide di carica

Media pesata sulla carica della posizione delle strip

$$\langle x \rangle = \frac{\sum_i x_i q_i}{\sum_i q_i}$$

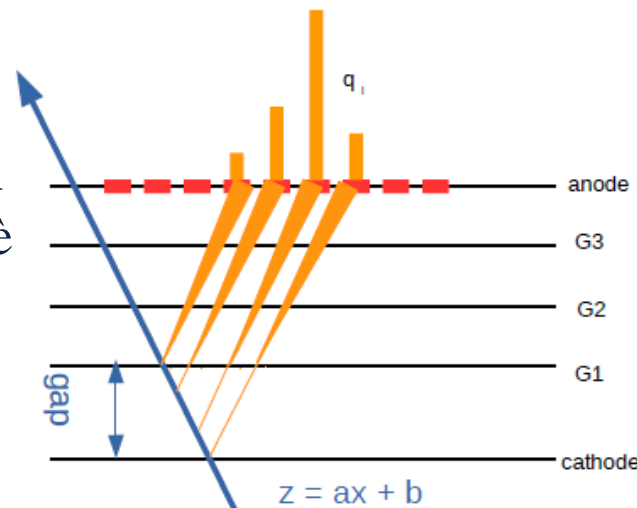


Metodo della μ -TPC

[M. Iodice, JINST, 9 C01017, 2014]

Il Drift Gap funziona come una “micro time projection chamber” e la posizione di ogni ionizzazione primaria è ricostruita conoscendo la velocità di deriva

$$x = \frac{\frac{\text{gap}}{2} - b}{a}$$



I test beam con i prototipi



Dove

- ◇ linea H4 @ SPS, North Area, CERN

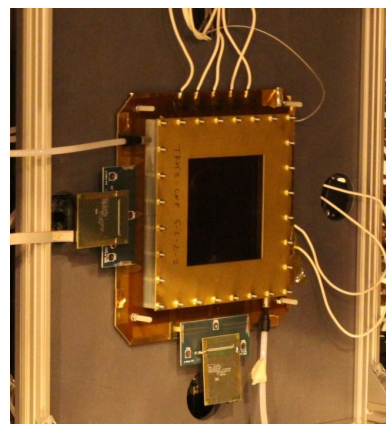
Campo magnetico

- ◇ GOLIATH campo dipolare
- ◇ B in $[-1.5, +1.5]$ T

Fascio

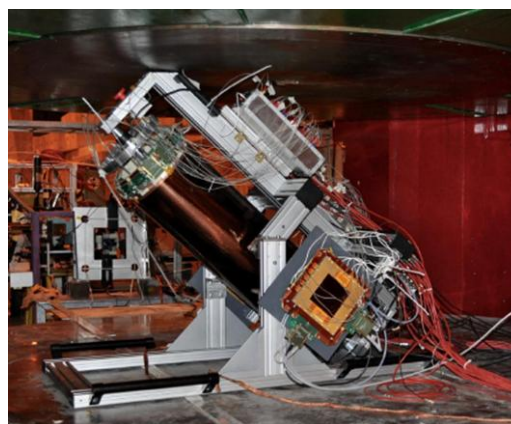
- ◇ muoni/pioni da 150 GeV/c
- ◇ intensità = 2k evts/spill

Prototipi planari



- ◇ 10×10 cm² tripla GEM
- ◇ x/y view
- ◇ strip pitch 650 μ m
- ◇ miscele di gas:
 - ◇ Ar/CO₂ (70/30%)
 - ◇ Ar/Iso (90/10%)
- ◇ ASIC APV-25

