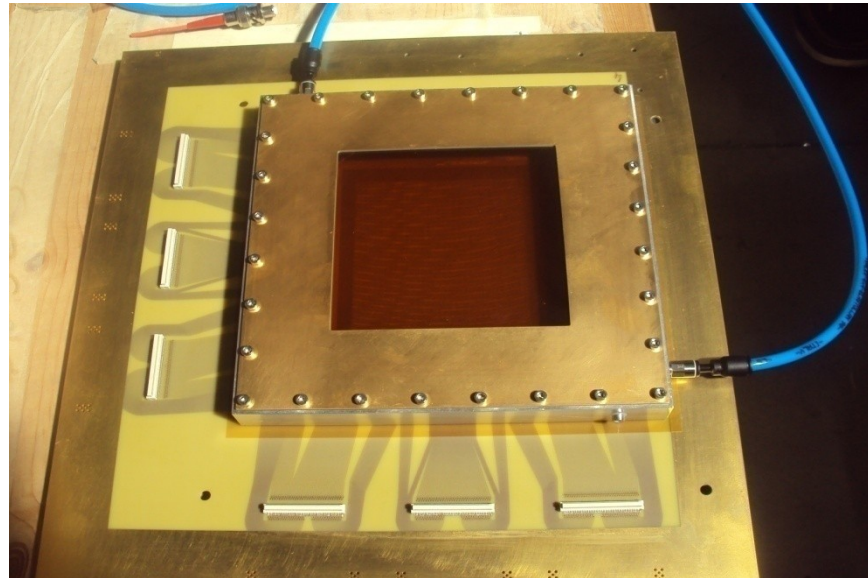
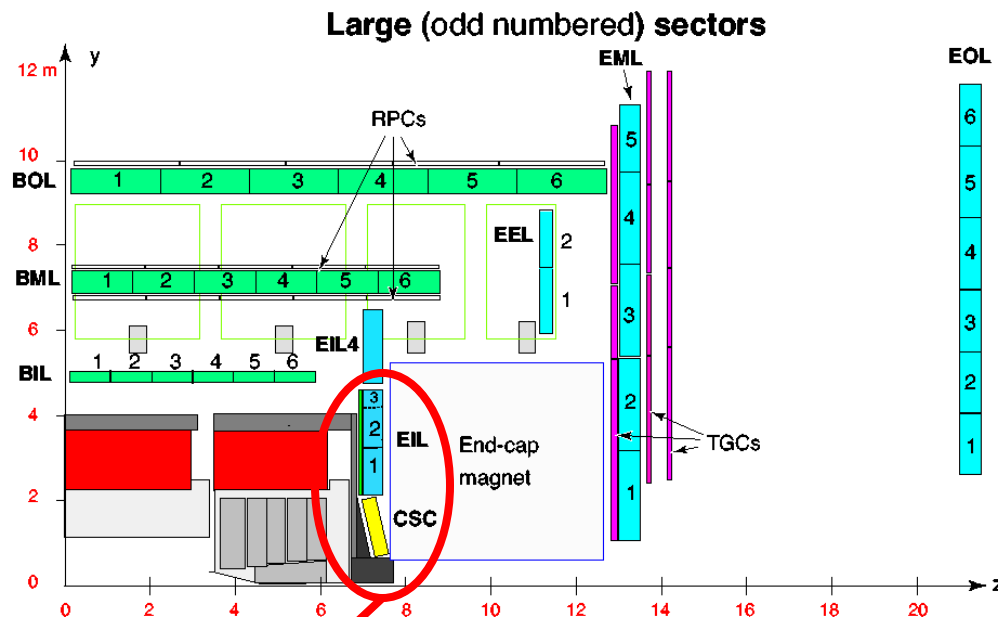


# Studi di performance sui rivelatori MicroMegas



# La New Small Wheel

I rivelatori MicroMegas sono una delle tecnologie scelte per l'upgrade delle Small Wheels dello spettrometro a muoni di ATLAS, in vista dell'aumento di luminosità di LHC.



Small Wheel  
( $|\eta| = 1.3 - 2.7$ )

## Motivazioni per la NSW:

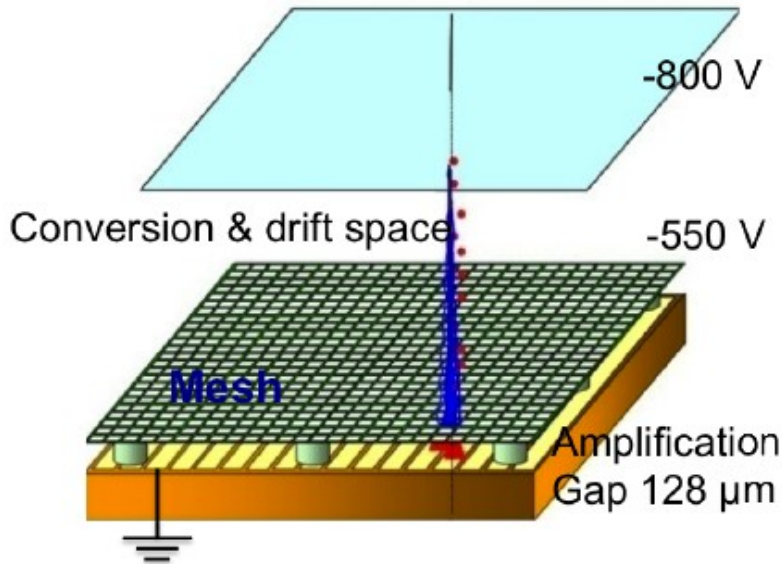
- Deterioramento delle performance a causa dell'elevato flusso di particelle nella regione Endcap del rivelatore  $\Rightarrow$  perdita in efficienza e in risoluzione.
- Alto rate di fake triggers  $\Rightarrow$  alzare la soglia in  $p_T \Rightarrow$  perdita di eventi potenzialmente interessanti.



- Rivelatori più resistenti alla radiazione
- Migliorare la risoluzione in  $p_T$
- Includere la NSW nel trigger di L1 per ridurre il rate di fakes

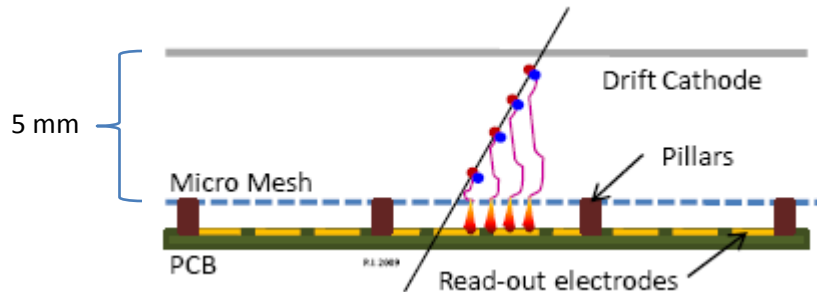
# I rivelatori MicroMegas

Y.Giomataris, Ph. Rebourgeard, J.P Robert and G. Charpak  
NIM A376 (1996) 29



- Particelle cariche ionizzano il gas , Ar:CO<sub>2</sub> (93:7)
- Drift verso la mesh ( $E_d \sim 100\text{-}500 \text{ V/cm}$ ).
- Generazione della valanga ( $G \sim 10^4$ ).
- $E_{\text{ampl}} \sim 40\text{-}60 \text{ kV/cm}$ .
- La carica si raccoglie sull'elettrodo di lettura, finemente segmentato (pitch = 0.4-0.5 mm).
- Gli ioni prodotti raggiungono la mesh in un tempo di  $\sim 100 \text{ ns} \Rightarrow$  le MM possono sopportare un alto flusso di particelle.

## Principio di funzionamento



$\mu$ TPC: Misura del tempo di deriva di ciascun elettrone che raggiunge le diverse strip

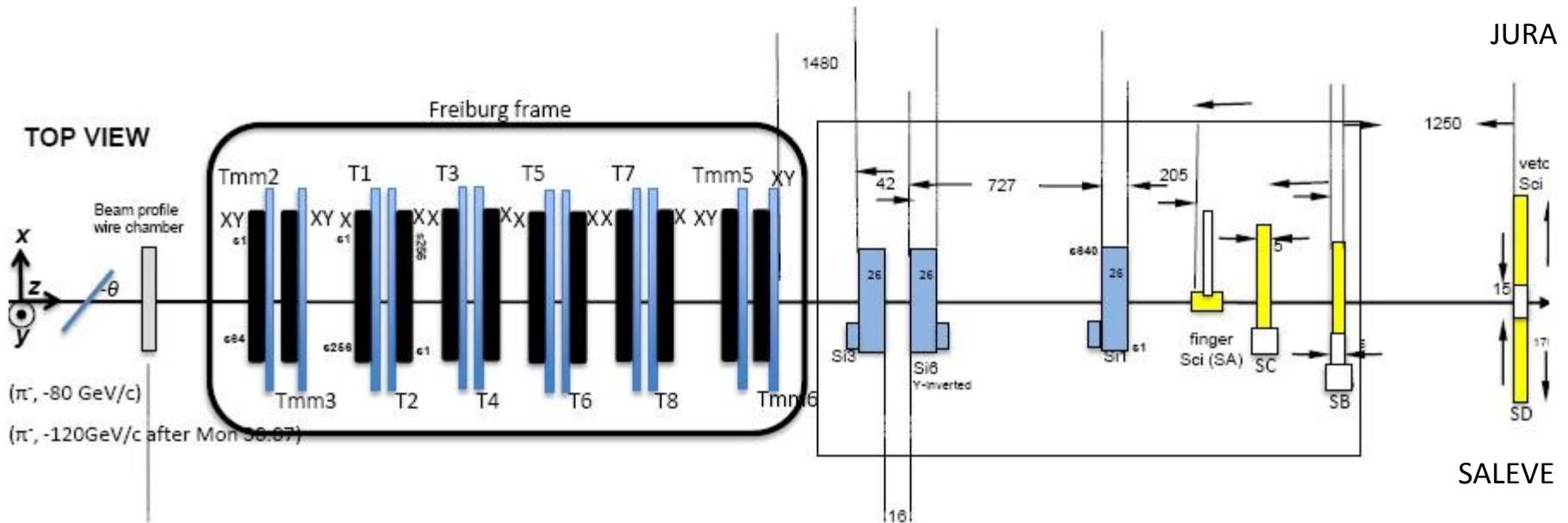


ricostruzione locale della traccia

# Studi di performance: Test beam

In ATLAS studi di performance su MicroMegas vengono portati avanti da diversi anni dalla collaborazione MAMMA (Muon ATLAS MicroMegas Activity).

