

# Calibrazione e prestazioni del calorimetro adronico TileCal di ATLAS durante il Run2 di LHC



## di ATLAS durante il Run2 di LHC

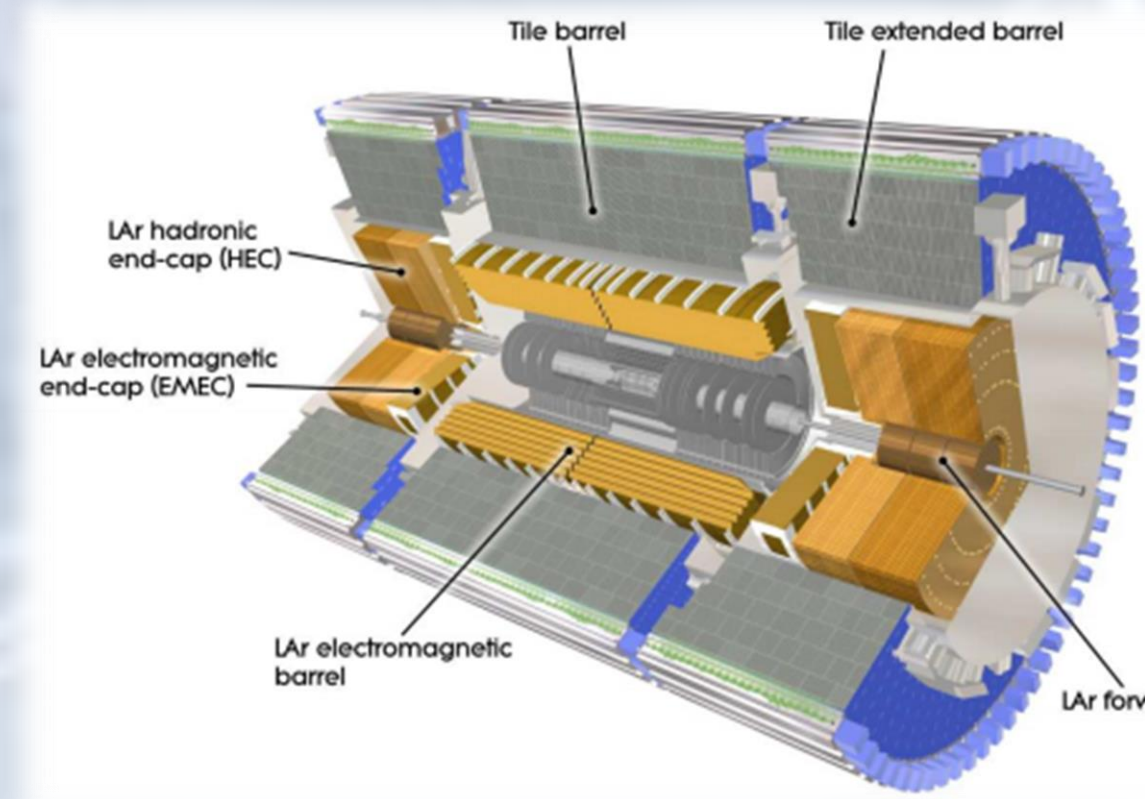
Giulia Di Gregorio – Università & INFN Pisa



### TileCal

TileCal è la sezione centrale del calorimetro adronico di ATLAS ( $|\eta| < 1.7$ ). È un calorimetro a campionamento formato da piastre di scintillatore plastico usate come materiale attivo e intervallate da lastre di acciaio come materiale assorbente. Il calorimetro fornisce importanti informazioni riguardo la ricostruzione di adroni, jet, decadimenti adronici del leptone tau ed energia trasversa mancante.

La luce prodotta dal passaggio di particelle viene trasmessa a dei fotomoltiplicatori (PMT) tramite fibre. Il segnale in uscita dai PMT viene poi mandato all'elettronica di lettura.



- Il calorimetro è formato da una regione centrale e da due regioni laterali.
- La segmentazione trasversale del calorimetro è:
  - $\Delta\eta \times \Delta\Phi = 0.1 (0.2) \times 0.1$
- La segmentazione longitudinale del calorimetro è:
  - tre piani nella regione centrale di 1.5, 4.1, 1.8  $\lambda$
  - tre piani nelle regioni laterali di 1.5, 2.6, 3.3  $\lambda$
- Le celle del calorimetro sono lette da due PMT. In totale ci sono circa 10 mila PMT (5 mila celle)

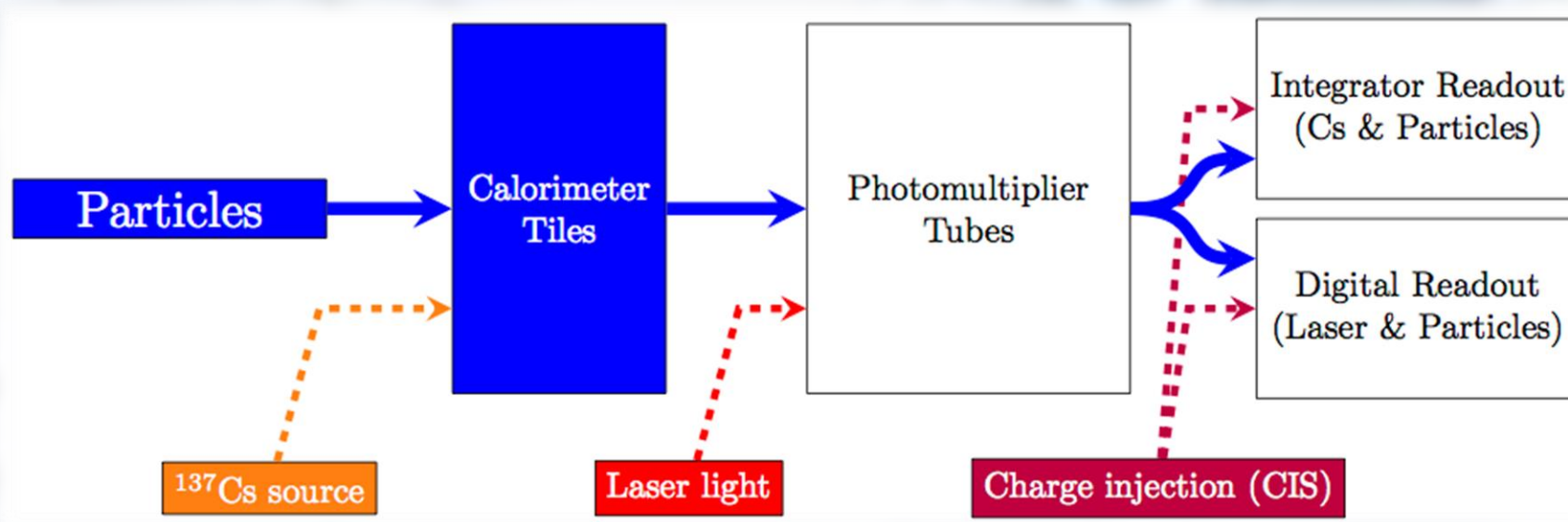
### Ricostruzione energia di una particella: procedura di calibrazione