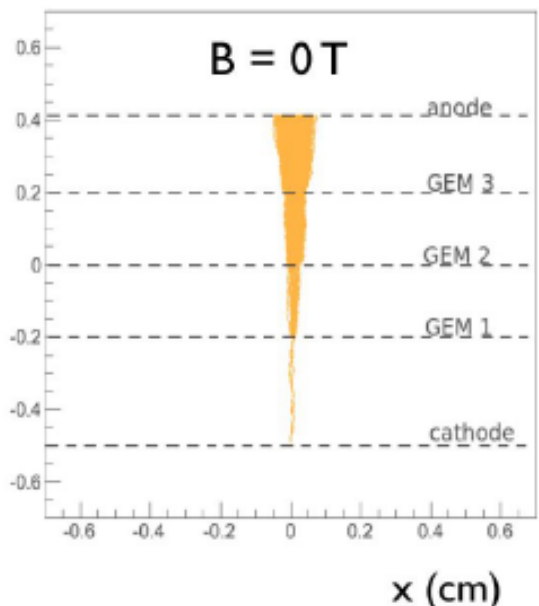
Prototipo cilindrico



Ottobre 2016
primo test su fascio
con la CGEM

- ◇ Ar/CO₂ (70/30%)
- ◇ x & v views
- ◇ 3 mm drift gap

Risultati – tracce ortogonali/B=0



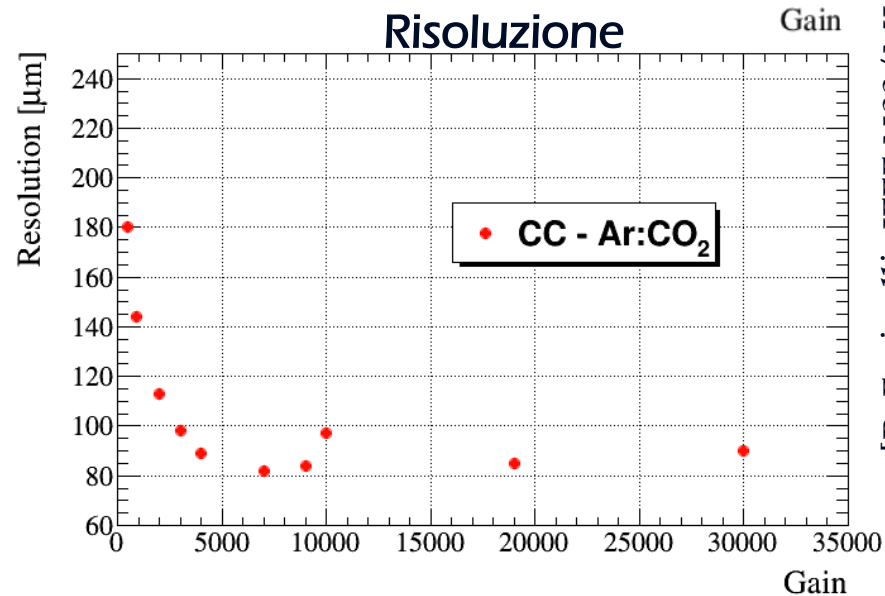
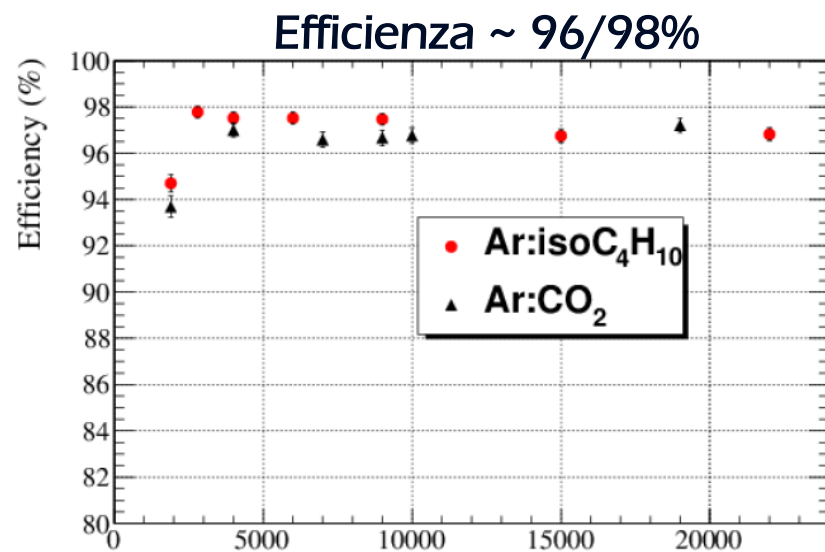
Distribuzione di carica gaussiana



Centroide di carica



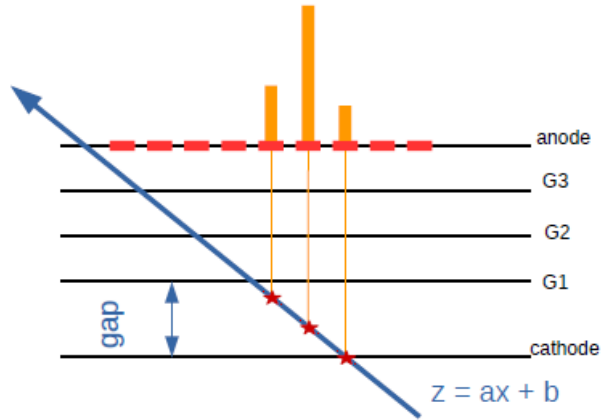
$$\langle x \rangle = \frac{\sum_i x_i q_i}{\sum_i q_i}$$



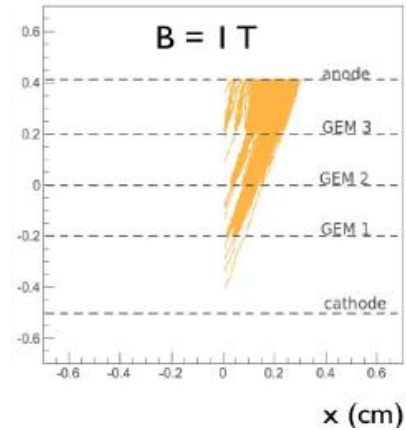
[R. Farinelli, IEEE NSS/MIC Strasbourg, 2016]

...ma in realtà...

Tracce inclinate

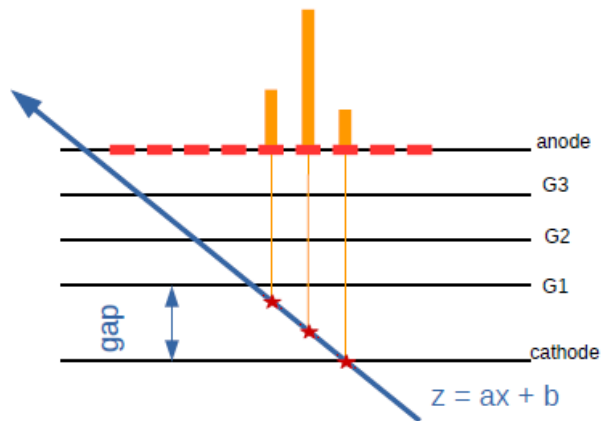


Campo magnetico

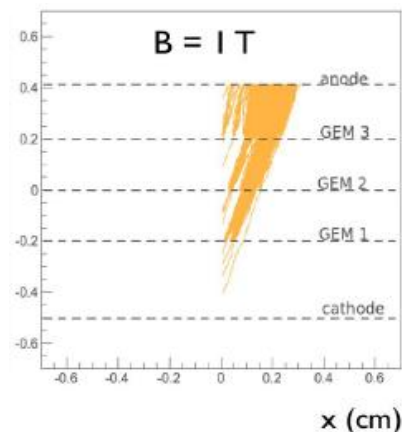


...ma in realtà...