Nel 2012 diversi test beam sono stati effettuati al CERN con un fascio di pioni ( $E_{\pi} = 120 \text{ GeV}/c$ ) estratto dall'SPS.

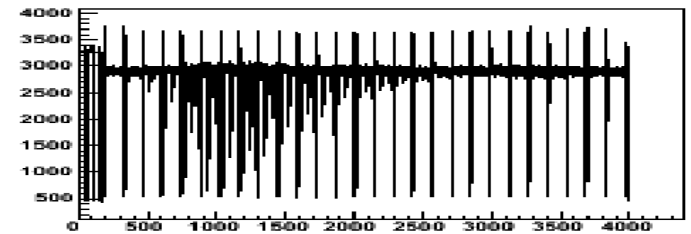
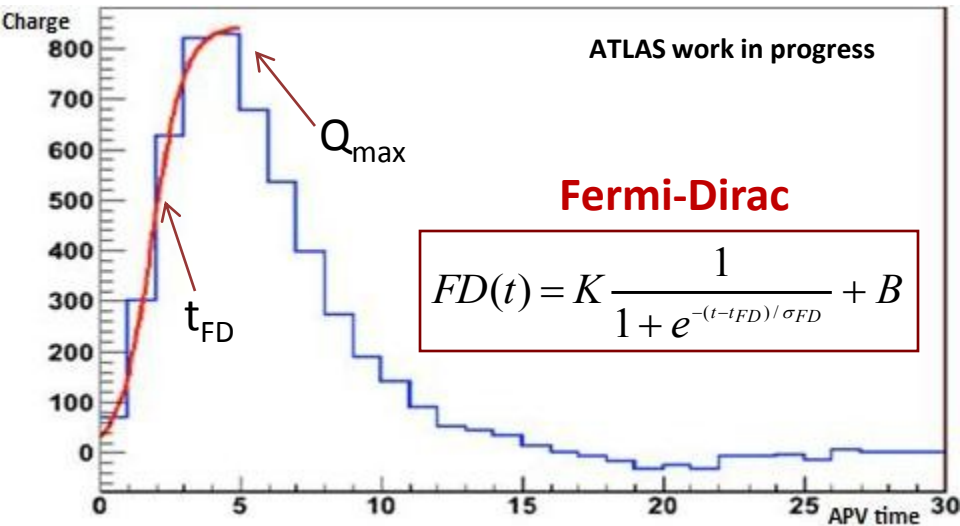


Info: Camere Tmm2-6, Pitch=0.250 mm, Strip\_width=0.150 mm, Drift gap=5 mm

Info: Camere T1-T8, Pitch=0.400 mm, Strip\_width=0.300 mm, Drift gap=5 mm

# Risoluzione temporale

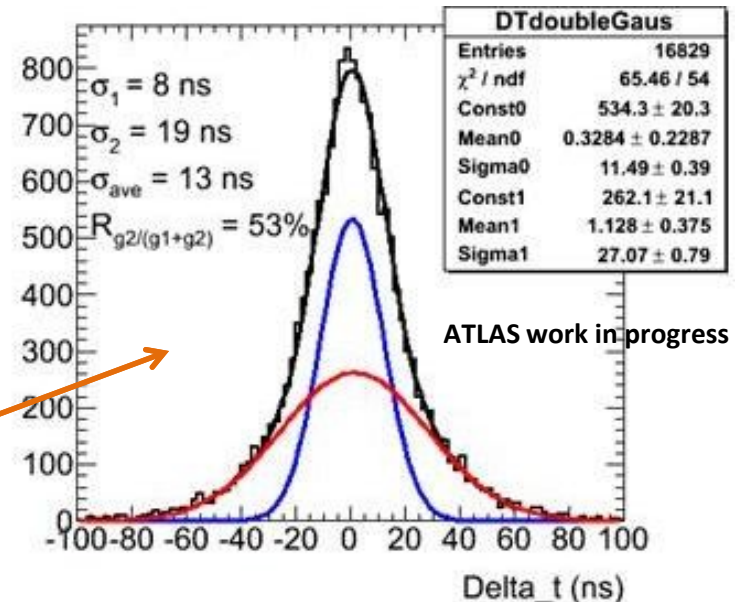
- Ogni camera veniva acquisita mediante uno o più APV25<sup>1</sup>: integrazione della carica in unità di tempo di 25 ns (*apv time*)



- Evento per evento eseguiamo un fit con la funzione di Fermi-Dirac alla forma del segnale della strip e ne estraiamo il  $t_{FD}$ .
- Differenza di tempo tra due camere poste in configurazione “back-to-back” (per sottrarre il jitter temporale dell’evento):

$$\sigma_t = \frac{\sigma(t_{FD(chamber2)} - t_{FD(chamber1)})}{\sqrt{2}}$$

Time difference:  $t(\text{chamber2}) - t(\text{chamber1})$



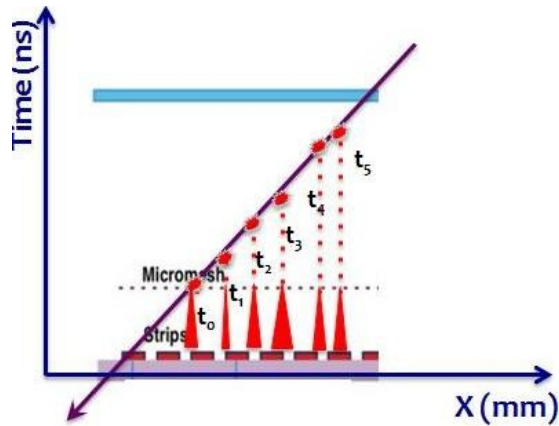
[1] L. Jones et al., Proceedings of 5th workshop on electronics for LHC experiments, CERN/LHCC/99-09,162-166

# Ricostruzione dell'angolo

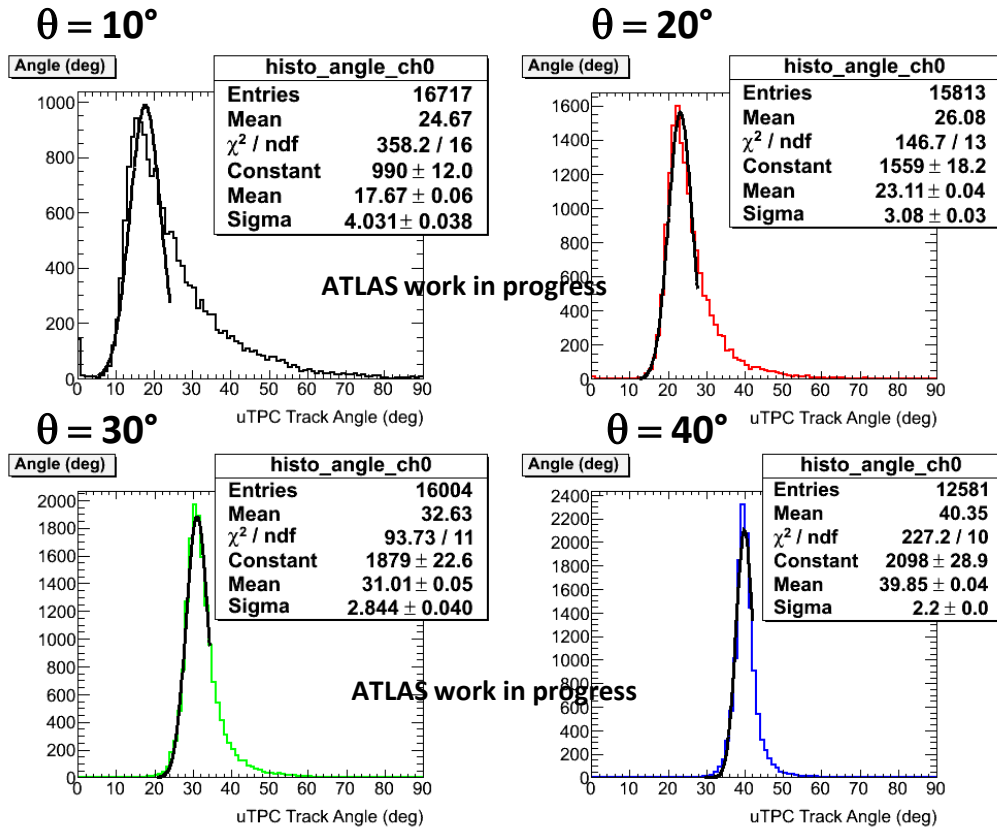
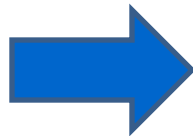
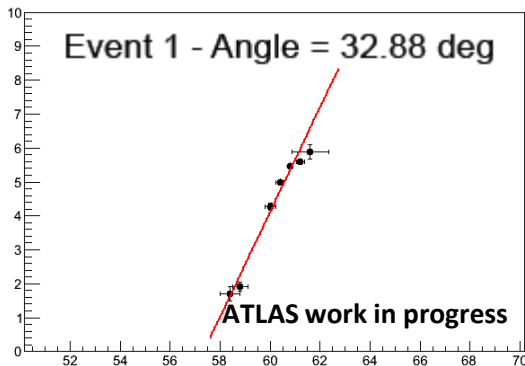
I muoni dal punto di interazione incidono sulla MicroMegas con  $8^\circ < \theta < 35^\circ$  rispetto alla normale al piano.

