

Ricostruzione in modalità μTPC in diversi prototipi di camere Micromegas

Alessandra Betti

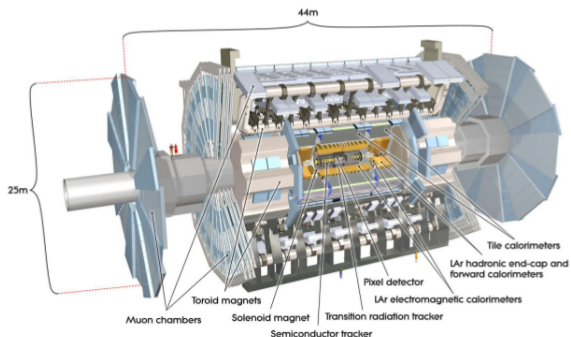
Sapienza Università di Roma e INFN Roma

101° Congresso SIF Roma
24/09/2015



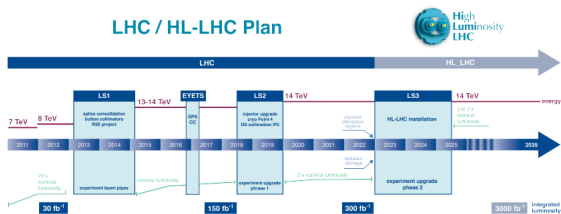
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA





- **LHC**: collider pp e ioni pesanti
collisioni pp con energia di design nel CM 14 TeV
- **ATLAS**: rivelatore multipurpose per le misure di precisione di proprietà del modello standard e la ricerca di nuova fisica oltre il modello standard

- rivelatore a simmetria cilindrica con struttura a strati
- tracciatore interno, calorimetro elettromagnetico e adronico, spettrometro per muoni
- **spettrometro per muoni**: campo magnetico fornito da 3 grandi toroidi superconduttori in aria
camere per tracciamento di precisione (MDT e CSC) e **camere di trigger** (RPC e TGC)



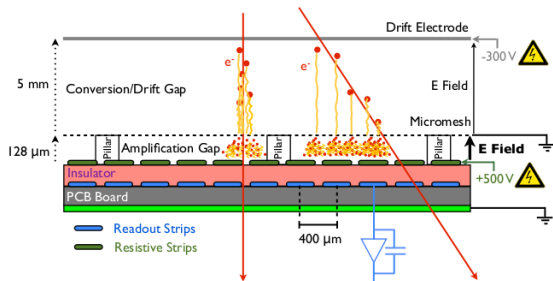
- 2010-2012: Run1 $E_{CM} = 7 - 8 \text{ TeV}$, $L = 6 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, collisioni ogni 50 ns
- 2013-2015: LS1 preparazione per il run2
- 2015-2018: Run2 $E_{CM} = 13 - 14 \text{ TeV}$, $L = 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, collisioni ogni 25 ns
- 2018-2019: LS2 preparazione per il run3
- 2020-2022: Run3 $L = 2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- HL-LHC: $L = 5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

LS2: **aumento di luminosità** → la prima stazione dello spettrometro per muoni in avanti dell'esperimento ATLAS (Small Wheel) verrà sostituita per garantire il mantenimento delle attuali prestazioni di trigger e tracciamento in presenza di una molto più alta rate di particelle in avanti (radiazione di fondo fino a $\simeq 15 \text{ kHz/cm}^2$)

→ le camere Micromegas verranno installate nella NSW per sostituire gli attuali MDT

MPGD: camere Micromegas

Micromegas: Micro Pattern Gaseous Detector introdotte negli anni 90's da Charpack e Giomataris per la loro capacità di liberare velocemente il rivelatore dagli ioni positivi generati nel processo di ionizzazione del gas ($\simeq 100$ ns).