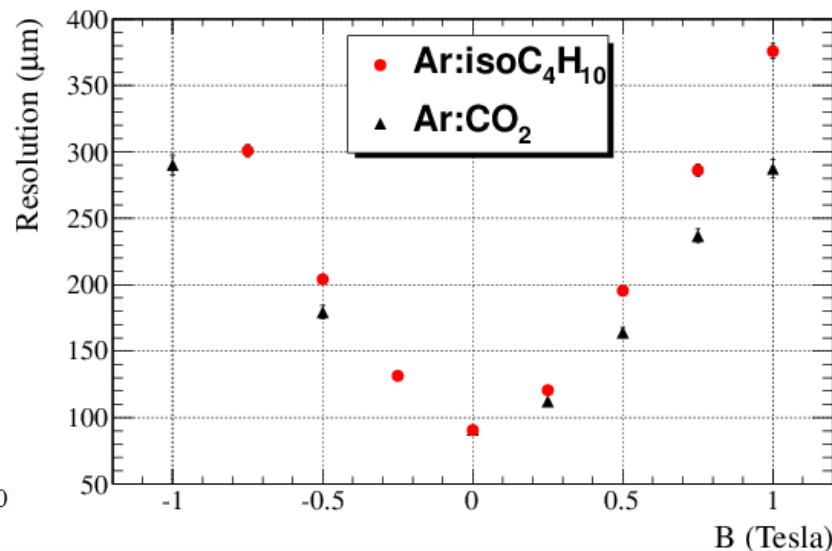
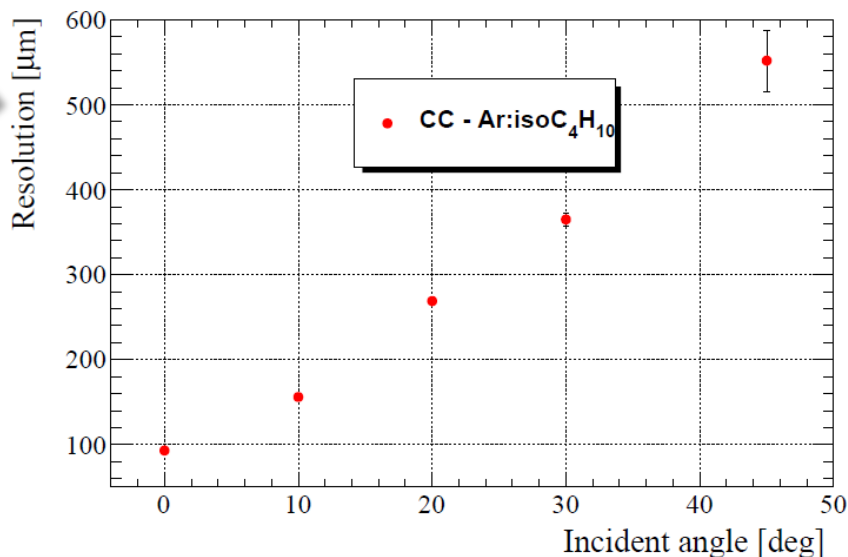
Tracce inclinate



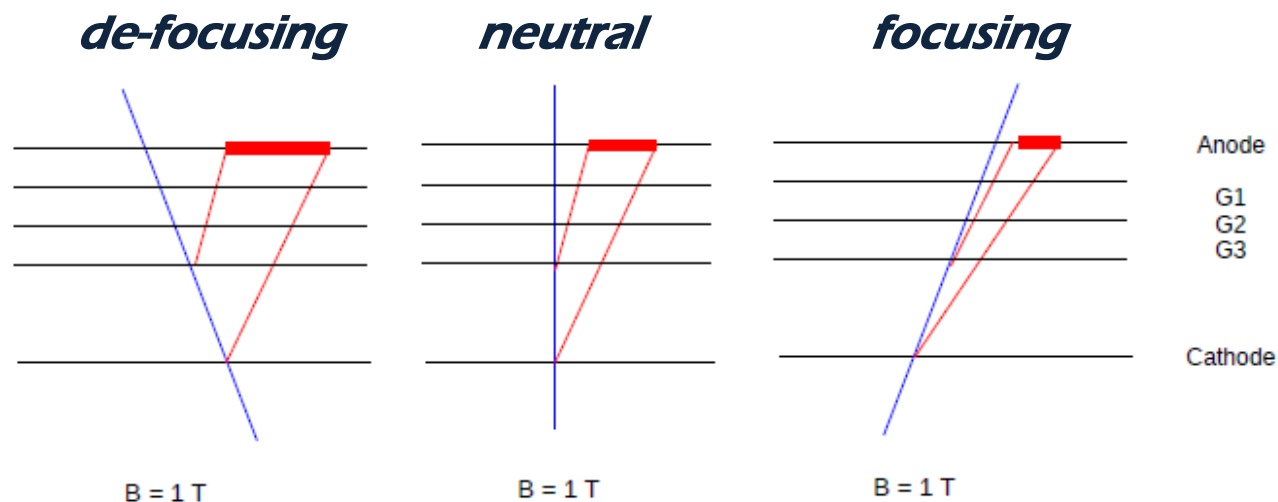
Campo magnetico



la distribuzione di carica si allarga e non è più gaussiana → il CC fallisce

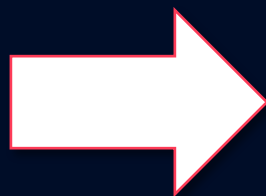


...e l'effetto combinato...



- ◇ *effetto focalizzante*: angoli di Lorentz e di incidenza concordi
→ dimensioni cluster più piccole
- ◇ *effetto de-focalizzante*: angoli di Lorentz e di incidenza discordi
→ dimensioni cluster più grandi