## Strategia:

1. Raggruppare le strips ( $x_i$ ) con segnale in un cluster
2. Individuare il tempo ( $t_i$ ) di ciascuna strip del cluster  $\rightarrow$  fit con Fermi-Dirac
3. Eseguire un fit rettilineo ai diversi punti ( $x_i, z_i = v_{\text{drift}} * t_i$ ) del cluster  $\Rightarrow \theta = \text{atan}(z/x)$



uTPC tracklet



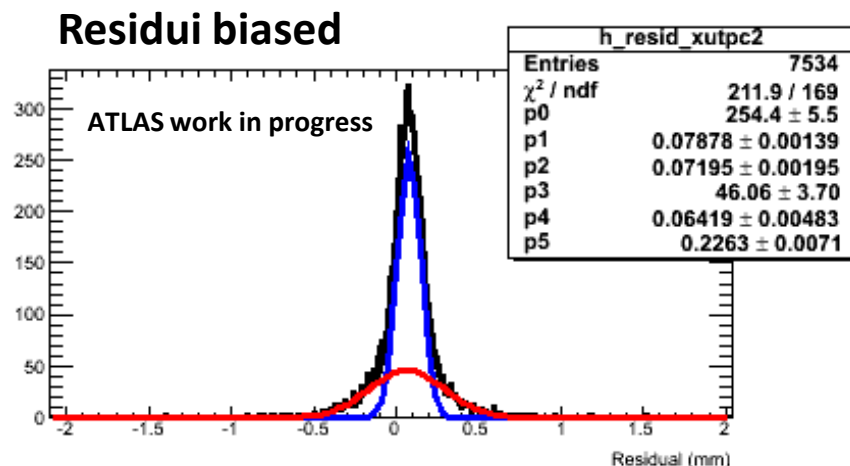
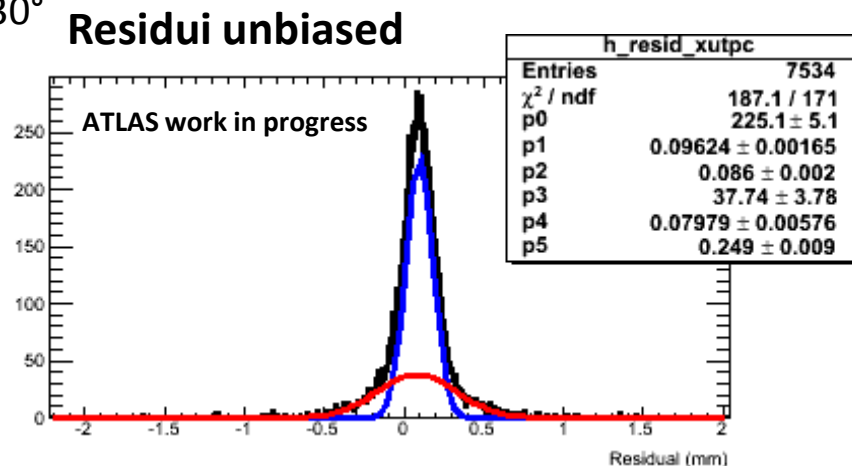
# Risoluzione spaziale

Una delle richieste cui devono soddisfare tali rivelatori per poter entrare nel trigger muonico di L1 di ATLAS è una risoluzione spaziale dell'ordine di 100  $\mu\text{m}$ .

## Strategia:

1. Costruire una traccia con 7 delle 8 camere MM in acquisizione
2. Costruire il segmento di traccia nell'unica camera rimasta fuori dal fit (Fit in modalità  $\mu\text{TPC}$ ) e calcolarne i residui rispetto alla traccia di cui al punto 1):  $\sigma_{\text{unbiased}}$
3. Ripetere il procedimento includendo gli hit della camera nel fit della traccia:  $\sigma_{\text{biased}}$
4. Determinare la risoluzione spaziale come<sup>1</sup>  $\sigma = \sqrt{\sigma_{\text{biased}} \cdot \sigma_{\text{unbiased}}}$

$\theta = 30^\circ$



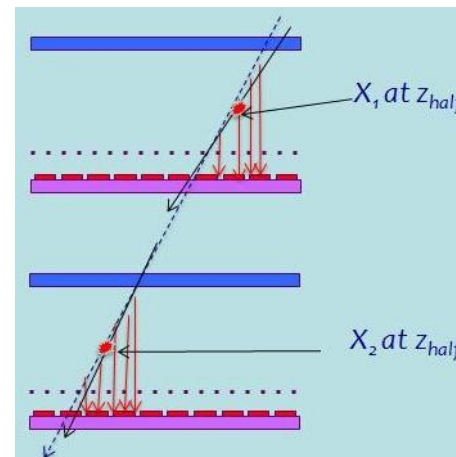
Biased-unbiased geometrical average:  
 Narrow gauss: 79  $\mu\text{m}$   
 Large/narrow weighted: 133  $\mu\text{m}$



[1] R. K. Carnegie et al., Nucl. Instr. and Meth. A 538 (2005) 372-383

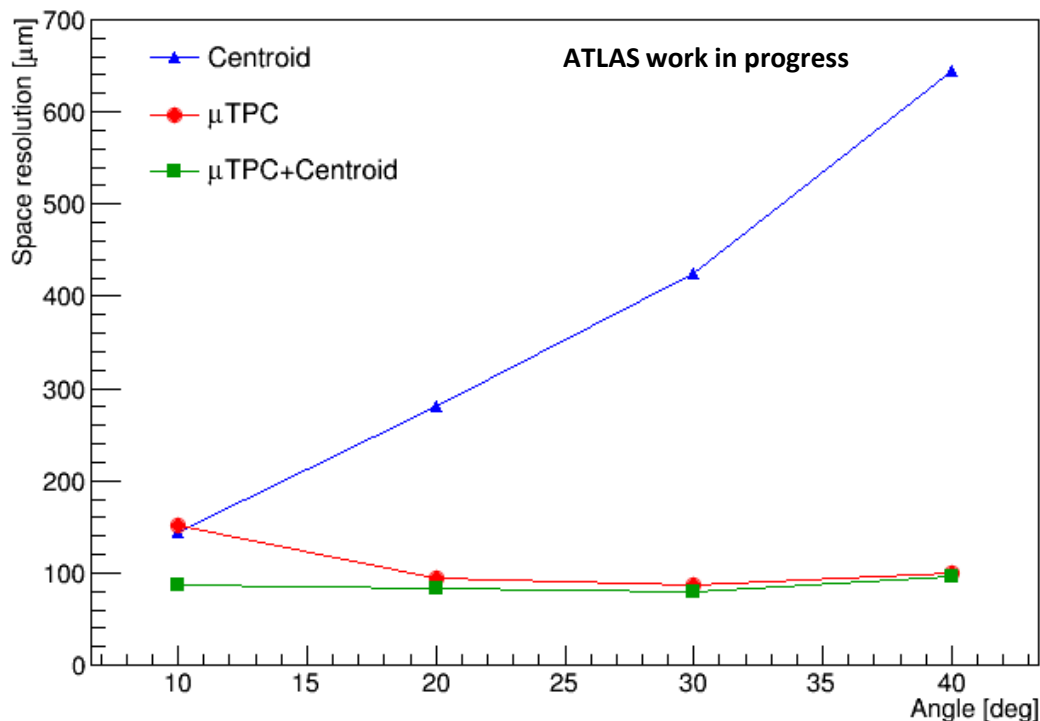
- Risultati del tutto compatibili si ottengono ricostruendo il segmento di traccia singolarmente in due camere con stessa orientazione ed estrapolandolo ad  $z_{half}$  :

$$x_2(z_{half2}) - x_1(z_{half1})$$



## Risultati:

Space resolution



Combinando opportunamente\*  $\mu$ TPC e centroide di carica otteniamo una risoluzione dell'ordine dei 100  $\mu$ m a tutti gli angoli.

\*Media pesata delle due metodologie di ricostruzione della traccia, con un peso dipendente dal numero di strip del cluster



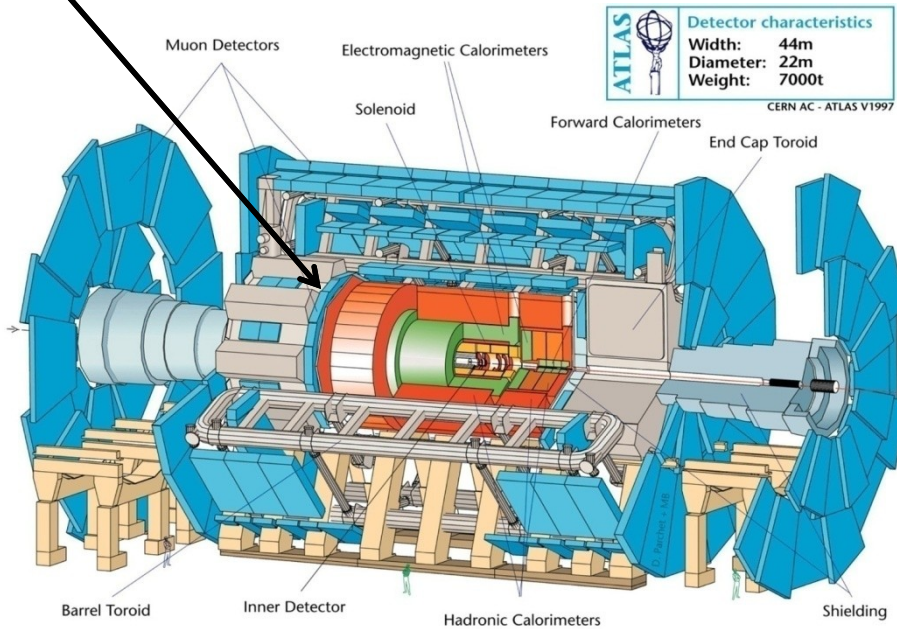
# Bibliografia

- [1] CERN-LHCC-2011-012 / LHCC-I-020, 30-11-2011 , *Letter of Intent for the Phase-I Upgrade of the ATLAS Experiment.*
- [2] I. Giomataris, Nucl. Instr. and Meth. A 423 (1999) 32.
- [3] P. Iengo, *Development of Muon Chambers Based on Micromegas Technology for the Upgrade of the ATLAS Experiment for SLHC*, in: Oral Presentation at the IEEE NSS-MIC Conference, 19–25 October, 2008, Dresden, Germany.
- [4] T. Alexopoulos et al., *A spark-resistant bulk-micromegas chamber for high-rate applications*, Nucl. Instrum. Meth. A 640 (2011) 110.
- [5] J.Galan, *Ageing studies of resistive Micromegas detectors for the HL-LHC*, in: Oral presentation at the 13th Vienna Conference on Instrumentation, 11-15 February 2013.