Il segnale di ogni PMT viene amplificato tramite due guadagni (1:64) e convertito da ADC. L'energia ricostruita di ogni canale è:

$$E[\text{GeV}] = A[\text{ADC}] \times C_{\text{ADC} \rightarrow \text{pC}} \times C_{\text{laser}} \times C_{\text{Cs}} \times C_{\text{PC} \rightarrow \text{GeV}}$$

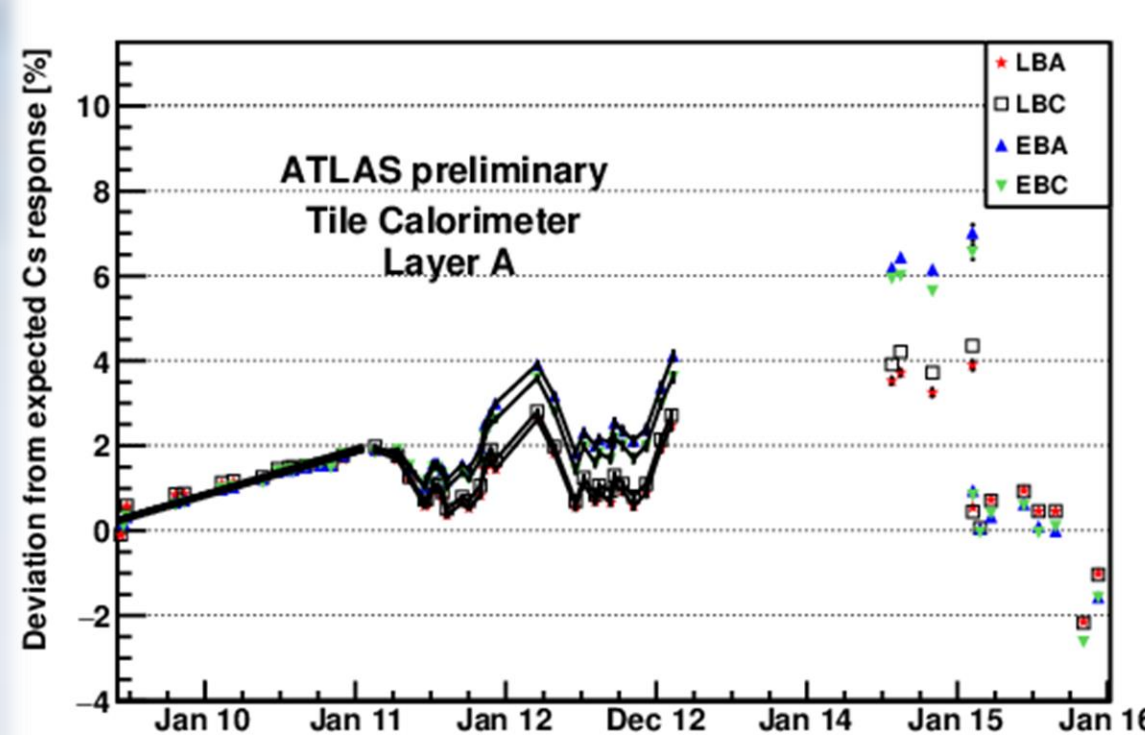
dove  $C_{\text{PC} \rightarrow \text{GeV}}$  viene fissato utilizzando elettroni ad energia nota durante il testbeam; le costanti  $C_{\text{ADC} \rightarrow \text{pC}}$ ,  $C_{\text{laser}}$  e  $C_{\text{Cs}}$  vengono fissate tramite i tre diversi sistemi di calibrazione.

La calibrazione di TileCal avviene tramite un sistema a multistadio formato da un sistema di iniezione di carica, un sistema laser e un sistema con il Cesio. I sistemi di calibrazione sono stati progettati in modo tale che ogni sistema controlla differenti parti della catena di lettura del segnale.



### Sistema di calibrazione con sorgenti di Cesio

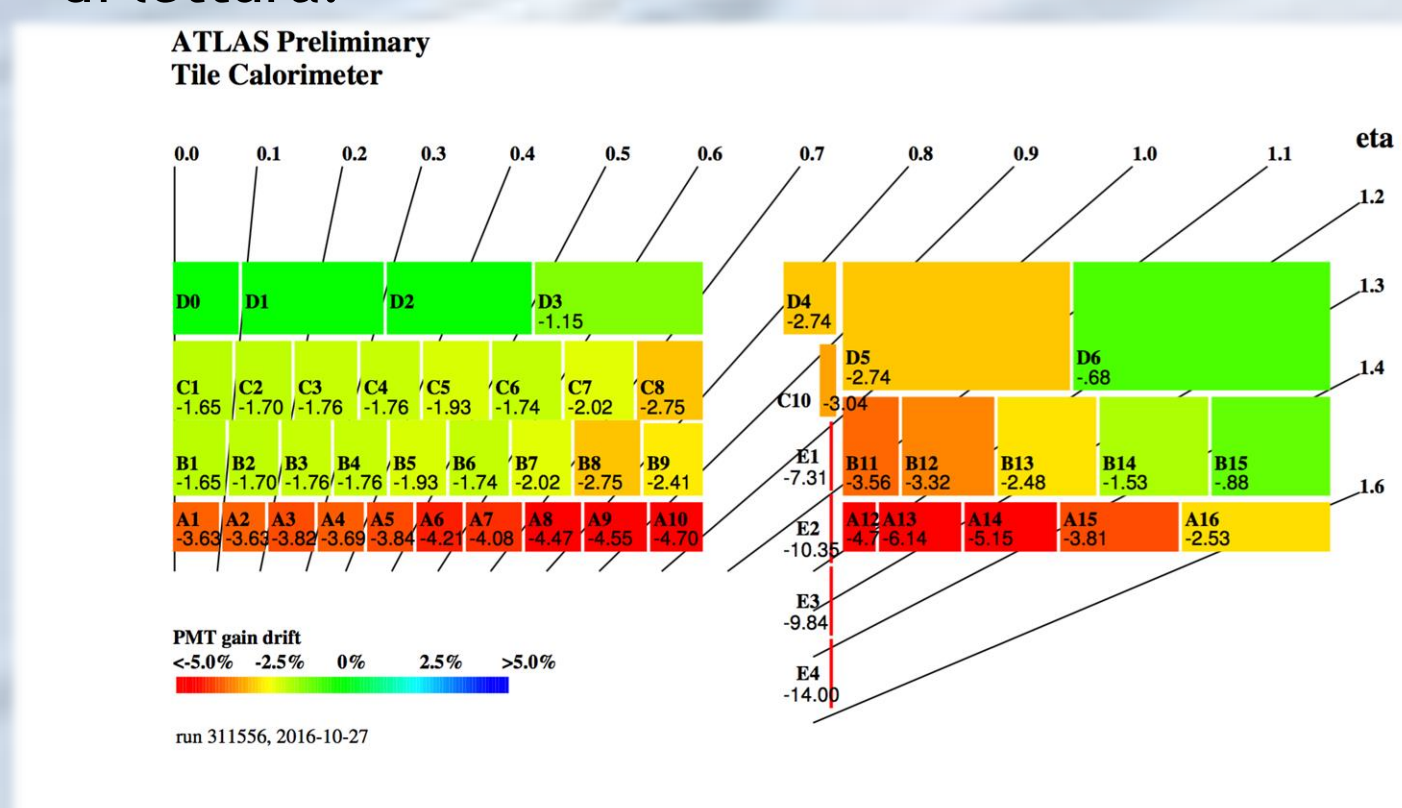
Il sistema di calibrazione con il Cesio consiste nel far passare all'interno di tutte celle del calorimetro una sorgente radioattiva ( $^{137}\text{Cs}$ ) che emette fotoni. Questo sistema permette di equalizzare la risposta di tutte le celle e permette di monitorare l'efficienza degli scintillatori e la risposta dei PMT.