**Il centroide di
carica fallisce**



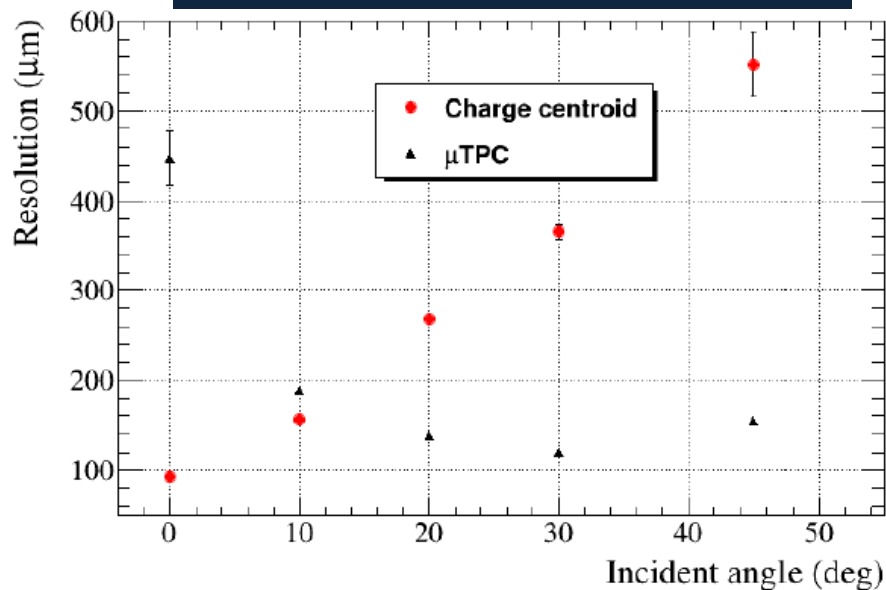
**Metodo
della μ -TPC**



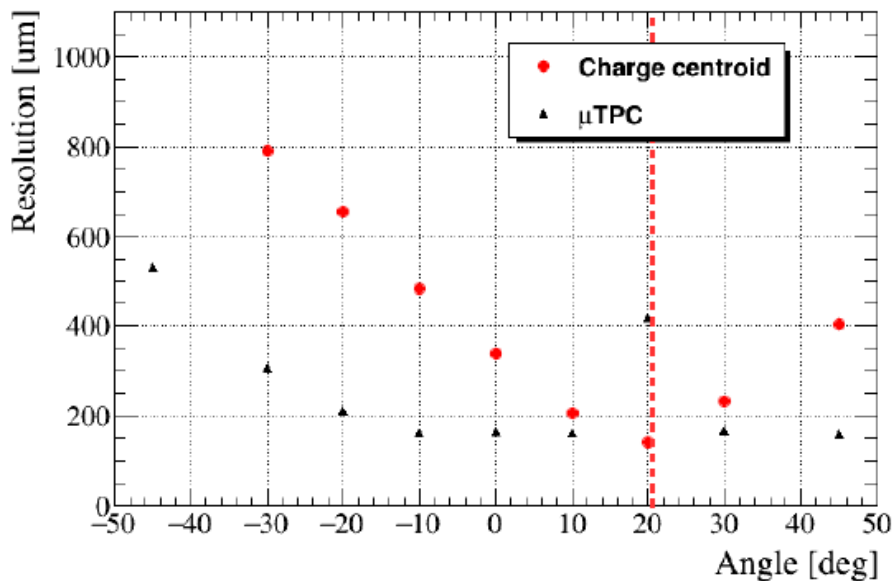
La risoluzione con μ -TPC

CC e μ -TPC sono complementari $\rightarrow$ serve una combinazione dei due metodi

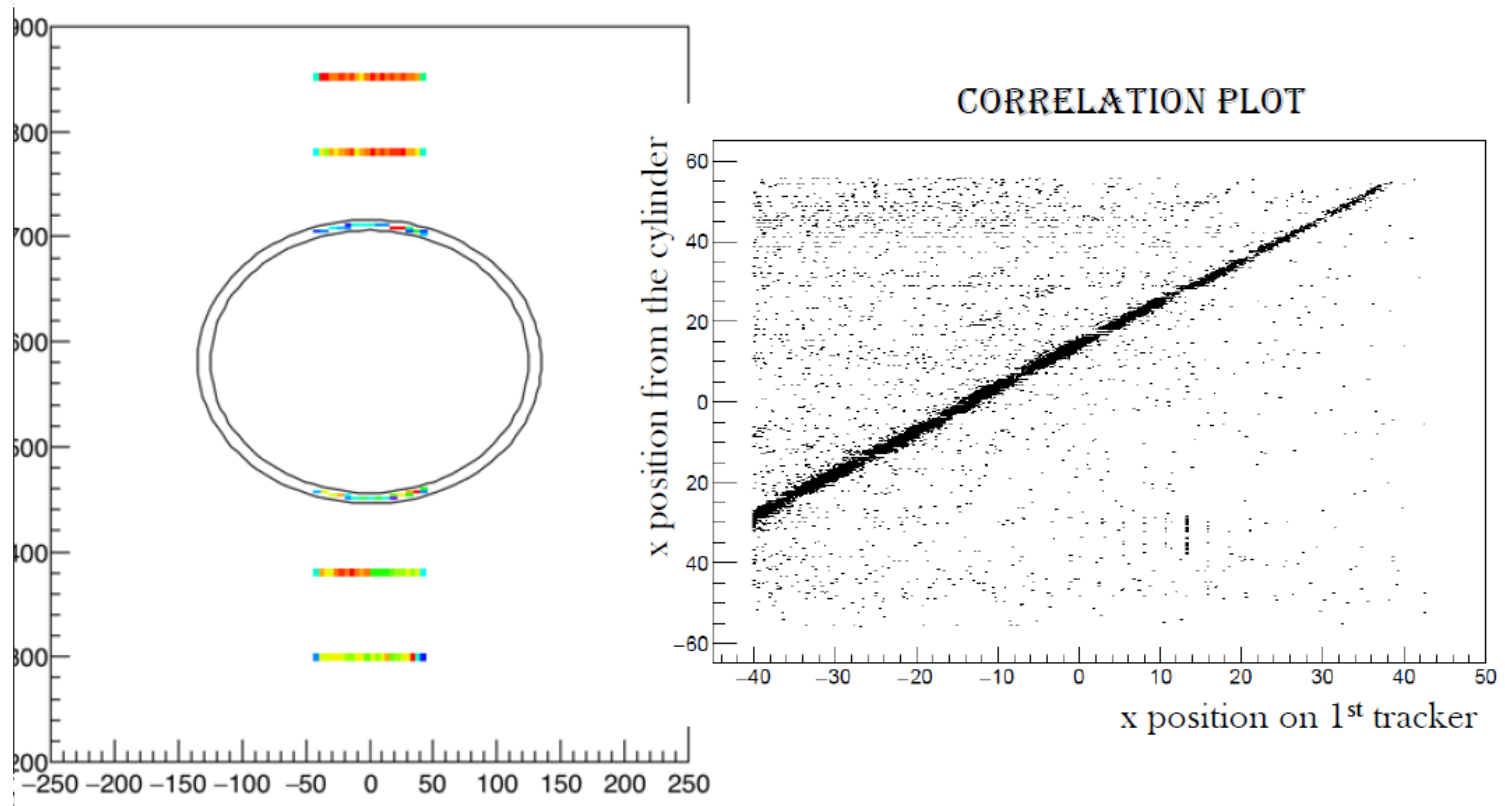
B=0/TRACCE INCLINATE



B $\neq$ 0/TRACCE INCLINATE



Solo qualche immagine dal TB del cilindro



◆ testato sotto condizioni *estreme*:

◆ HV = 400 V su ogni GEM → guadagno 10^5 : **stabile**

◆ fascio di pioni d'alta intensità, fino a qualche decina di kHz/cm²:
nessun picco di corrente

Conclusioni

PLANARI (dai test con/senza campo e con diverse HV):
combinazione di CC e μ -TPC $\rightarrow$ risoluzione voluta di 130 μm in xy

Inizio maggio: un testbeam su fascio di elettroni @ MAMI, Mainz
per valutare la μ -TPC in alta intensità, fino a 10^5 Hz/mm^2

CILINDRO (primo test): grande stabilità con diverse HV e campi

In corso: ulteriori test con il cilindro + costruzione del layer 1

studi di efficienza e risoluzione sono stati condotti sulle planari e
sono in corso sul cilindro

IL CGEM-IT COMPLETO E' IN COSTRUZIONE E SARA'
COMPLETATO NEL 2018

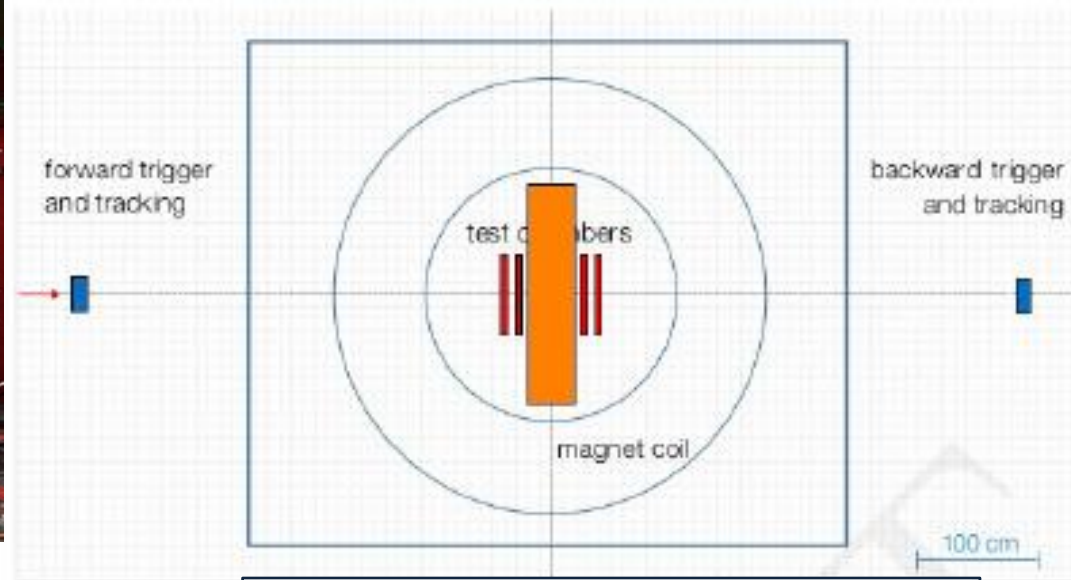
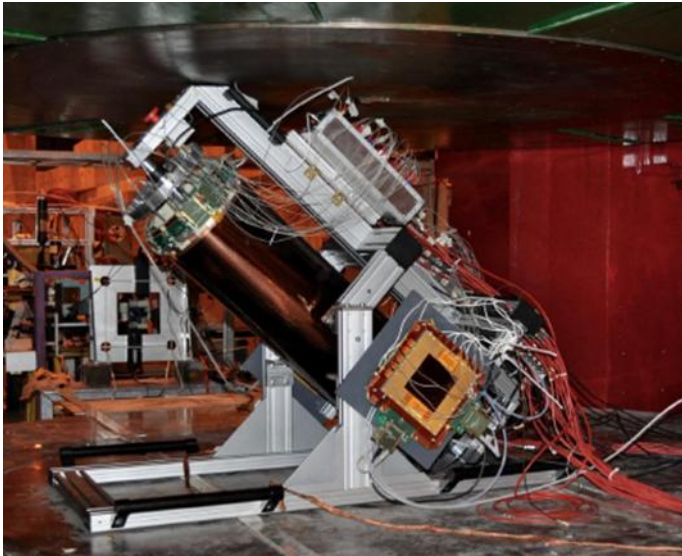


GRAZIE DELL'ATTENZIONE!
(...e se volete c'e' anche un poster)

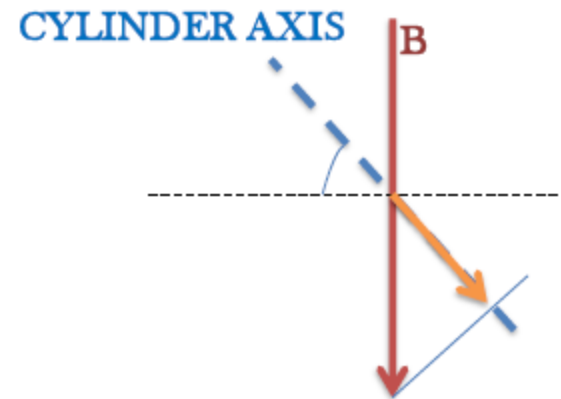
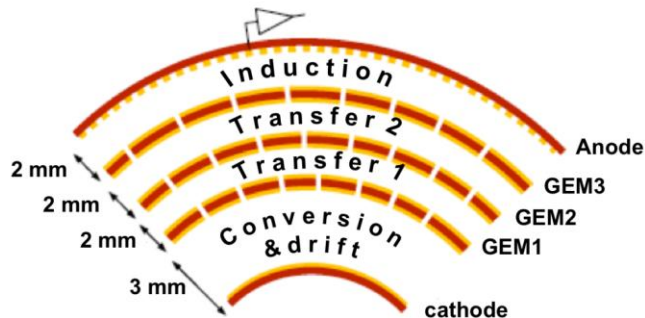


Spare

Cylindrical chamber



- first test with layer 2 prototype
- gas mixture Ar/CO₂ (70/30%)
- x & v views, only x instrumented
- 3 mm drift gap



Inclination = 42°
 $1.5 \text{ T} \times \sin(42^\circ) = 1.00 \text{ T}$
 magnetic field along the axis