# BACKUP

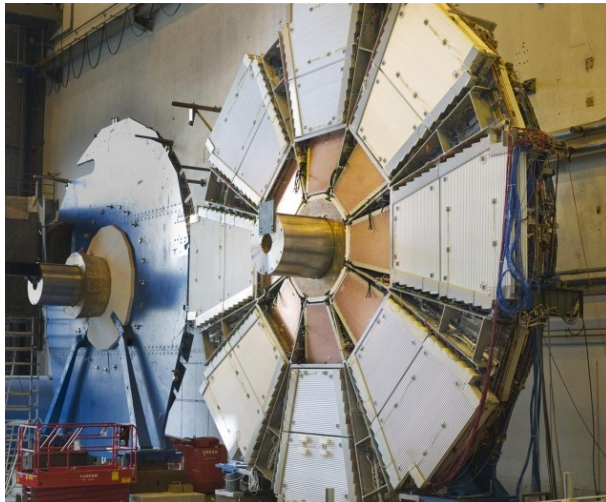
# New Small Wheel

NSW

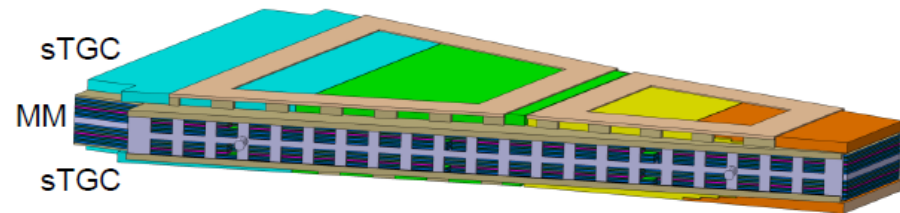


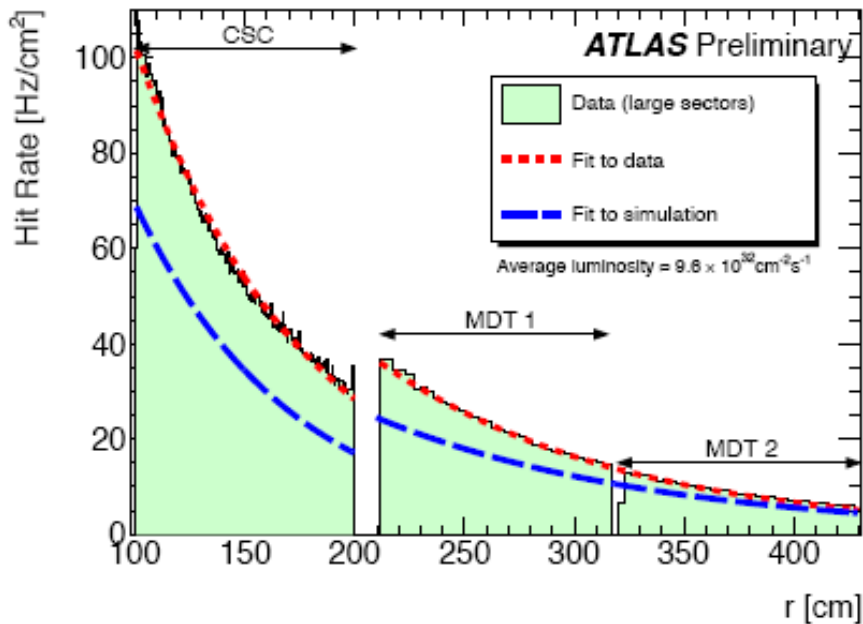
Performance requirements:

- Rate capability: 10 kHz/cm<sup>2</sup>
- Spatial Resolution: 100 μm/track segment
- Angular resolution: 0.3 mrad/segment



## Proposal





Rate massimo di MDT ~ 20 kHz alla luminosità nominale.

$$200 \text{ kHz} / \text{tubo} \approx 510 - 770 \text{ Hz} / \text{cm}^2$$

Da confrontare con i ~14 kHz/cm<sup>2</sup> aspettati al termine dell'Upgrade di Fase II

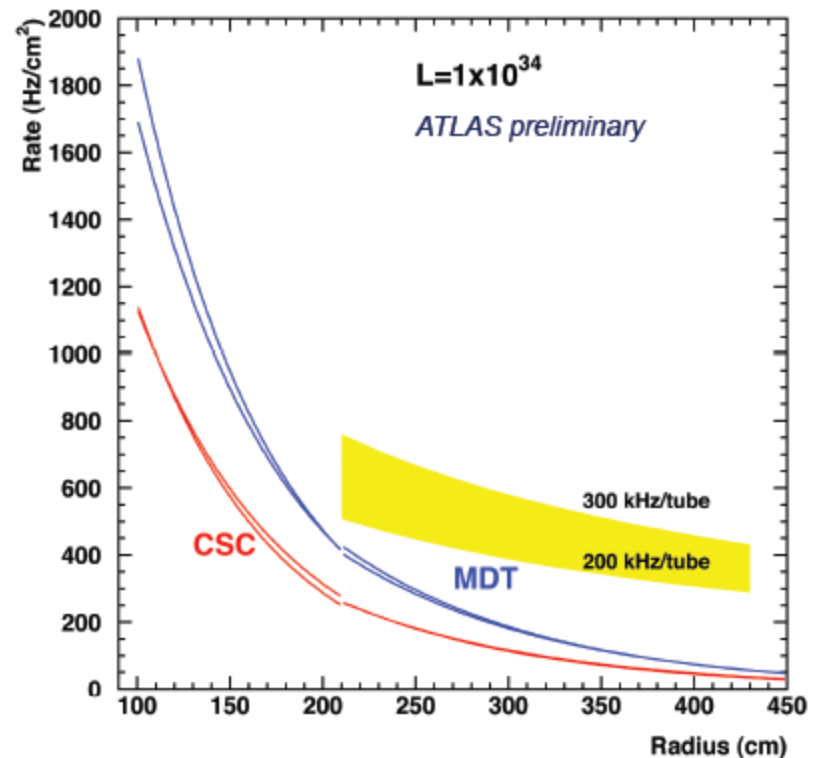


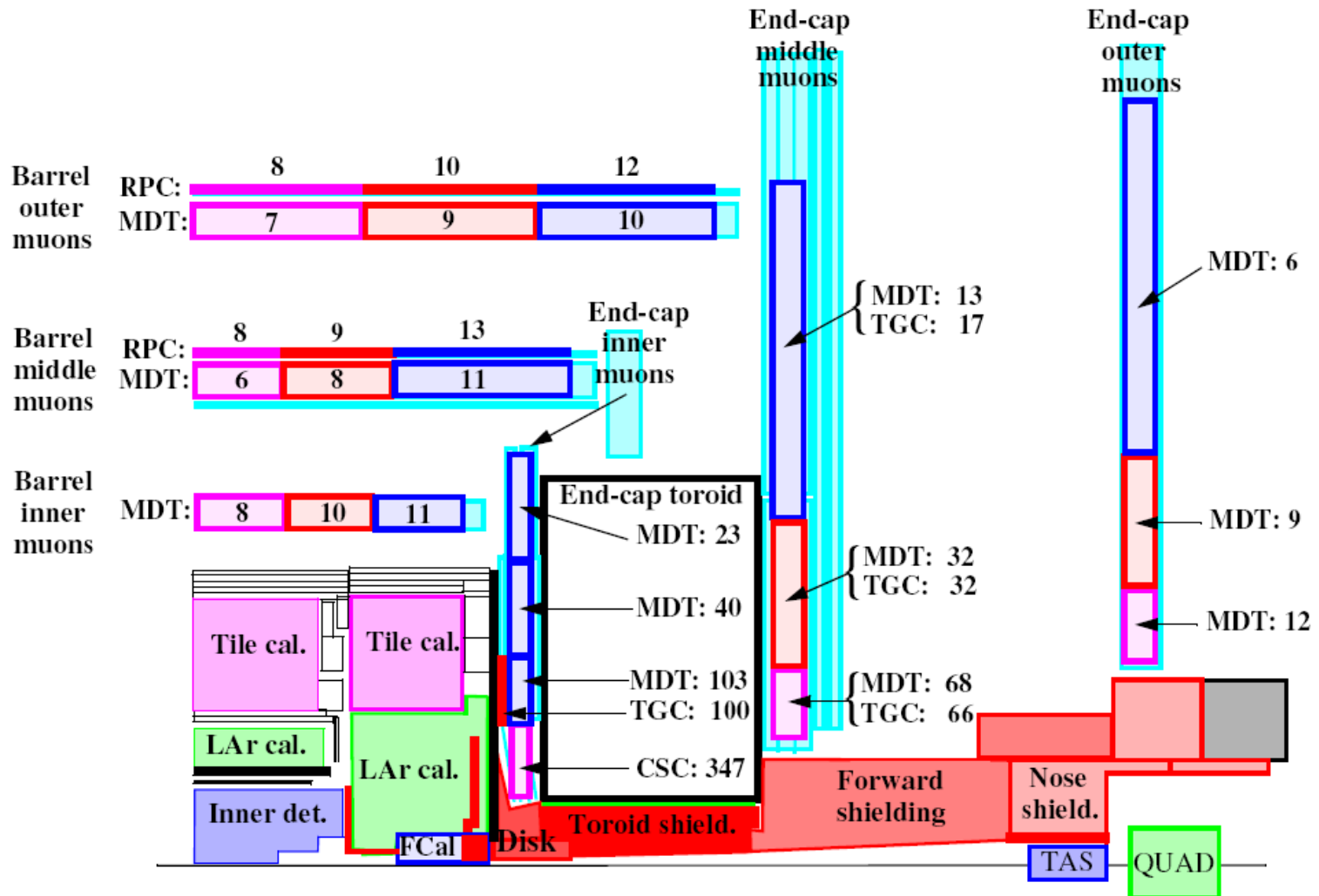
Gli MDT continuerebbero a funzionare ma c'è poco margine.