- La risposta del calorimetro viene equalizzata all'inizio di ogni periodo di presa dati. Successivamente, con periodicità mensile viene calcolata la costante  $C_{\text{Cs}}$  come rapporto tra segnale misurato e segnale di riferimento relativo all'inizio della presa dati.
- La precisione di questo sistema di misura è dell'ordine di 0.3% per ogni cella.

### Sistema di calibrazione con laser

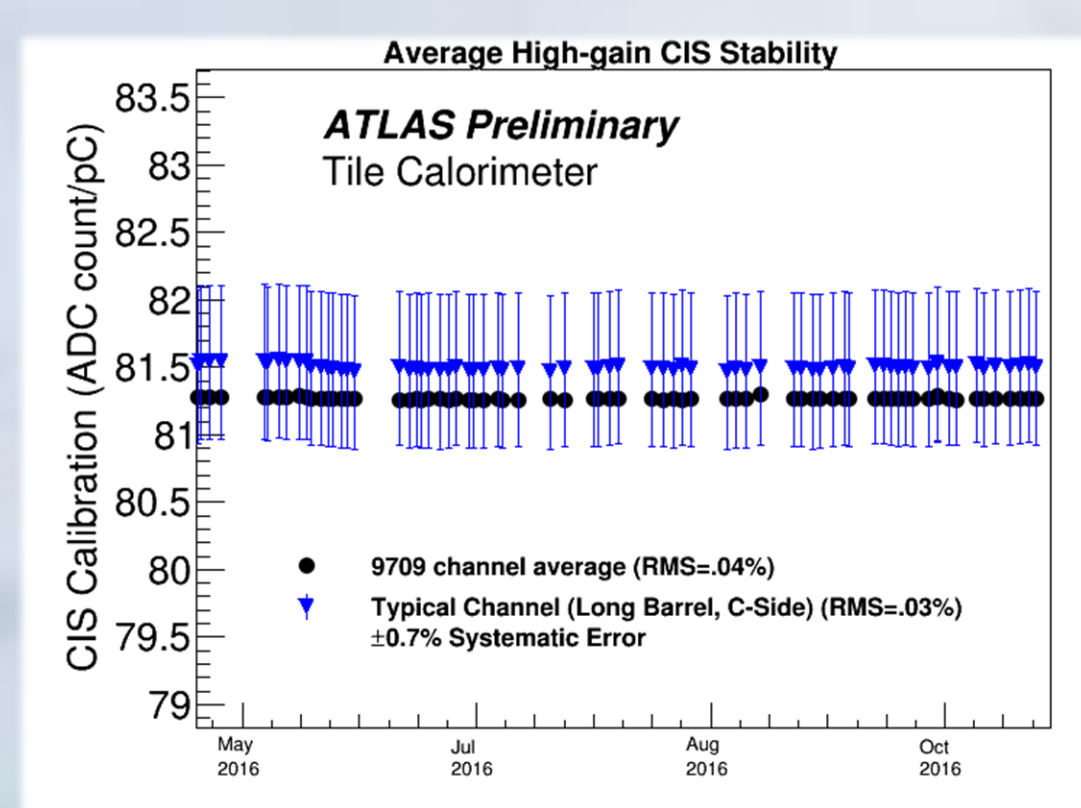
Il sistema di calibrazione laser serve per misurare la stabilità della risposta dei PMT e della catena di lettura.



- Impulsi luminosi vengono mandati ai PMT in modo da misurare la eventuale variazione della risposta dei PMT ( $C_{\text{laser}}$ ) tra due scan di Cesio.
- La precisione di questo sistema di misura è dell'ordine di 0.5% per ogni canale.
- I PMT che leggono le celle più vicine al punto di collisione mostrano una maggior variazione della risposta.
- I PMT che leggono le celle più lontane dal punto di collisione mostrano una risposta quasi stabile nel tempo.

### Sistema di calibrazione a iniezione di carica

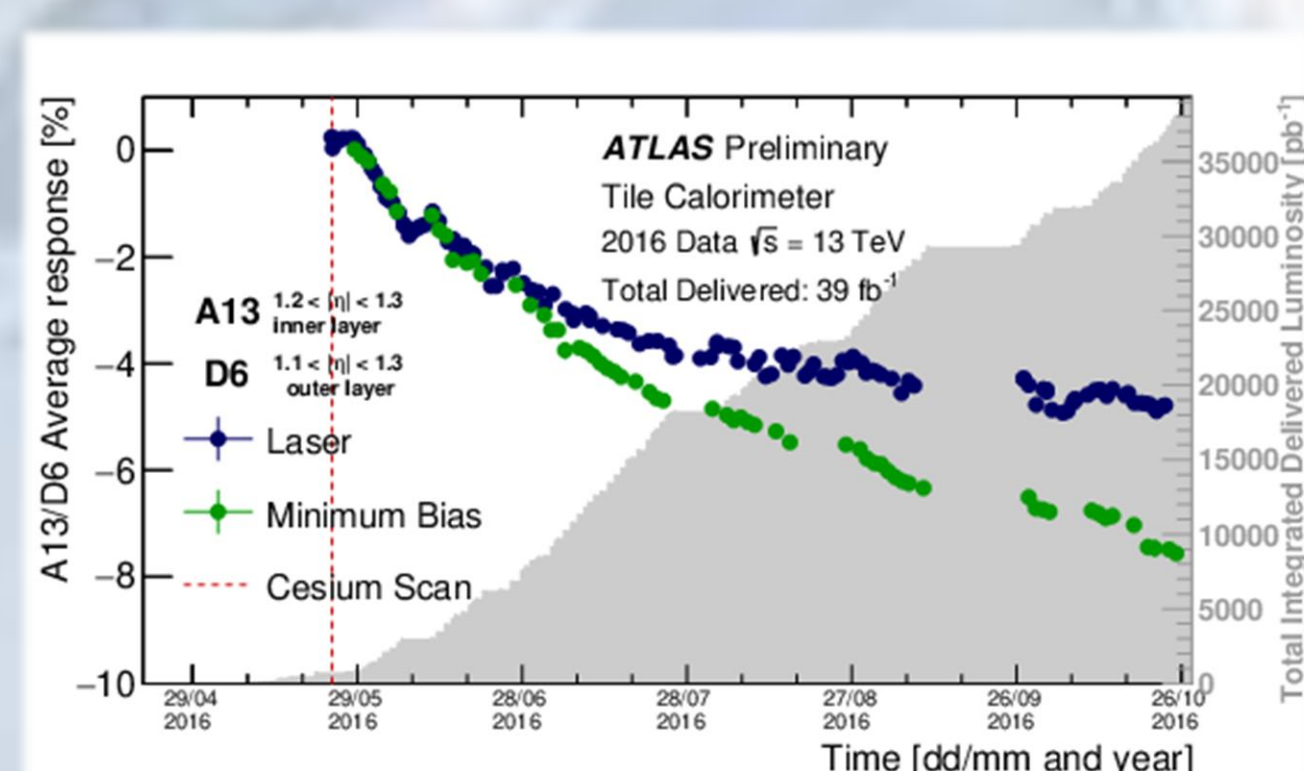
Il sistema ad iniezione di carica serve per calibrare solo la risposta dell'elettronica di lettura.