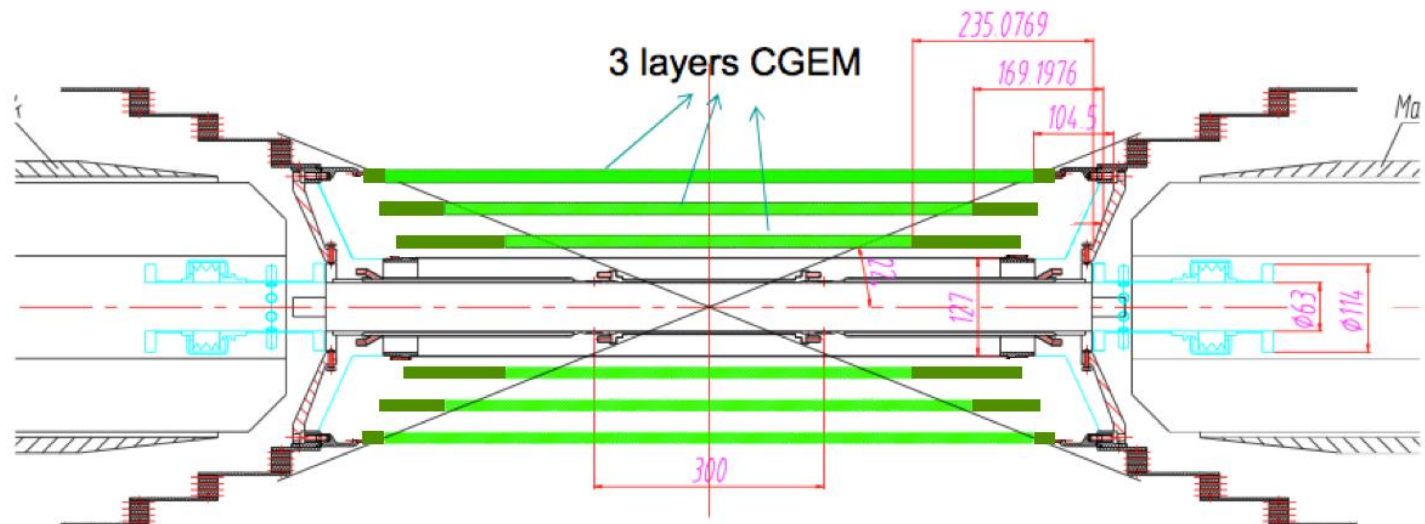
Inner Tracker: the future - CGEM

Cylindrical Gas Electron Multiplier

substitute the 8 inner layers of the MDC with 3 layers of cylindrical triple-GEM

REQUIREMENTS

momentum resolution	0.5% @1 GeV/c
r- ϕ spatial resolution	130 μm
azimuthal coord. res.	1 mm
able to run until	2022



GEOMETRICAL REQUIREMENTS

- inner radius 78 mm
- outer radius 179 mm

- angular coverage 93%
- $X_0 < 1.5 \%$
- particle rate $\sim 10^4 \text{ Hz/cm}^2$

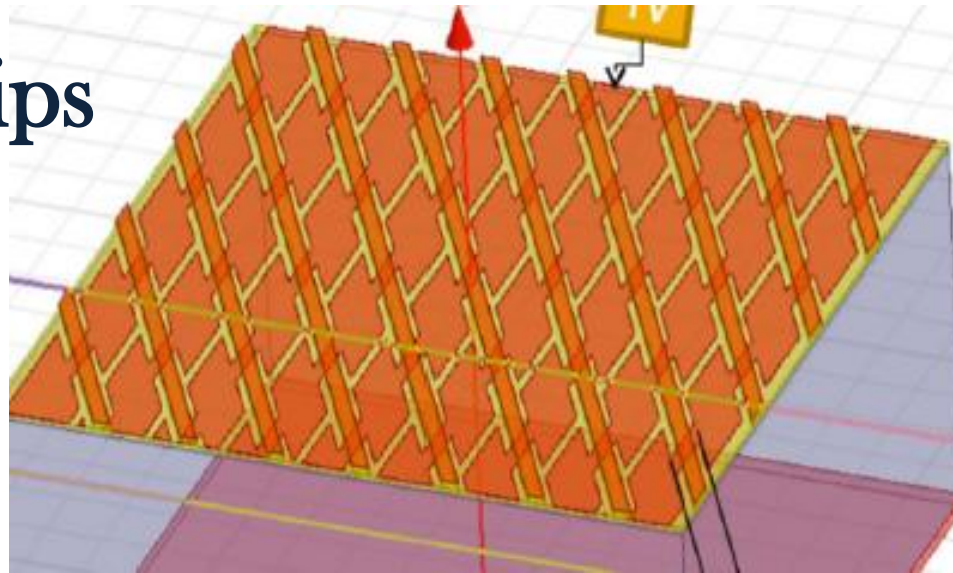
Example of HV and drift field settings

Ar/CO₂ 70/30

3655/3905 V

	Thickness (mm)	Voltage (V)	Field (kV/cm)
Cathode			
Gap	3 or 5	375/625	1.25
G1_TOP			
Gap	0.050	360	72
G1_BOTTOM			
Gap	2	600	3
G2_TOP			
Gap	0.050	360	72
G2_BOTTOM			
Gap	2	600	3
G3_TOP			
Gap	0.050	360	72
G3_BOTTOM			
Gap	2	1000	5
Anode		ground	