Accordo dati-simulazione

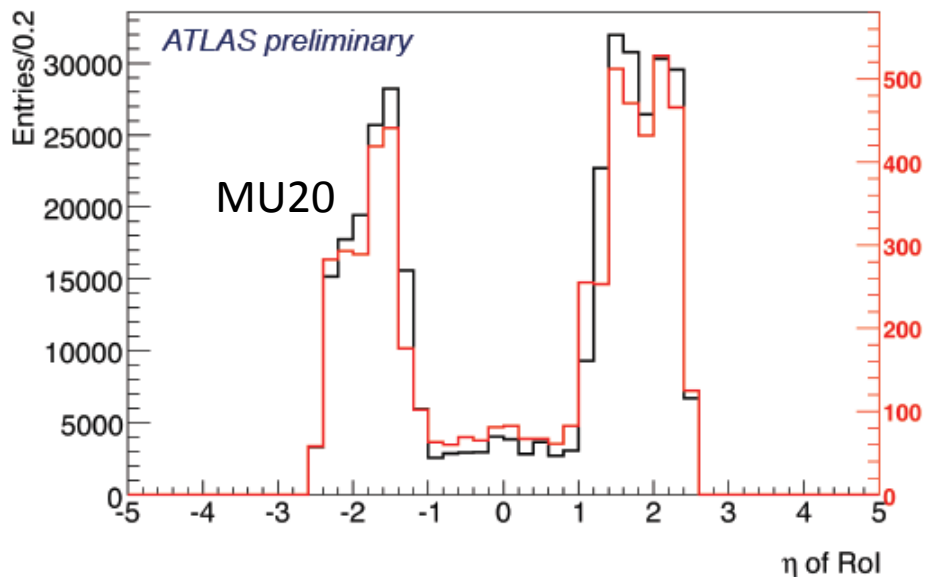


Stima del fondo nella Small Wheel in funzione della distanza radiale dai fasci di protoni.



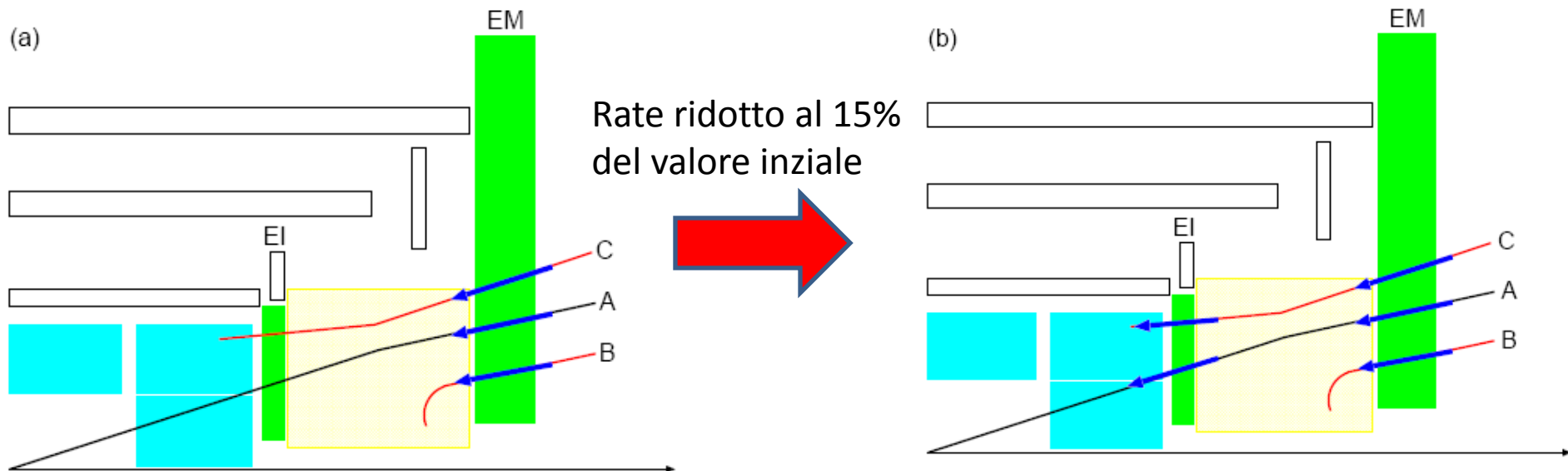


Counting rate aspettato ( $\text{Hz}/\text{cm}^2$ ) nello spettrometro a muoni di ATLAS alla luminosità nominale



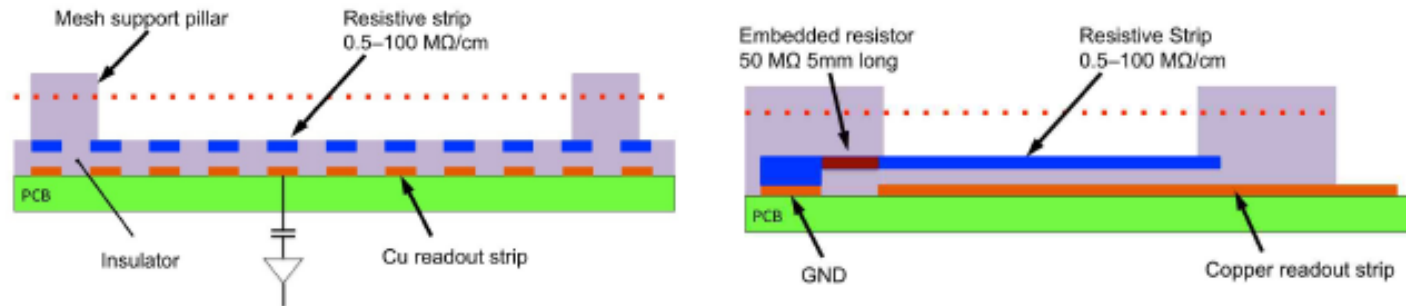
L1 rate negli Endcaps  $\sim 6-7$  volte maggiore di quello nel Barrel:

Fake triggers: protoni di basso momento prodotti dalla collisione di neutroni di alta energia con il materiale del toroide.



# Sparking protection scheme

- Spark (@Raether limit= $10^7$  elettroni prodotti, tra le altre, anche dalle interazioni di neutroni nel gas e nel materiale del rivelatore)  $\Rightarrow$  caduta di tensione sulla mesh  $\Rightarrow$  tempo morto



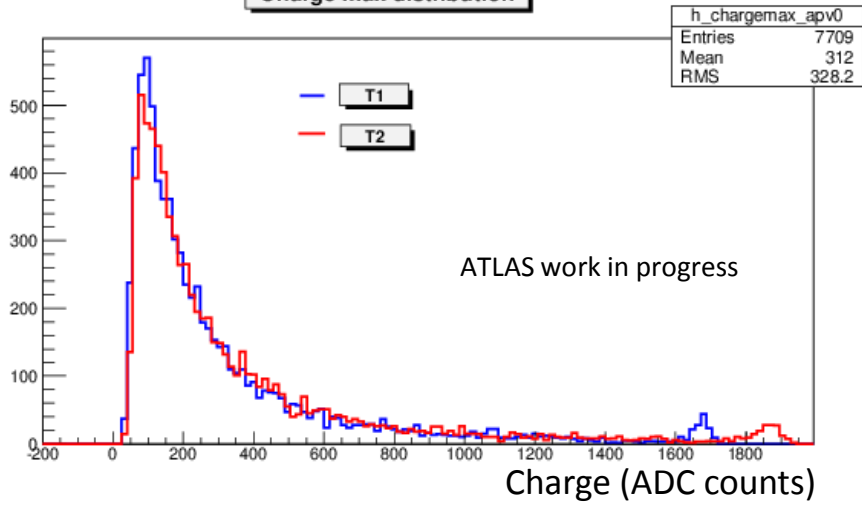
La carica creata nella regione di amplificazione non viene vista direttamente dall'elettrodo di lettura



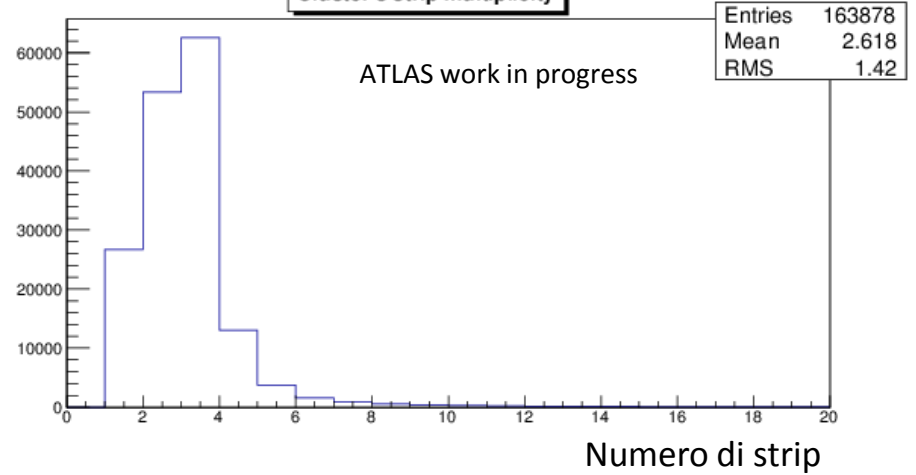
Il rate delle scariche è pressocchè lo stesso, ma la corrente è  $\sim 100$  volte inferiore<sup>1</sup>

[1] A. Bay et al., Study of sparking in Micromegas chambers, NIM A 488 (2002) 162-174