- Iniettando una quantità di carica nota, il sistema determina il fattore di conversione da conteggi di ADC a pC ( $C_{\text{ADC} \rightarrow \text{pC}}$ ).
- L'incertezza di questo sistema di calibrazione è dell'ordine di 0.7% per canale.
- La stabilità dei fattori di conversione nel tempo è dell'ordine di 0.02%.

### Combinazione dei sistemi di calibrazione

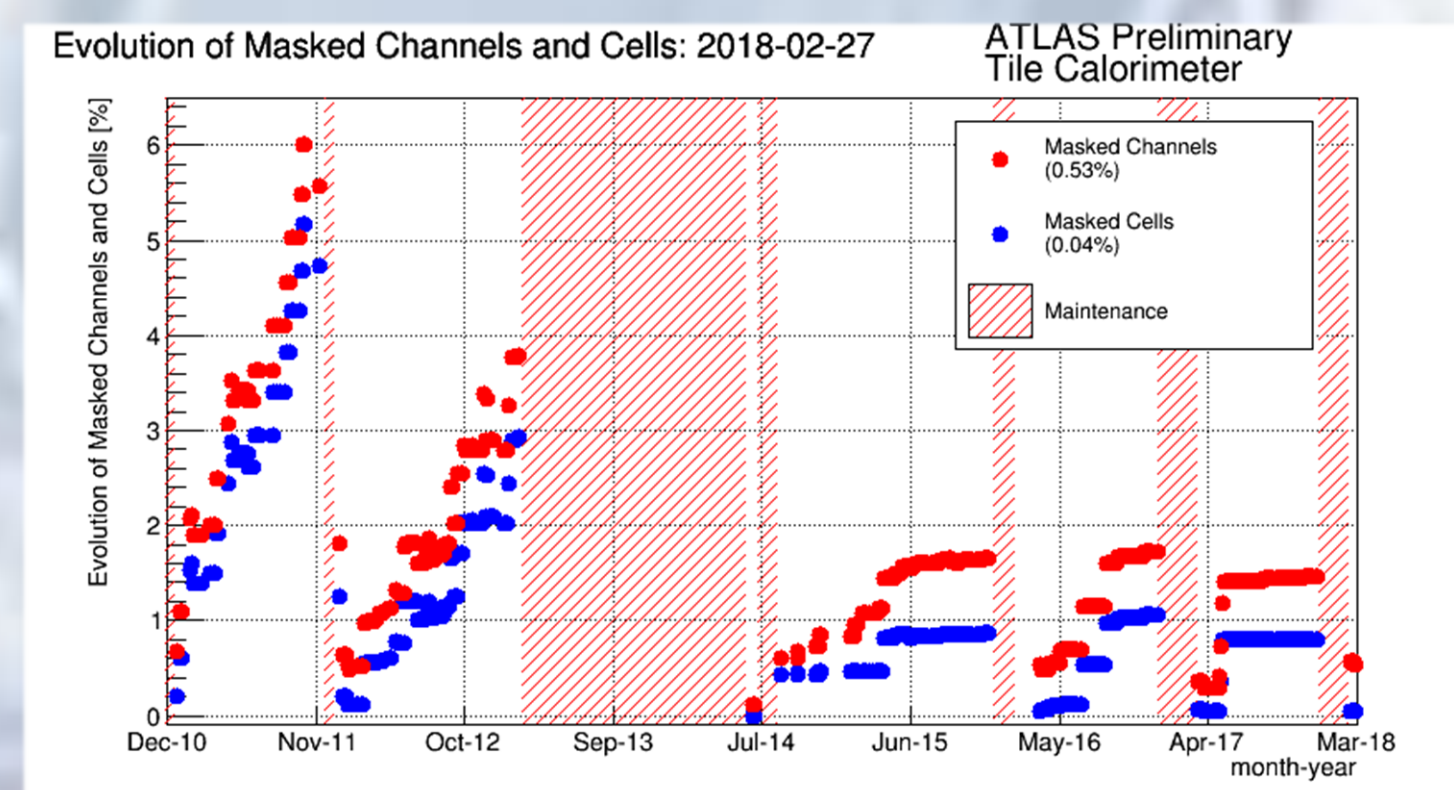
Le collisioni tra protoni da alta energia sono dominati da interazioni soffici tra partoni: questi eventi sono chiamati eventi di Minimum Bias (MB). Gli eventi di MB forniscono un controllo incrociato per il sistema di calibrazione con il Cesio. Il sistema di MB utilizza degli integratori per misurare la risposta di TileCal negli eventi di MB e permette di monitorare anche la luminosità istantanea di ATLAS.



- Durante i periodi di collisione si registra una diminuzione della risposta dei PMT in presenza di impulsi laser.
- La differenza tra i punti di MB (verde) e i punti laser (blu) è interpretata come un effetto di invecchiamento degli scintillatori a causa della radiazione.