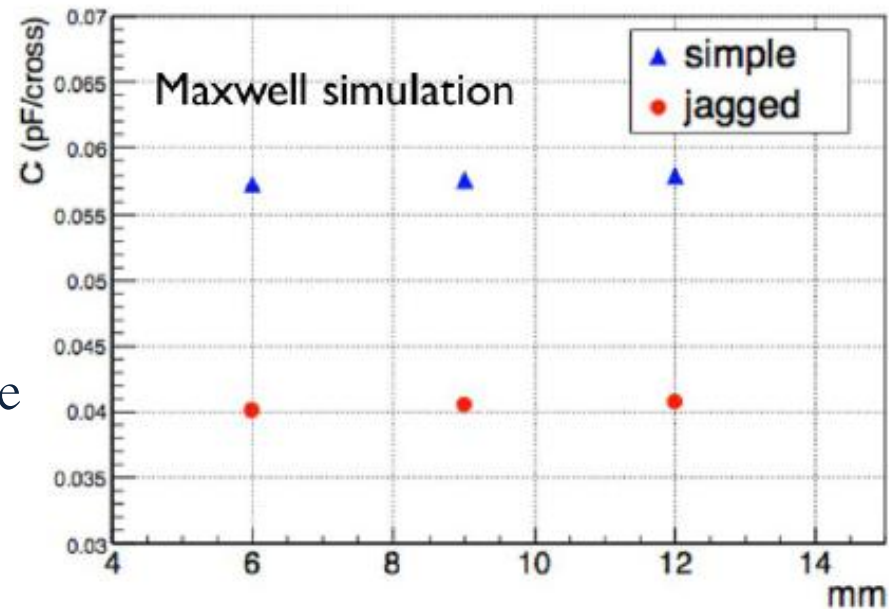
Jagged strips



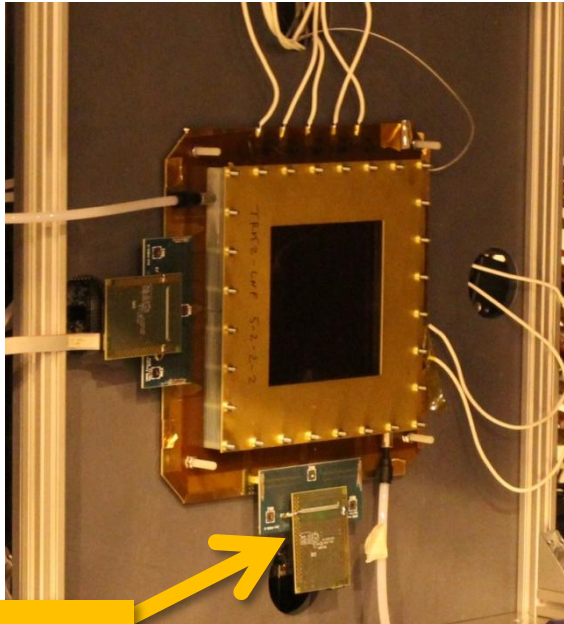
The x strips pitch is shrunk in coincidence of v strip crossings in order to decrease the inter-strip capacitance.

In figure:

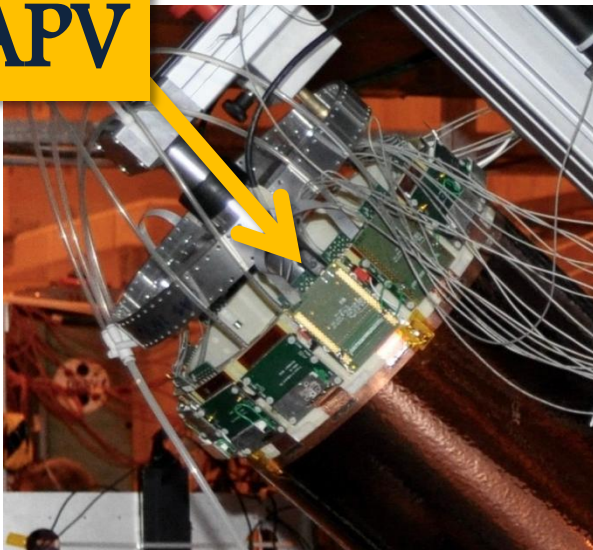
- y axis: value of the capacitance at crossing between x and v strips (pF) from simulations
- x axis: value of the dimensions of the simulated area in MAXWELL



Readout @ testbeams



APV



- The ASIC used for the readout is the APV-25
- Each APV has 128 channels, each one reads the charge and time of an anode strip
- Each channel has a flash-ADC which performs 27 **charge** samplings (one every 25 ns). The highest value is the “hit” charge.
- The number of bins in the charge axis is 2500 bins (-560; +1950)
- A typical event lasts $\sim 100\text{ns}$ ($\rightarrow 4/5$ time bins)

- ASIC = Application Specific Integrated Circuit
- PCB = Printed Circuit Board
- APV = Analogue Pipeline Voltage mode

The plan

Final goal

RESOLUTION

EFFICIENCY

130 μm $\rho\phi$ ~ 1mm z

98%

Tune on

GAIN

$\sim 10^4$

CLUSTER SIZE

contiguous strips firing

What needs to be chosen in advance

GEM HV

DRIFT FIELD

DRIFT GAP

GAS MIXTURE

What to deal with

MAGNETIC FIELD

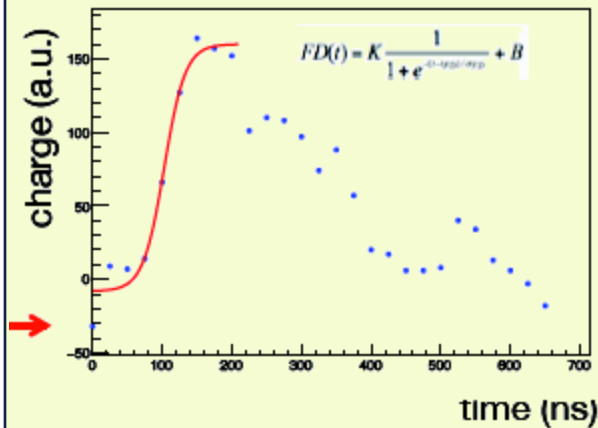
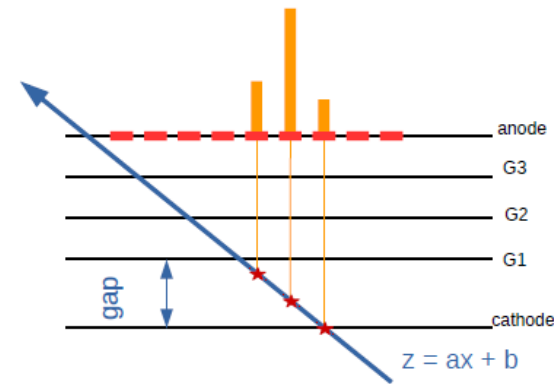
TRACK INCLINATION