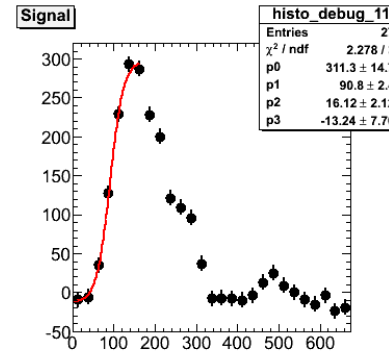
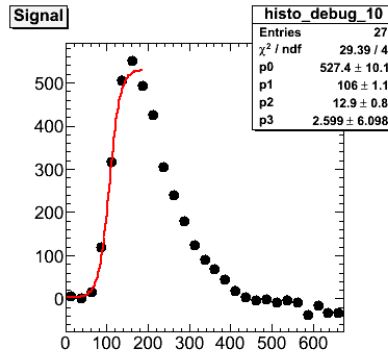
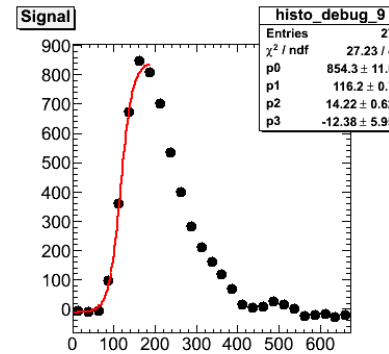
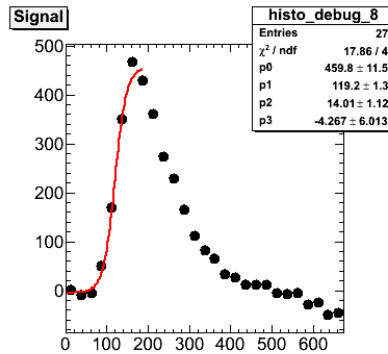
Charge max distribution



Cluster's strip multiplicity



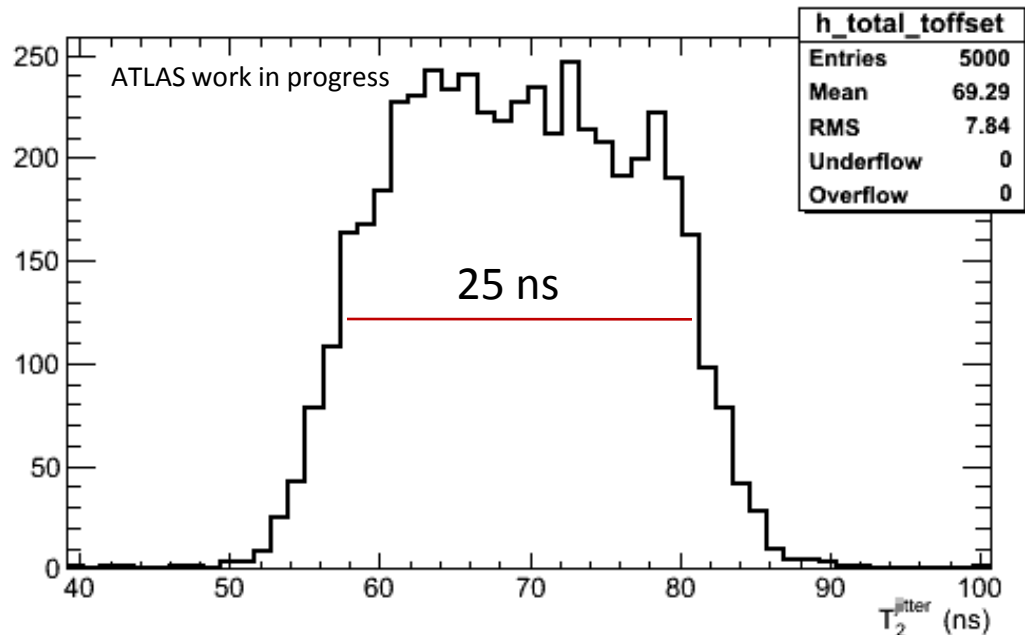
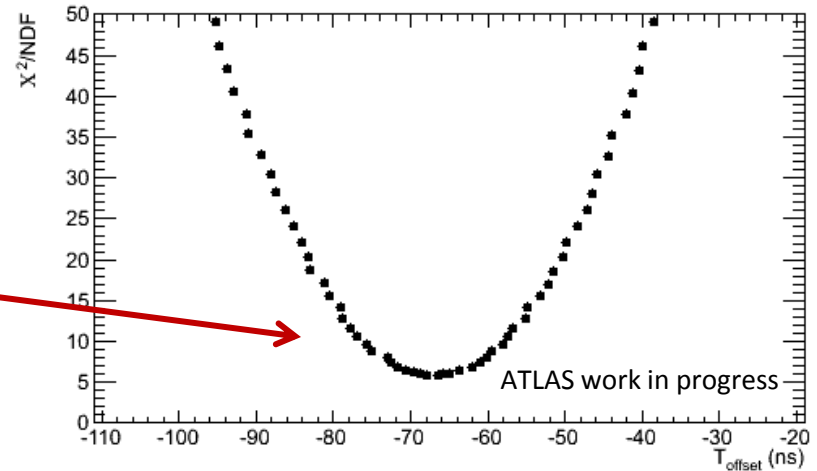
Fit dello spettro in tempo





# Jitter del trigger

- Ricostruzione della traccia utilizzando tutte le camere su fascio
- In maniera iterativa si trova il tempo che minimizza il chi-quadro della traccia.



# μTPC

## Definizione del cluster

- Y, X errors for μTPC straight line track fit

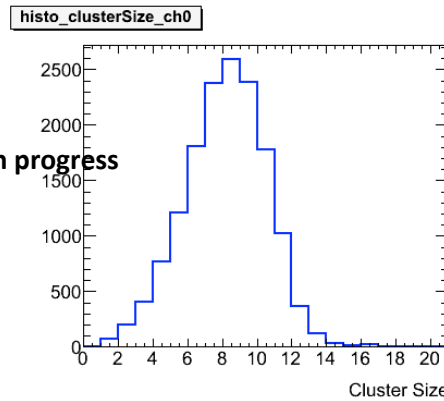
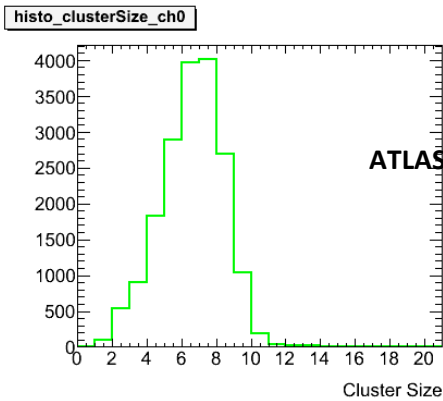
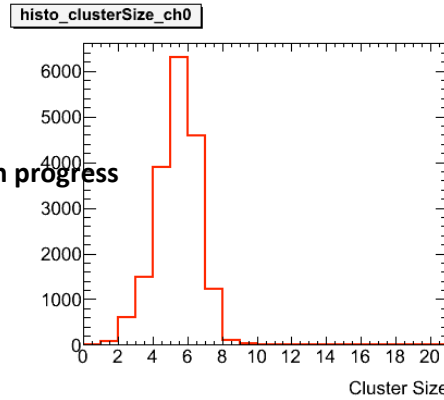
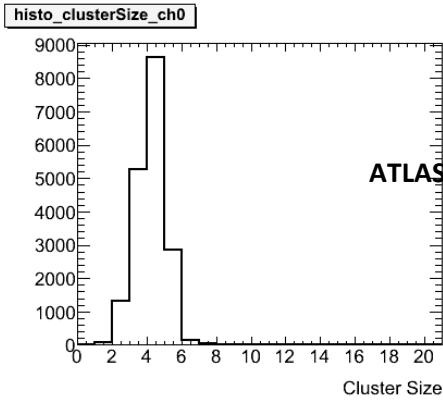
$$\sigma_{Y_i} = S_Y \cdot \sigma_{time}^i \cdot v_{drift}$$

$$\sigma_{X_i} = S_X \cdot \sqrt{(\sigma_X^{PITCH})^2 + \left( \sigma_X^{PITCH} \cdot \frac{\sum_i (q_i)}{N_{hits} \cdot q_i} \right)^2}$$

$$S_X = 1.15 ; S_Y = 1 ;$$

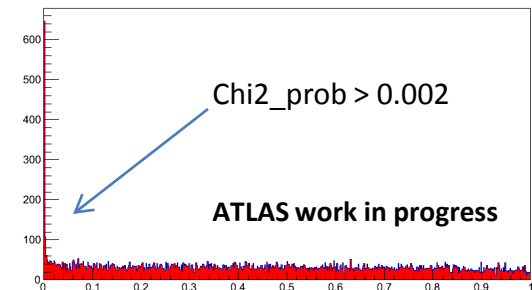
$$\sigma_X^{PITCH} = PITCH / \sqrt{12} \text{ mm}$$

$$(\sigma_X^{PITCH})_{"LASTPOINT"} = 2 \cdot \sigma_X^{PITCH}$$

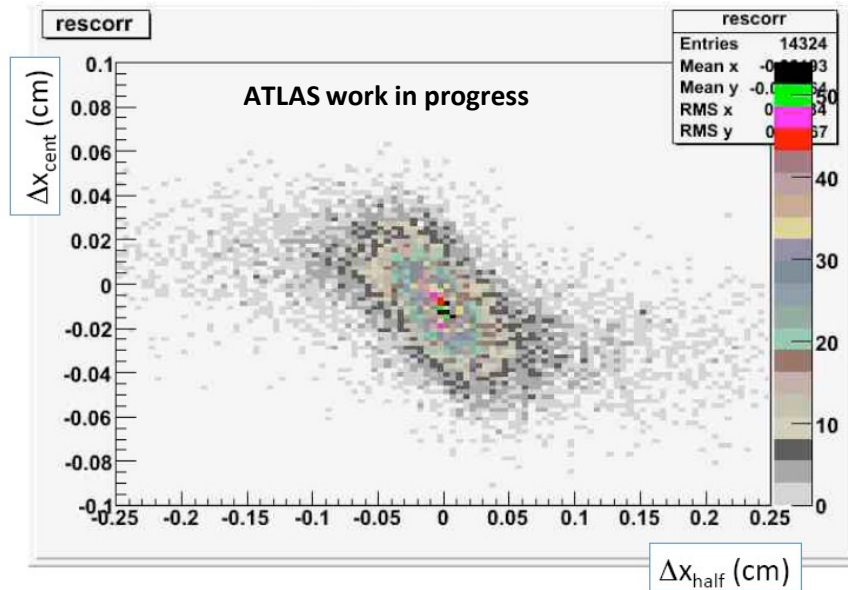


- |   |        |           |                    |
|---|--------|-----------|--------------------|
| — | 10 deg | NHOLES<=1 | 3<= ClusSize <= 6  |
| — | 20 deg | NHOLES<=2 | 4<= ClusSize <= 11 |
| — | 30 deg | NHOLES<=2 | 4<= ClusSize <= 11 |
| — | 40 deg | NHOLES<=3 | 5<= ClusSize <= 15 |