### Stato e prestazioni di TileCal

#### Stato del rivelatore

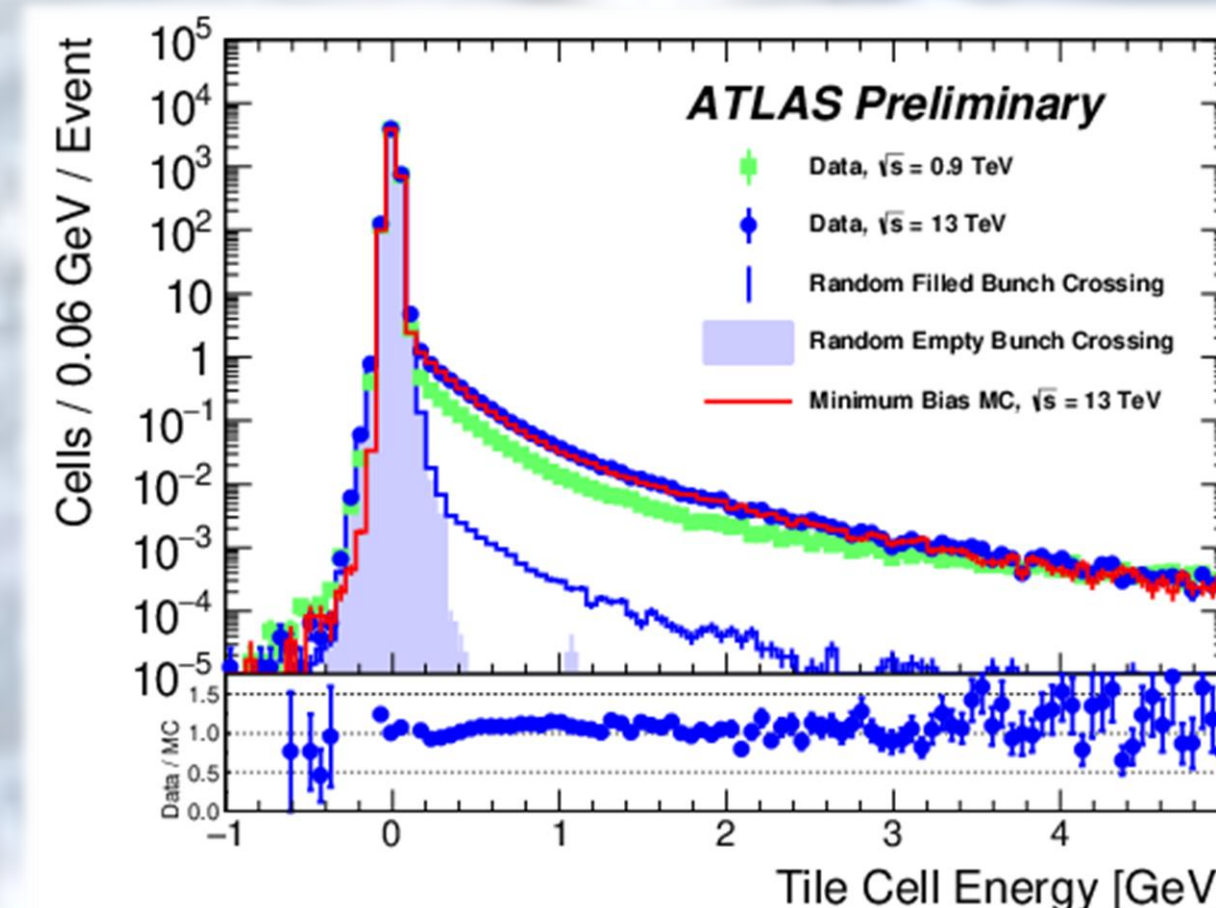


Numero di celle e di canali non funzionanti non utilizzati nel Run1 (fino al 2012) e nel Run2 (dal 2015) di LHC

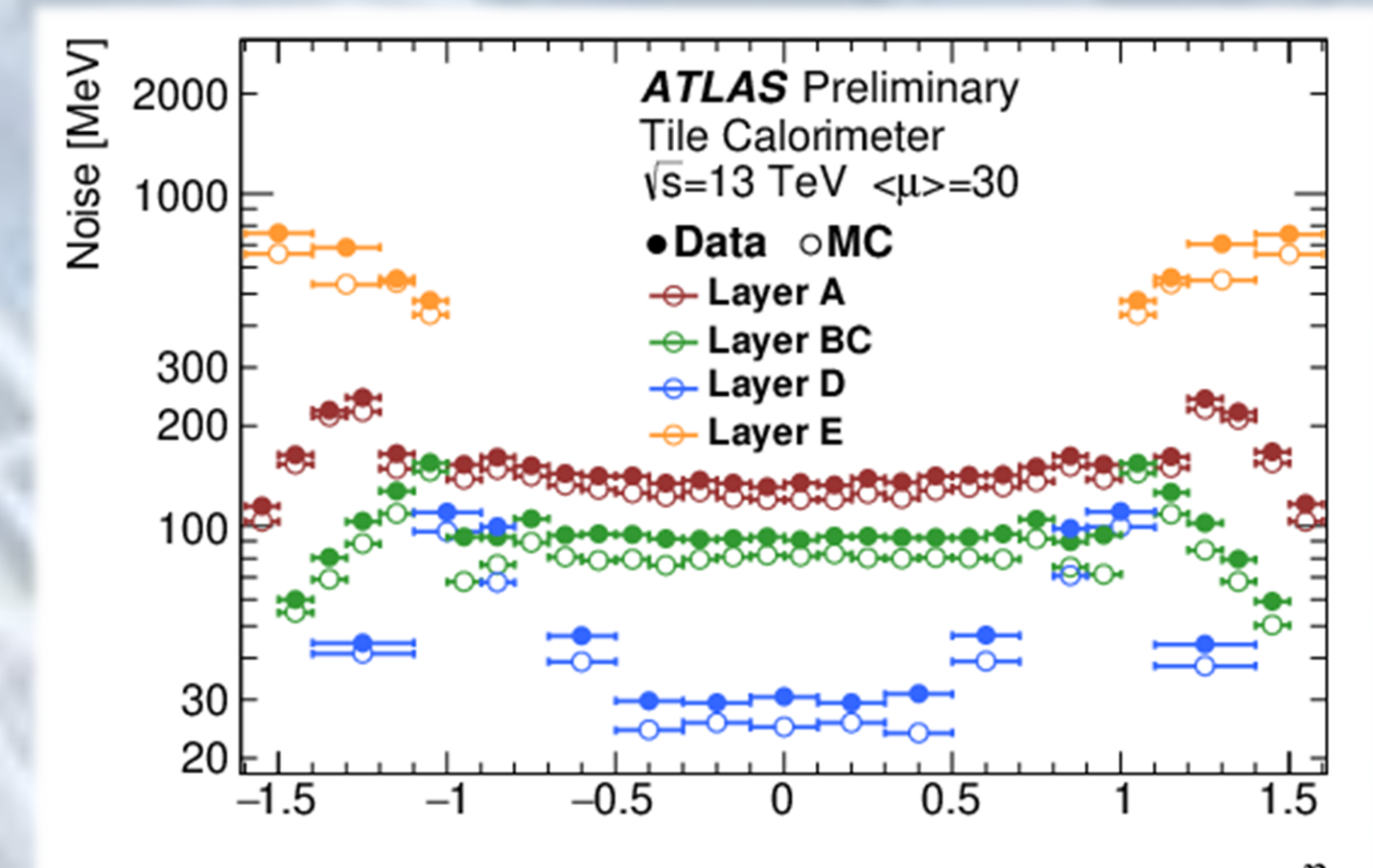
- Tra il 2013 e il 2014 LHC è stato spento per aumentare l'energia del centro di massa da  $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$  a  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ . Durante lo spegnimento della macchina, l'installazione di nuovi alimentatori a basso tensione ha ridotto notevolmente la frazione di canali non funzionanti.
- Attualmente il numero di canali non funzionanti è il 0.53% e il numero di celle non utilizzate è il 0.04%.