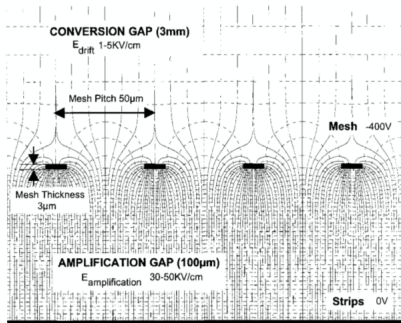
- elettrodo planare di drift
- gap di conversione e drift $\simeq 5$ mm con campo elettrico basso ($\simeq 500$ V/cm)
- mesh posta a massa sostenuta da pillars
- gap di amplificazione $\simeq 100$ μm con campo elettrico elevato ($\simeq 50$ kV/cm)
- elettrodo di readout con strip di lettura protette da strip resistive (introdotte per ridurre la probabilità di scarica) con pitch $\simeq 400$ μm

- la particella carica che attraversa il rivelatore ionizza il gas nella gap di conversione e gli elettroni prodotti driftano verso la mesh
- attraversano la mesh e vengono amplificati nella gap di amplificazione dall'elevato campo elettrico
- vengono raccolti sulle strip resistive e il segnale viene letto sulle strip di lettura per accoppiamento capacitivo mentre gli ioni driftano in direzione opposta e vengono raccolti velocemente sulla mesh

I campi elettrici nella zona di conversione e drift e nella zona di amplificazione hanno intensità molto diverse e devono essere uniformi in entrambe le regioni.

La **trasmissione degli elettroni** attraverso la mesh (**transparency**) dipende dal rapporto tra i due campi elettrici

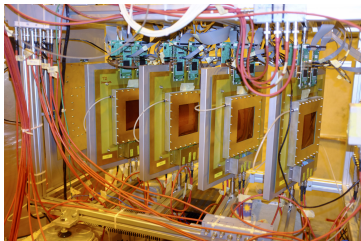
$$R = \frac{E_{amp}}{E_{drift}}$$



- **R basso:** molte delle linee di campo di drift finiscono sulla mesh
→ **bassa trasparenza**
- **R alto:** la maggior parte delle linee di campo di drift passano attraverso la mesh e raggiungono le strip di lettura
→ **alta trasparenza**

La collaborazione **MAMMA** (**Muon ATLAS Micromegas Activity**) porta avanti un programma di analisi delle performance delle camere Micromegas per la NSW dell'esperimento ATLAS per:

- misurare le proprietà di base come **guadagno** e **transparency** e trovare il punto di lavoro ottimale (HV_{amp} e HV_{drift})
- caratterizzare le performance come **risoluzione** e **efficienza** per tracce con diversi angoli di inclinazione
diversi prototipi di camere con dimensioni da $10 \times 10 \text{ cm}^2$ a $1 \times 0.5 \text{ m}^2$
- sviluppare e ottimizzare la **strategia e il software di ricostruzione delle tracce**



Verranno mostrati alcuni risultati ottenuti dall'analisi dei dati di test beam su piccoli prototipi di camere MM:

- misura della carica raccolta con diverse HV_{amp} e HV_{drift} e diverse mesh
- misura dei tempi di arrivo del segnale sulle strip e ricostruzione dell'angolo di inclinazione in modalità μTPC

Carica dei cluster

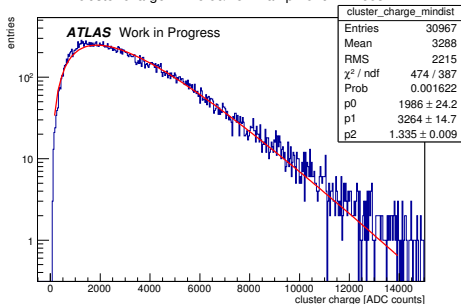
Cluster: gruppo di strip consecutive accese la cui dimensione dipende dall'angolo di inclinazione della traccia.
Per ogni strip del cluster si misura la carica raccolta e il tempo di arrivo del segnale.