Prob chi2

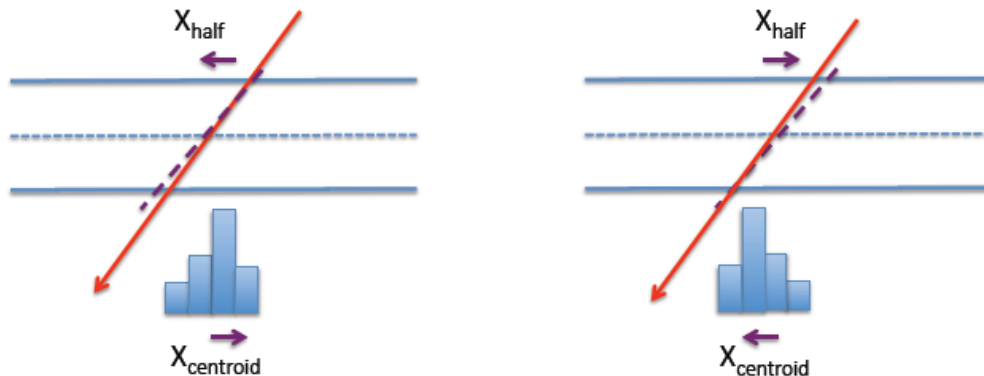


# μTPC + centroide



Centroide e  $x_{half}$  sono anti-correlati

A possible interpretation of the observed anti-correlation



NB: the angle is mostly shifted in the same direction (larger angles)

$$X = \frac{w_{half} x_{half} + w_{cent} x_{cent}}{w_{half} + w_{cent}}$$

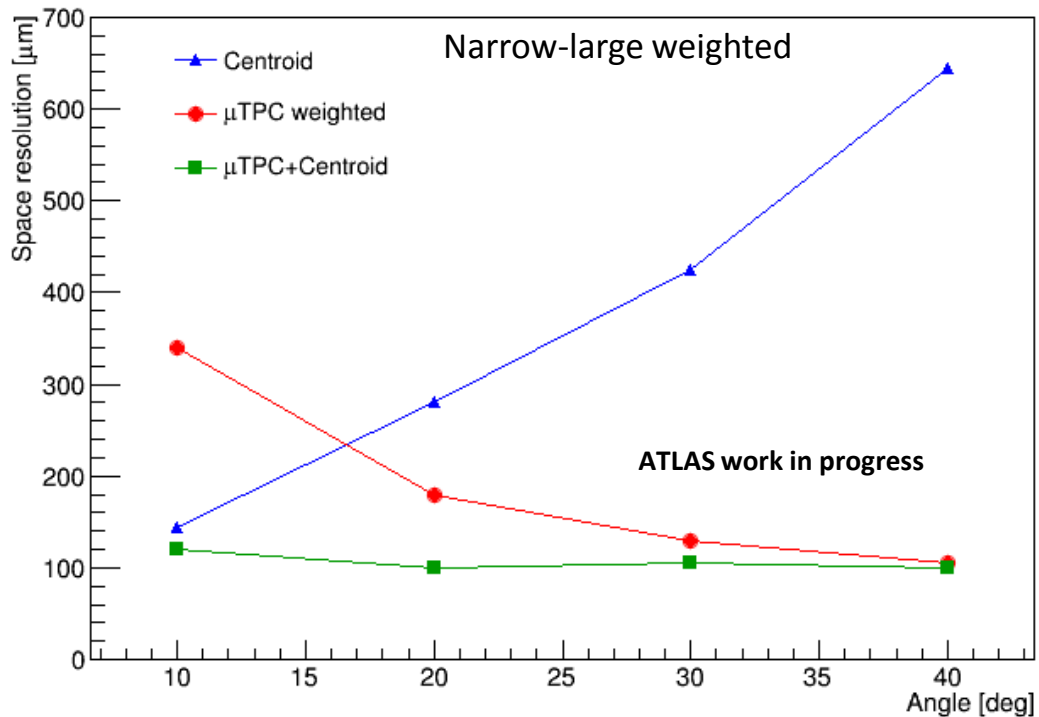
$$w_{half} = \left( \frac{N_{strip}}{N_{cut}} \right)^2$$

$$w_{cent} = \left( \frac{N_{cut}}{N_{strip}} \right)^2$$

Abbiamo posto  $N_{cut}=4$  (ma non ottimizzato!)

NB: L'errore su x viene pesato con la carica

# Space resolution

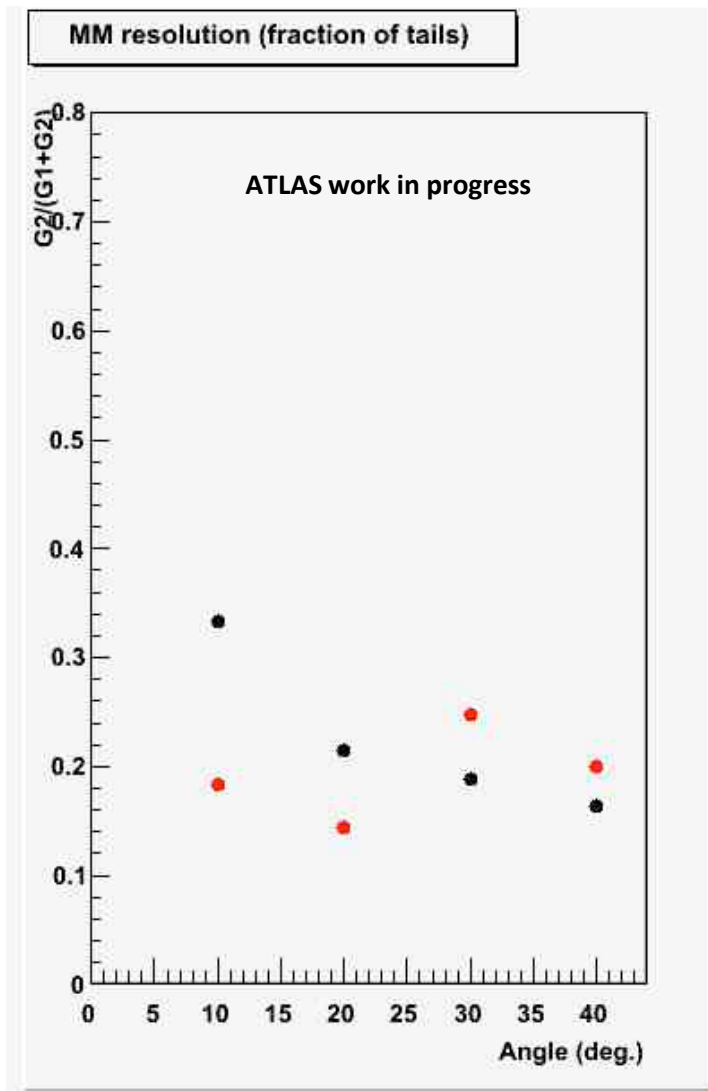
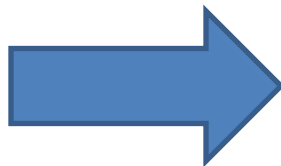


Frazione di code:

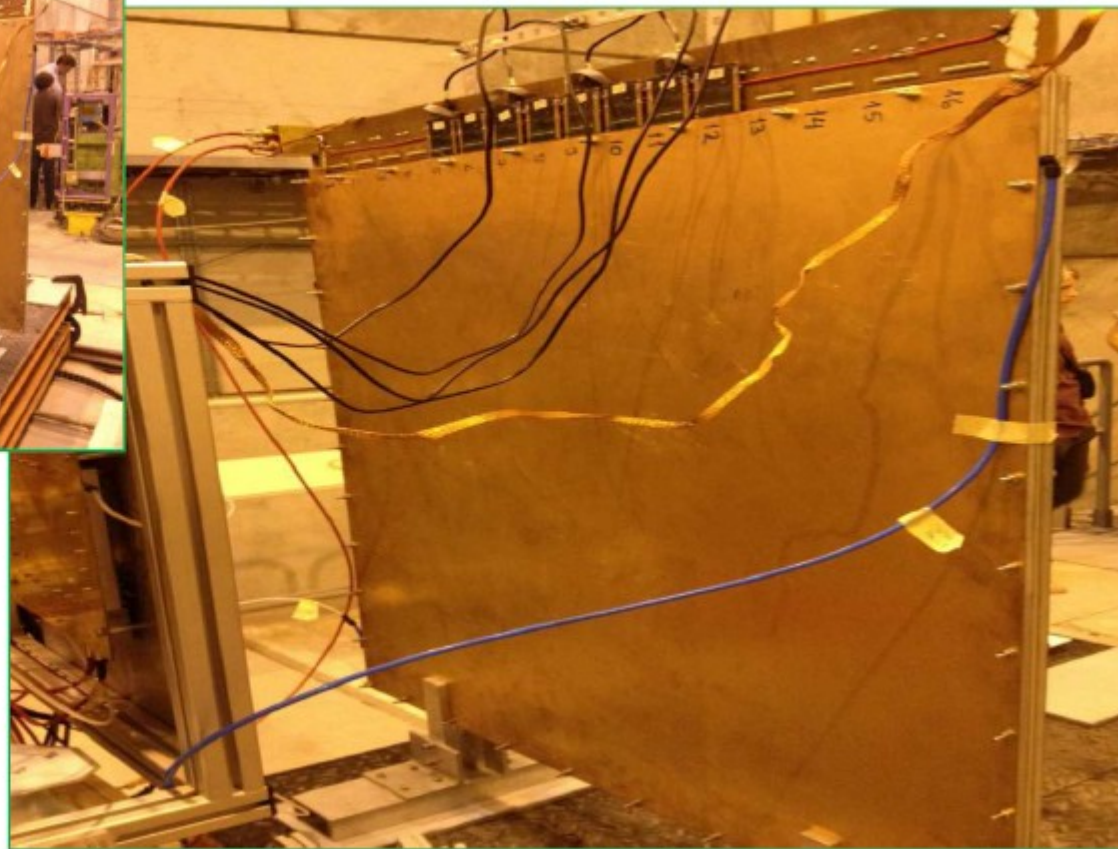
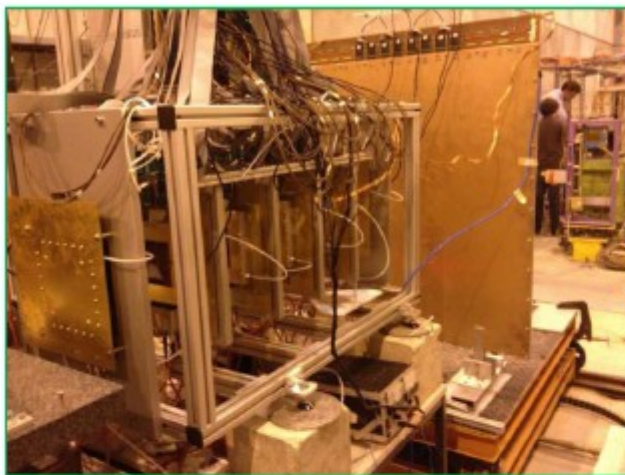
$$\frac{N_L \sigma_L}{(N_s \sigma_s + N_L \sigma_L)}$$