#### Depositi di energia e rumore con trigger di MB

La distribuzione energetica e del rumore delle celle sono utilizzate per la ricostruzione dei jet e dell'energia trasversa mancante.



Distribuzione dell'energia depositata nelle celle di TileCal con dati a  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$  (punti blu) e  $\sqrt{s} = 0.9 \text{ TeV}$  (punti verdi). I dati raccolti sono in accordo con la distribuzione Monte Carlo (linea rossa).

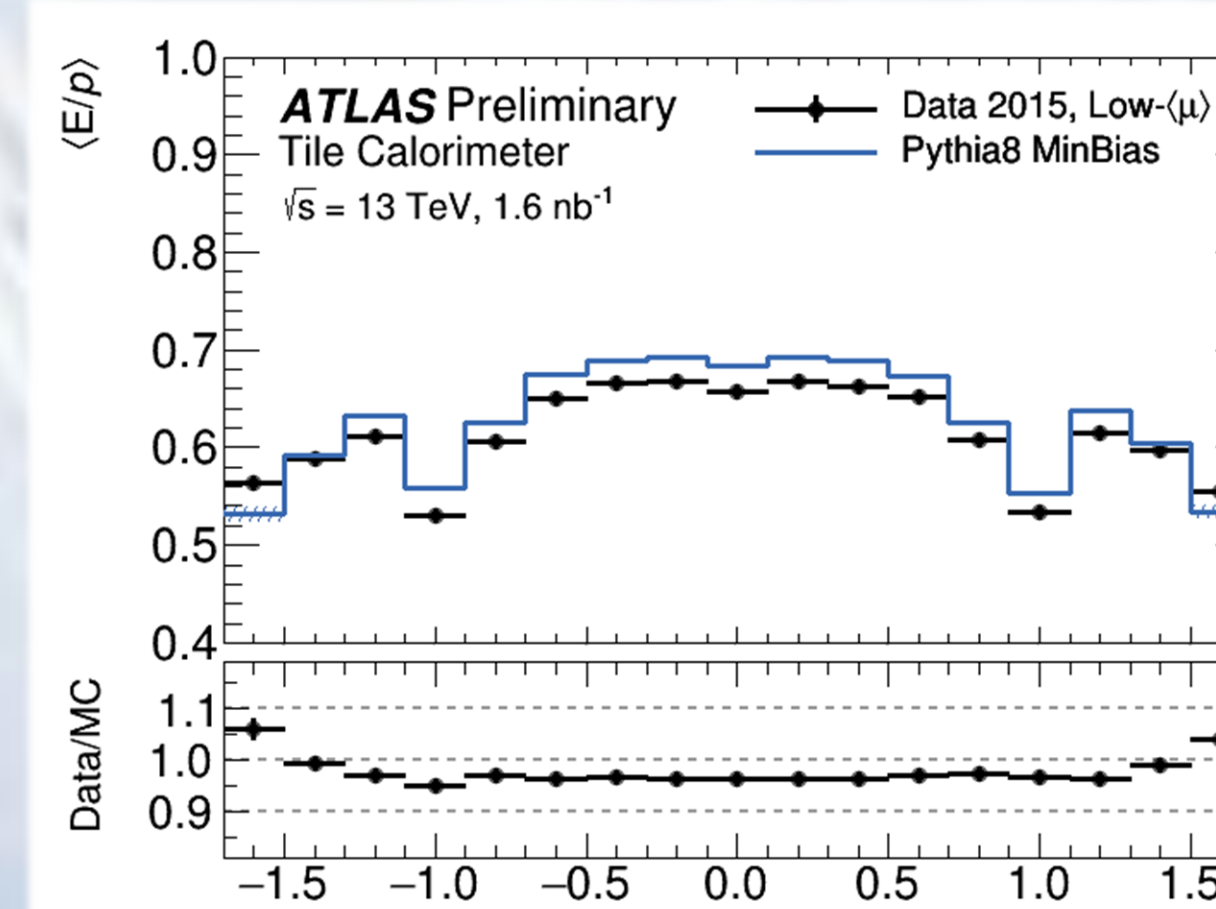


Rumore in differenti celle di TileCal.

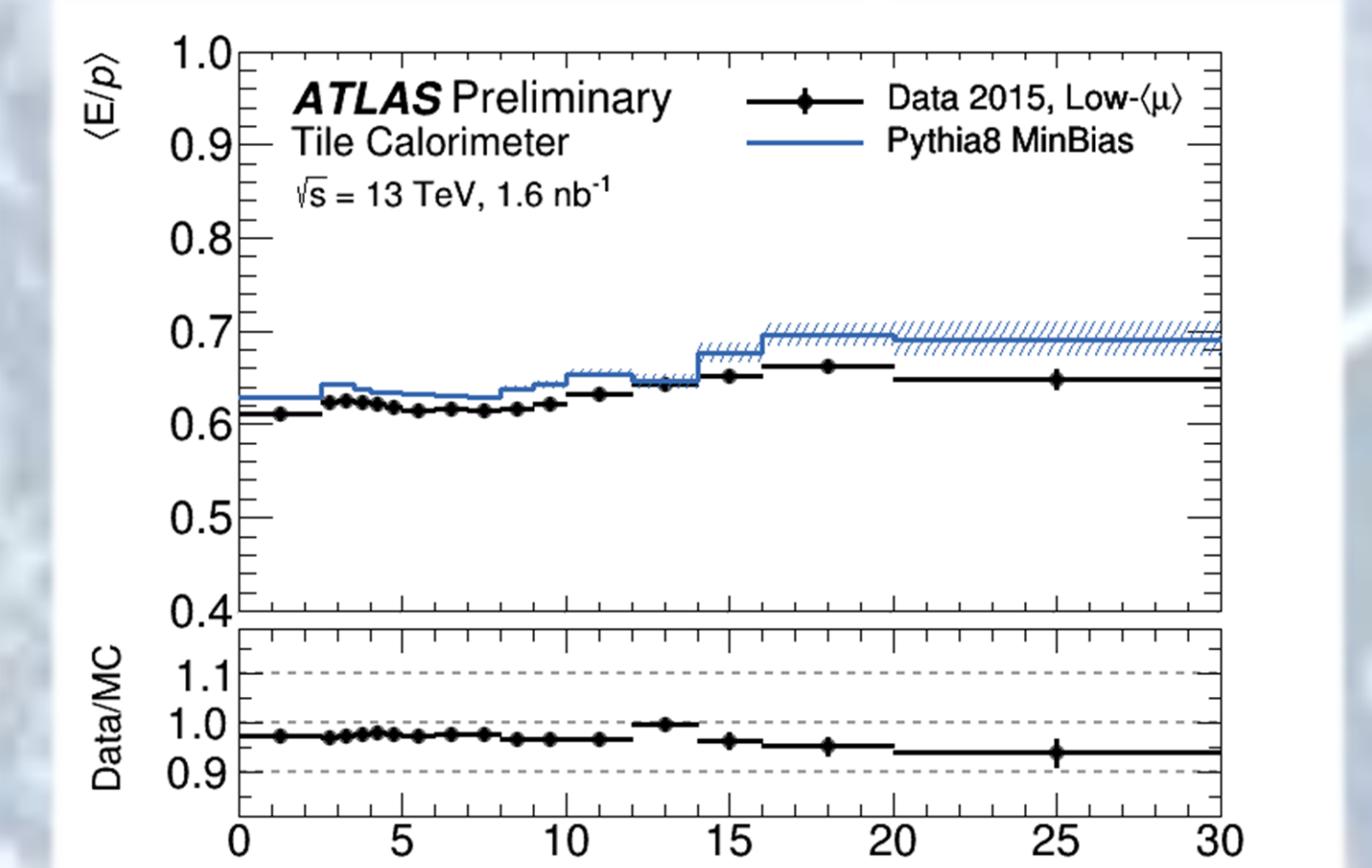
- Il rumore di ogni cella è calcolato come RMS della distribuzione di energia di tale cella. Le celle A e le celle E sono caratterizzate da maggiori valori di rumore vista la loro vicinanza al punto di interazione. Le sorgenti di rumore per ogni cella del calorimetro sono:
  - Rumore elettronico - misurato con dei run dedicati in assenza di segnale nel detector
  - Numero di interazioni per collisione