La **carica totale del cluster** misurata è la somma della carica delle singole strip:

$$Q_{cluster} = (1 - A) \cdot G \cdot T \cdot q_e \cdot N_e$$

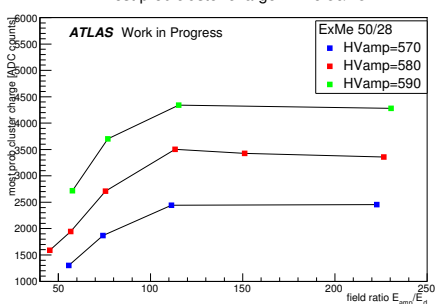
può essere descritta dalla funzione di Polya

cluster charge ExMe 50/28 HVamp= 570 V 11653



A=coefficiente di attachment
G=fattore di guadagno
T=transparency
 q_e =carica elettrone
 N_e =numero elettroni primari

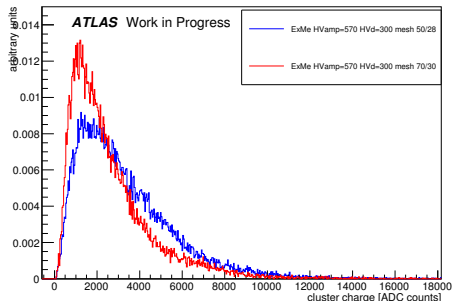
most prob cluster charge ExMe 50/28



- all'aumentare di HV_{amp} , con R fissato, la carica raccolta aumenta perché il guadagno aumenta
- all'aumentare del rapporto tra i campi, con HV_{amp} fissato quindi G fissato, la carica raccolta aumenta fino a raggiungere un plateau perché la transparency aumenta

Il campo elettrico, circa uniforme nella gap di drift e nella gap di amplificazione, è leggermente deformato in prossimità della mesh e la sua configurazione nella zona di amplificazione è influenzata dalla tipologia di mesh utilizzata.

cluster charge in ExMe1



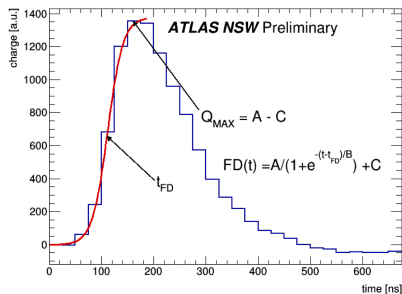
Carica dei cluster con due diverse mesh:

- 50/28 (blu): distanza tra i fili $50 \mu\text{m}$, spessore dei fili $28 \mu\text{m}$
- 70/30 (rosso): distanza tra i fili $70 \mu\text{m}$, spessore dei fili $30 \mu\text{m}$

Le camere con mesh 50/28 hanno, a parità di HV , una carica media maggiore delle camere con mesh 70/30.

Dalle simulazioni si osserva che nel caso della mesh 50/28 le linee di campo nella zona di amplificazione sono più fitte e si ha quindi un campo elettrico più intenso e di conseguenza un guadagno maggiore.

Il **segnale di singola strip** viene letto con elettronica di lettura APV25 che fornisce il valore della carica in funzione del tempo campionato ogni 25 ns



Effettuando un fit con una funzione Fermi-Dirac si ricava il massimo della distribuzione Q_{max} che è la carica letta dalla strip e il tempo di arrivo del segnale t_{FD} .

La **distribuzione dei tempi** di arrivo del segnale sulle strip ha una forma a scatola la cui larghezza è data dal tempo di drift degli elettroni nella gap di drift.

Misurando T_{min} e T_{max} si può ricavare $T_{drift} = T_{max} - T_{min}$.

Si può inoltre misurare la velocità di drift $V_d = \frac{d_{gap}}{T_{drift}}$.