Small gaussian

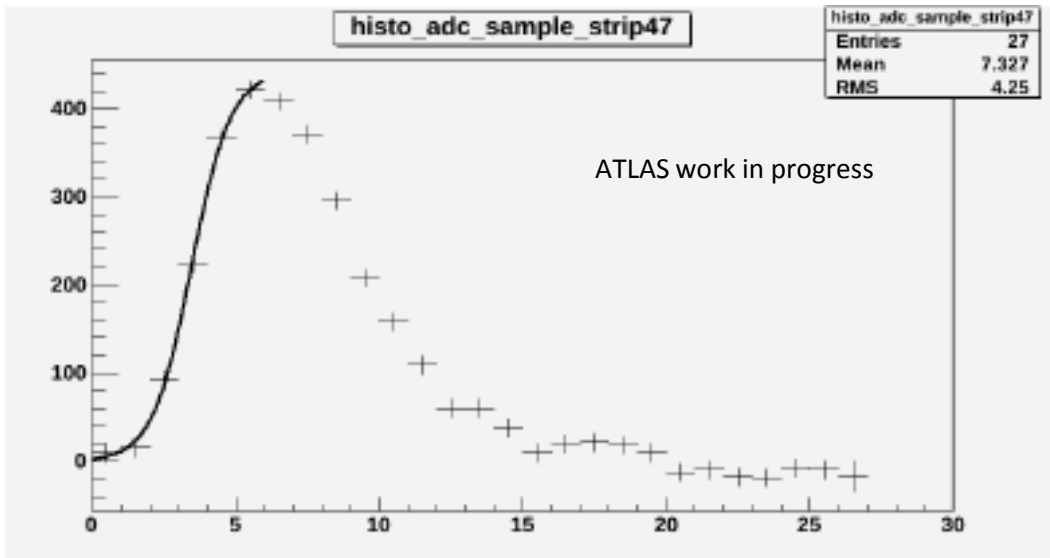
Large gaussian



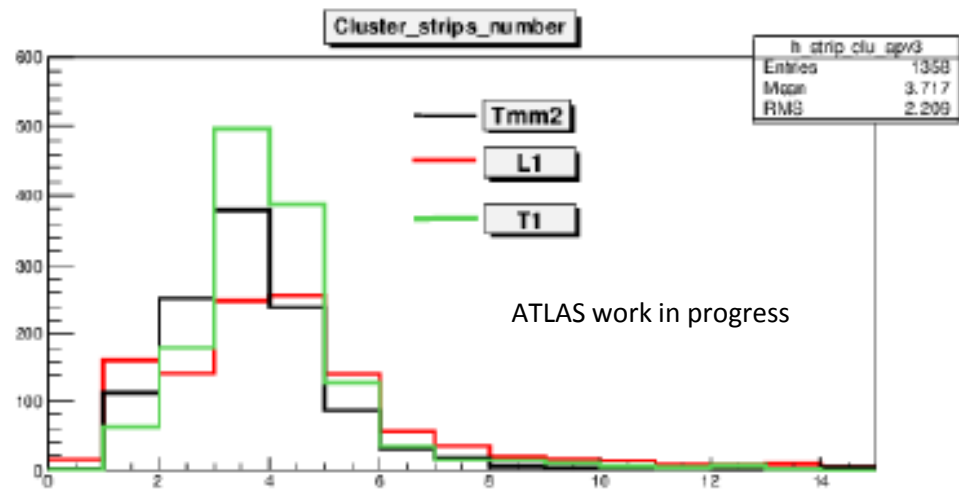
# Large Area MicroMegas



1m × 1m chamber  
16 Connectors  
2048 strips  
5 mm gap  
450  $\mu\text{m}$  pitch  
300  $\mu\text{m}$  strip width



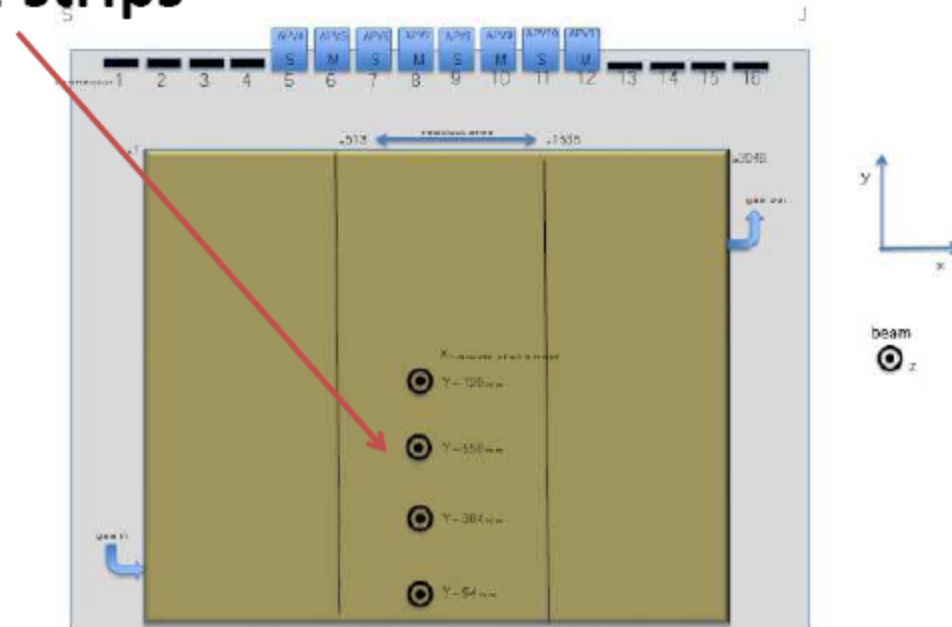
APV time



Numero di strip

# Risoluzione Spaziale L1

## Scan along L1 strips



ATLAS work in progress

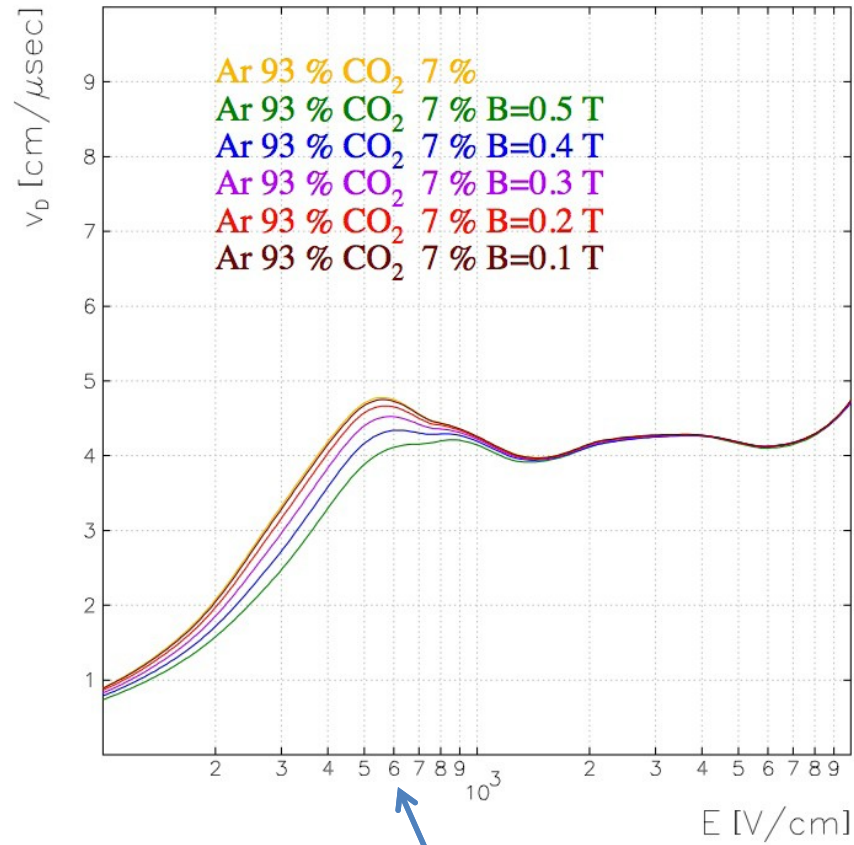
Y=-400 mm	Y=-600 mm	Y=-800 mm	Y=-1000 mm
sigma=78	sigma=76	sigma=77	sigma=77

Flat along the strip!!!

$\sigma \sim 77 \mu\text{m}$  (Tracce normali,  $\theta = 0 \text{ deg}$ )

Drift velocity along E

$v_d = 47 \text{ mm}/\mu\text{s}$



Plotted at 14:51:58 on 07/05/12 with Garfield version 7.44.

Working point



# MM in campo magnetico