#### Adroni isolati

Il rapporto dell'energia depositata in TileCal e l'impulso misurato dal tracciatore interno  $E/p$  per un adrone carico isolato viene utilizzato per valutare l'uniformità e la linearità della risposta del calorimetro.



Valore  $\langle E/p \rangle$  in funzione della pseudo-rapidità.



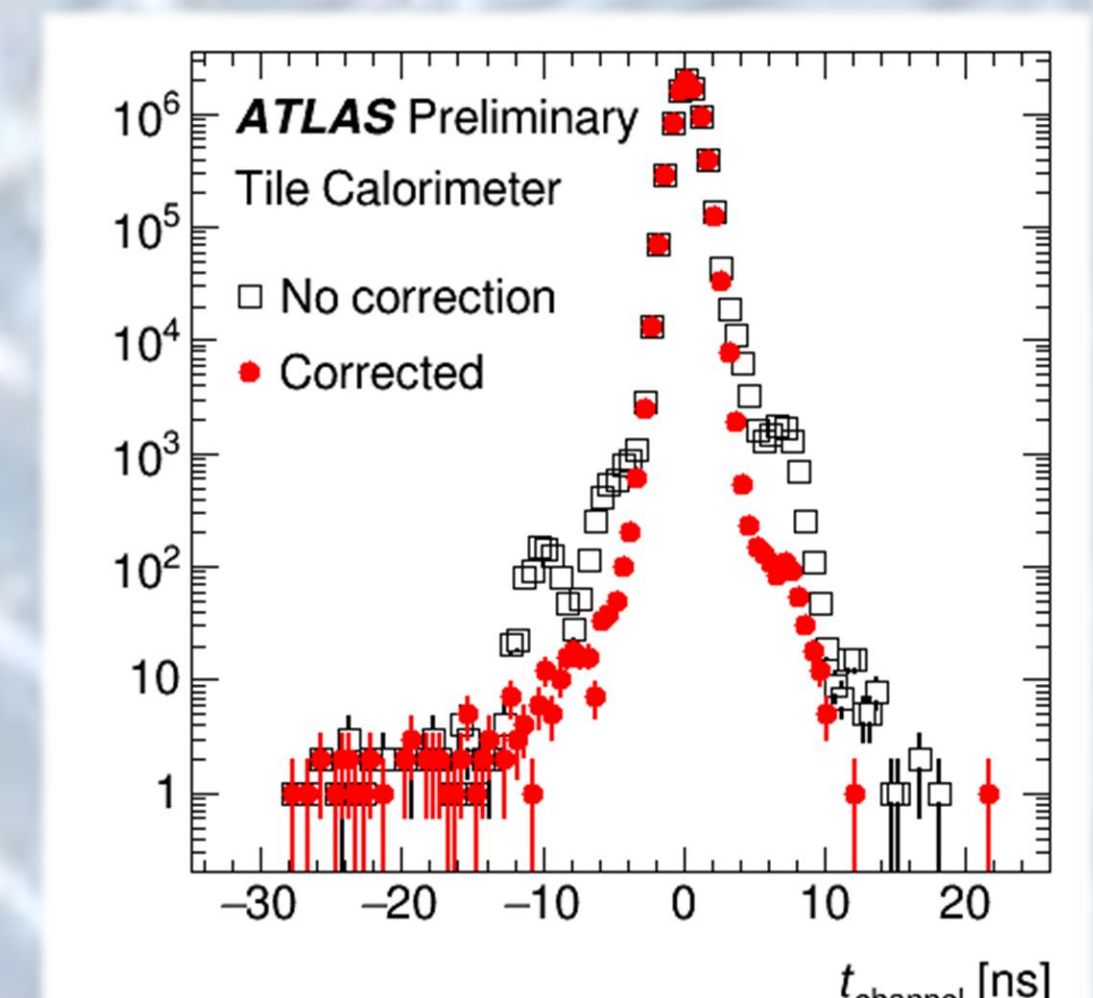
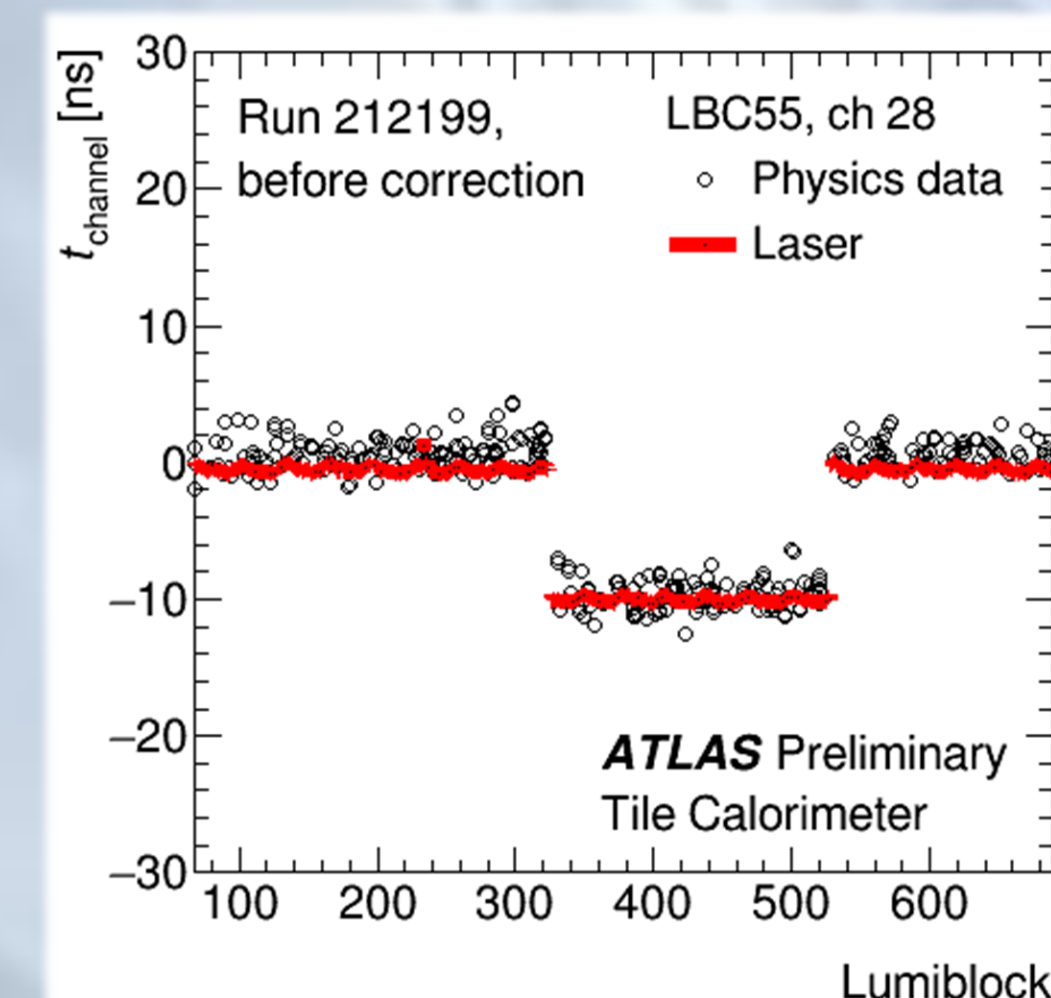
Valore  $\langle E/p \rangle$  in funzione dell'impulso dell'adrone.