Software

RECO ALGORITHMS

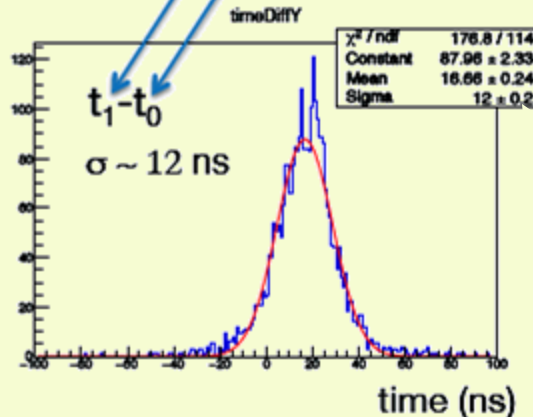
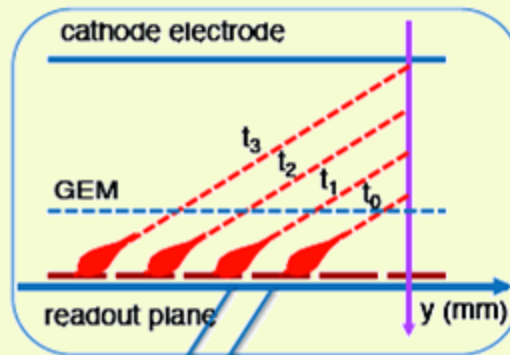
The μ -TPC mode

- inclined tracks and/or magnetic field $\rightarrow$ increased cluster size $\rightarrow$ μ -TPC mode available
- the drift gap is seen as a “*micro* time projection chamber” and the position of **each primary ionization** is reconstructed by knowing the electron drift velocity



STEP 1

$\forall$ strip fit time samples of the charge with a Fermi-Dirac to **extract the t_i**

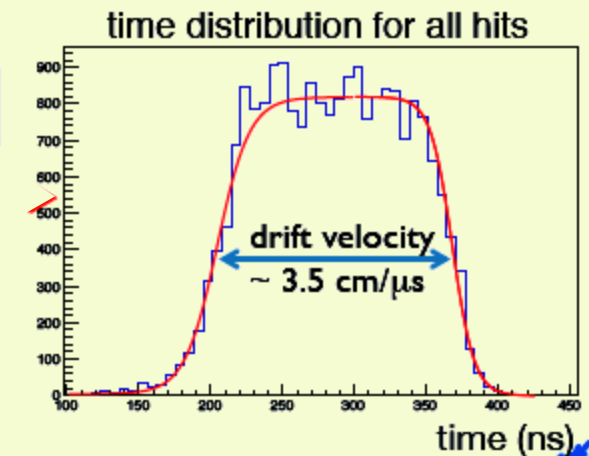


STEP 2

Δt resolution ~ 12 ns

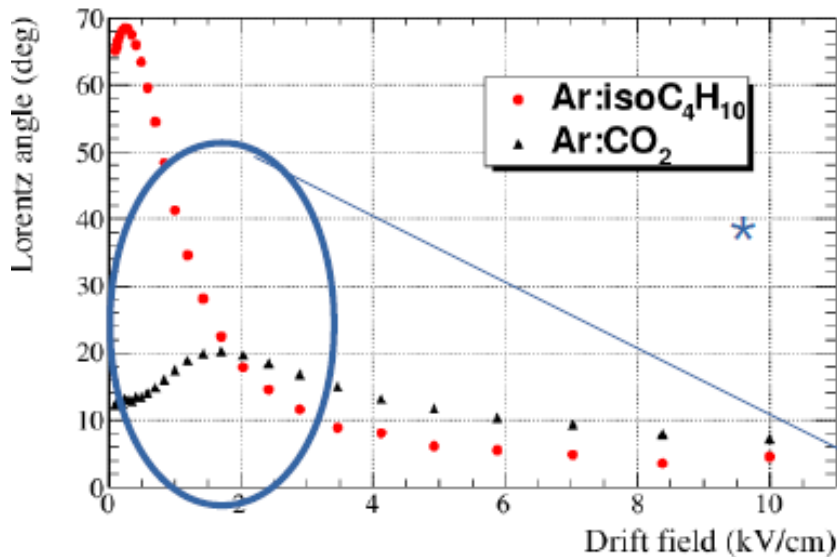
STEP 3

V_{DRIFT} from t_i distribution on 5 mm gap



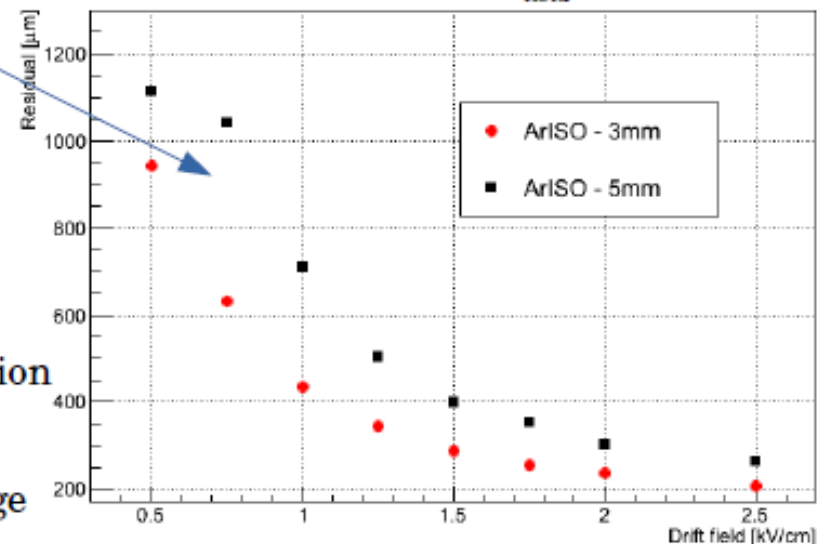
Lorentz angle vs drift field

Optimization of the charge centroid @ 1 Tesla



- Argon-Isobutane (90/10) with high field in the drift region reaches a spatial resolution of $\sim 190 \mu\text{m}$ with magnetic field of 1 T
- The efficiency is flat within those field range

- The behavior of the spatial resolution and the Lorentz angle are similar.
- The worsening of the resolution of the charge centroid is due to the increasing of the Lorentz angle.
- The drift field has to be increased to reduce the displacement of the B_{field}



* Data from
Garfield
simulations