Ricostruzione della posizione

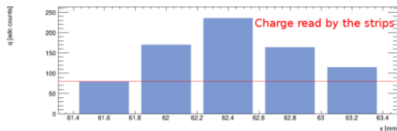
Le camere Micromegas verranno utilizzate per la ricostruzione delle tracce dei muoni nella NSW.

Con le camere Micromegas è possibile ricostruire la posizione con due diversi metodi:

Metodo del centroide di carica:

si ricostruisce la posizione del cluster tramite il calcolo del baricentro della carica raccolta dalle strip che lo compongono

$$x = \frac{\sum_{i=1}^N x_i q_i}{\sum_{i=1}^N q_i}$$

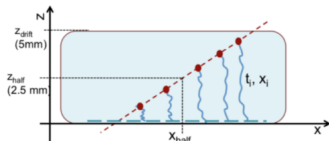


Metodo della μ TPC:

si ricostruisce localmente la traccia nella gap di drift tramite la misura dei tempi di arrivo del segnale sulle strip e l'uso della velocità di drift

$$x_i = \text{pitch} \cdot \text{strip index}$$

$$z_i = V_{\text{drift}} \cdot t_i$$



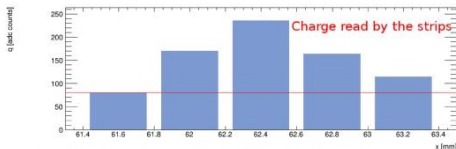
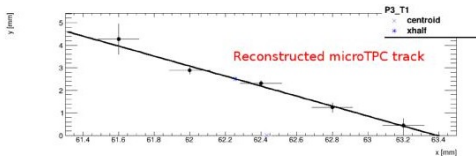
la misura migliore della posizione è data dalla coordinata x che corrisponde alla z a metà altezza della gap:

$$x_{\text{half}} = \frac{z_{\text{half}} - c}{m} = \frac{2.5 \text{ mm} - c}{m}$$

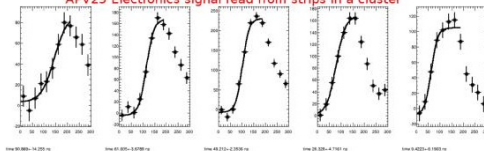
Event display di un cluster ricostruito

- traccia ricostruita con il metodo della μTPC
- carica raccolta dalle strip del cluster
- segnale della singola strip del cluster

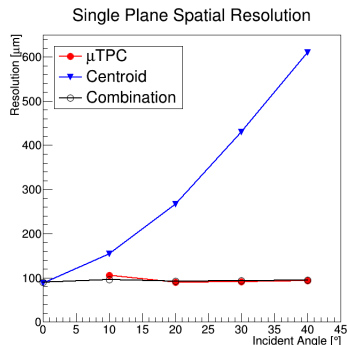
ATLAS Work in Progress



APV25 Electronics signal read from strips in a cluster



Risoluzione spaziale misurata tramite la larghezza della distribuzione della differenza tra le posizioni misurate da due camere



- **Metodo del centroide**: risoluzione migliore per tracce perpendicolari che generano cluster di piccole dimensioni
- **Metodo della μTPC** : risoluzione migliore per tracce inclinate che accendono un maggior numero di strip
- Nella NSW le tracce saranno inclinate di $8 - 32^\circ \rightarrow$ risoluzione $\simeq 100 \mu\text{m}$ in tutto il range combinando i due metodi

- Le camere Micromegas verranno installate nella NSW dell'esperimento ATLAS
- Sono stati effettuati numerosi [test su camere di piccole dimensioni](#) ($10 \times 10 \text{ cm}^2$)
- Sono attualmente in corso [studi su prototipi sempre più vicini alla configurazione finale](#) in struttura e dimensioni, anche in presenza di campo magnetico
- I risultati ottenuti finora mostrano [prestazioni che soddisfano le richieste per la NSW](#): risoluzione spaziale di $\simeq 100 \mu\text{m}$ e efficienza superiore al 95% per singolo layer

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!