I dati raccolti nel 2015 sono in accordo entro il 5% con la simulazione Monte Carlo.

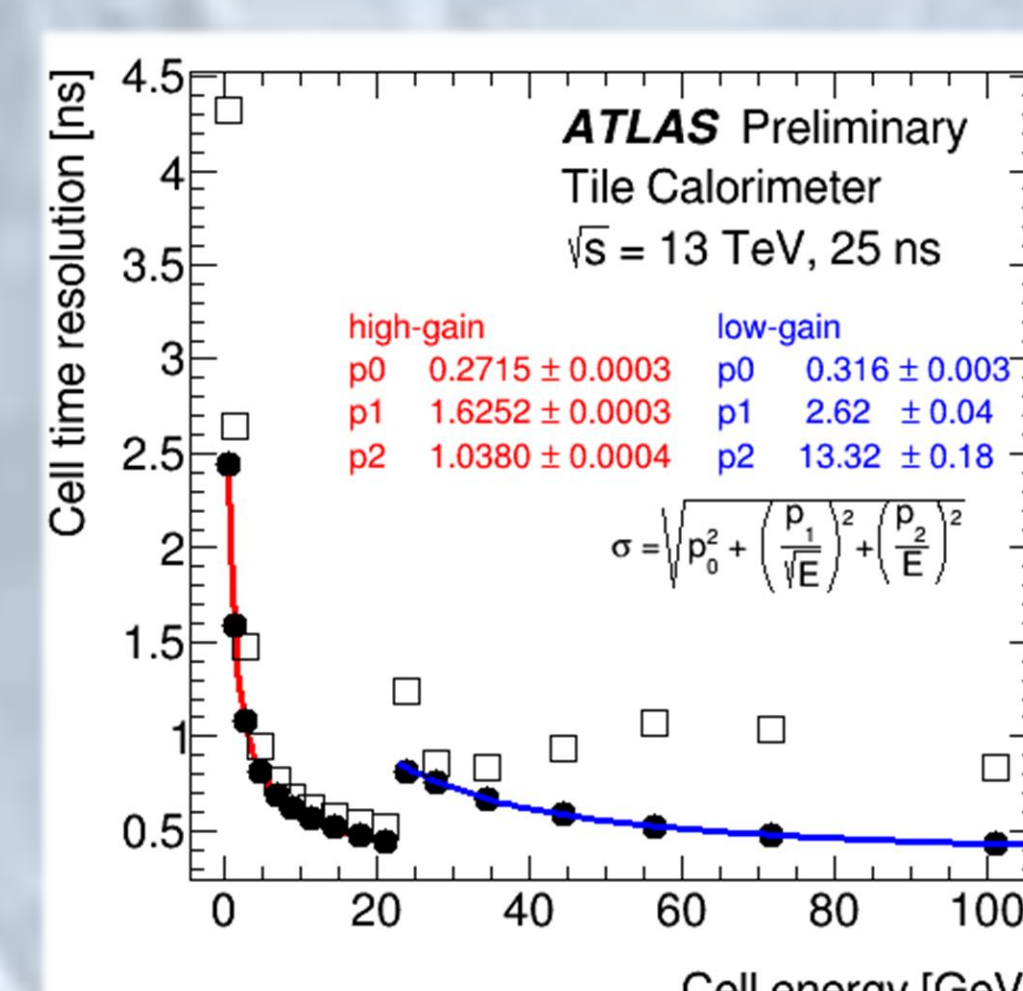
#### Calibrazione temporale

Una precisa calibrazione temporale è molto importante per la ricostruzione dell'energia in ogni cella. Durante la calibrazione temporale, per ogni canale viene calcolata una fase in modo tale che la particella, quando interagisce, produce un segnale al tempo  $t = 0 \text{ ns}$ .

La calibrazione temporale viene fatta per ogni canale di TileCal monitorando la risposta agli impulsi laser inviati nei pacchetti vuoti durante i run di fisica.



Alcuni canali soffrono di improvvisi cambiamenti di riferimento temporale (sinistra). L'impatto delle correzioni della costante temporale per questi improvvisi cambiamenti porta ad una riduzione del 9% del RMS della distribuzione temporale (destra).



Risoluzione temporale in funzione dell'energia depositata dai jet nelle celle.

- I punti neri corrispondono alla  $\sigma$  della Gaussiana mentre i quadrati sono RMS della distribuzione temporale degli eventi secondari.
- La risoluzione temporale peggiora a basse energie ed è dell'ordine dei ns.

#### Bibliografia

- <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/viewauth/AtlasPublic/ApprovedPlotsTileCalibration>
- <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasPublic/ApprovedPlotsTileDetectorStatus>
- <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/AtlasPublic/TileCaloPublicResults>