

# **Auger @ Milano**

**B.Caccianiga**

**Consiglio di Sezione 28 giugno 2013**

# La ricerca dei Raggi Cosmici di Altissima Energia con Auger

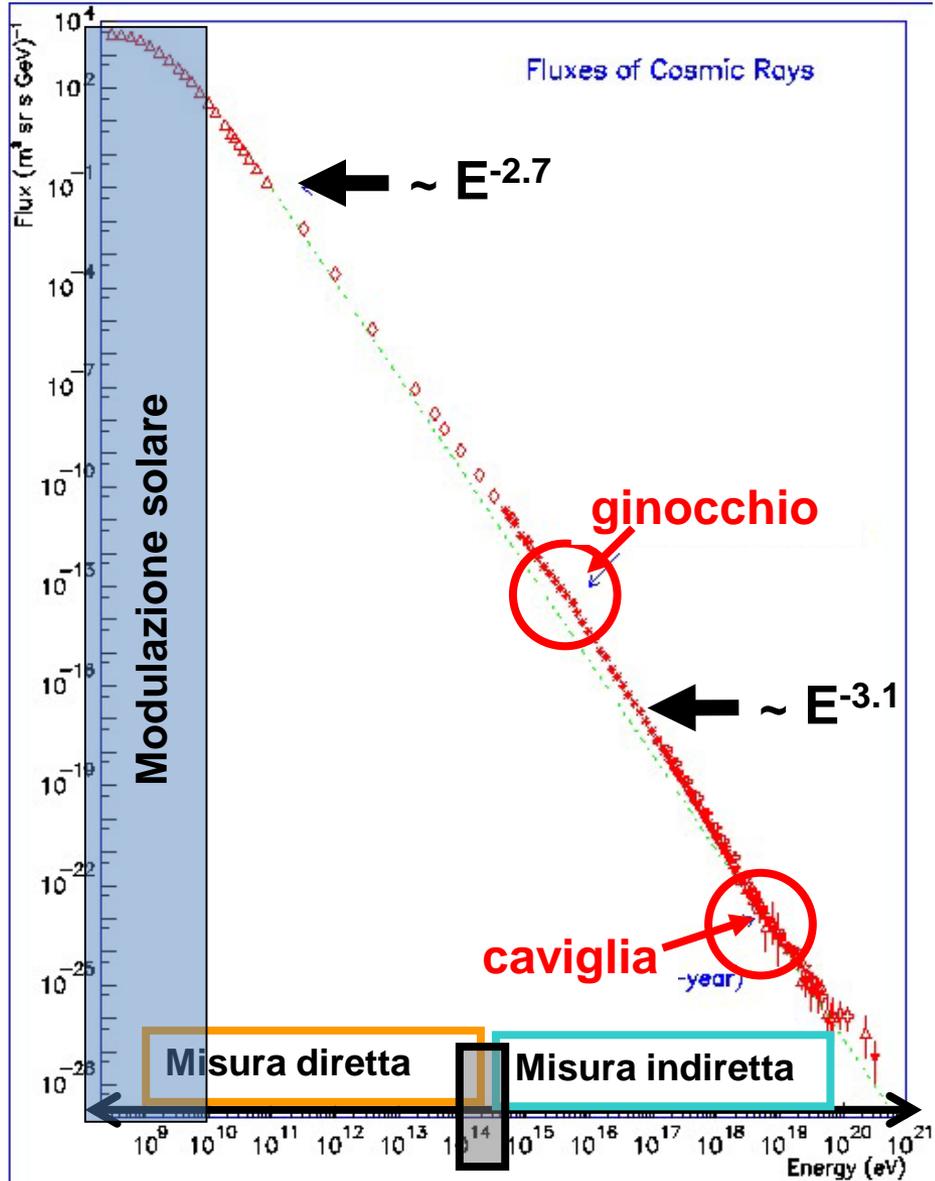
- Auger e' interessato ai raggi cosmici di piu' alta energia (full efficiency at  $E > 3 \times 10^{18}$  eV);
- Auger rivela gli sciami (EAS) generati dal raggio cosmico primario nell'atmosfera;

## Spettro raggi cosmici

- ginocchio  $E \sim 4 \times 10^{15}$  eV
- caviglia  $E \sim 3 \times 10^{18}$  eV

## Meccanismo GZK

- Interazione dei raggi cosmici con i fotoni del CMB
  - $p + \gamma_{\text{CMB}} \rightarrow \Delta \rightarrow p + \pi^0$
  - $p + \gamma_{\text{CMB}} \rightarrow \Delta \rightarrow n + \pi^+$
  - $p + \gamma_{\text{CMB}} \rightarrow \Delta \rightarrow p + e^+ e^-$
- forte soppressione del flusso per  $E > 5 \times 10^{19}$  eV (se i raggi cosmici sono protoni!);



# Domande sui raggi cosmici di altissima energia (UHECR)

## **Cosa sono?**

composizione dei raggi cosmici di altissima energia: p ? Fe?mix?  
ci sono anche neutrini e gamma?

## **Da dove vengono?**

chi produce particelle di queste energie estreme?

- annichilazione di particelle esotiche (modelli top-down)
- meccanismi di accelerazione (modelli bottom-up)

## **Qual'e' il loro spettro?**

Studio dei dettagli del flusso dei raggi cosmici in funzione dell'energia ci puo' dare informazioni sulle sorgenti e dove sono (a che punto avviene la transizione fra raggi cosmici galattici ed extra-galattici?)

## **Come si propagano?**

La propagazione dei raggi cosmici dipende da campi magnetici galattici ed extra-galattici e dalle interazioni con CMB

# L'esperimento Auger

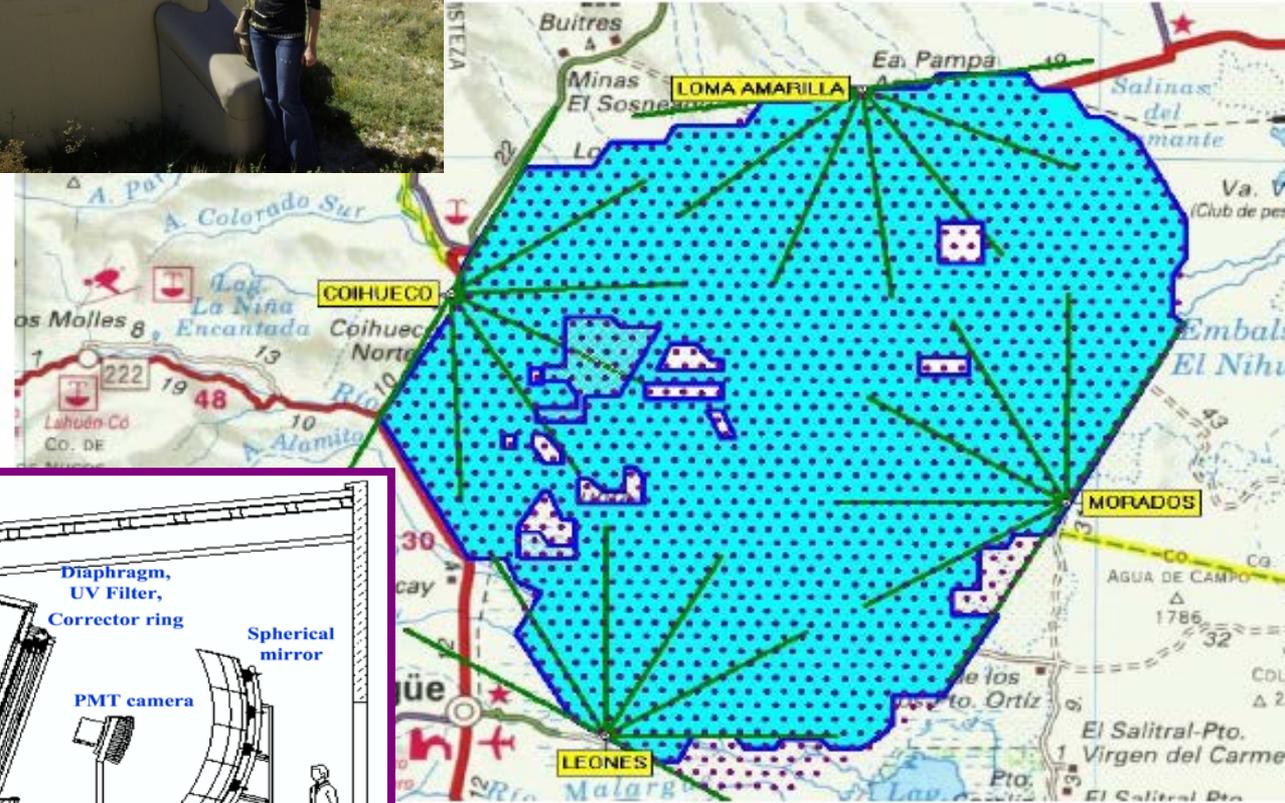
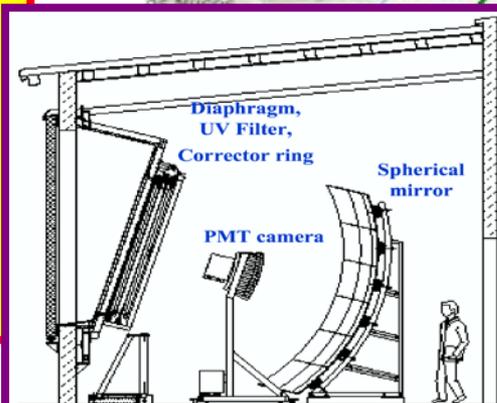
## Data-taking

- Auger prende dati dal 2008 con il rivelatore completo



**Rivelatore di superficie (SD):** griglia di 1600 taniche Cerenkov ad acqua spaziate 1.5 Km  
Area tot: 3000 Km<sup>2</sup>;

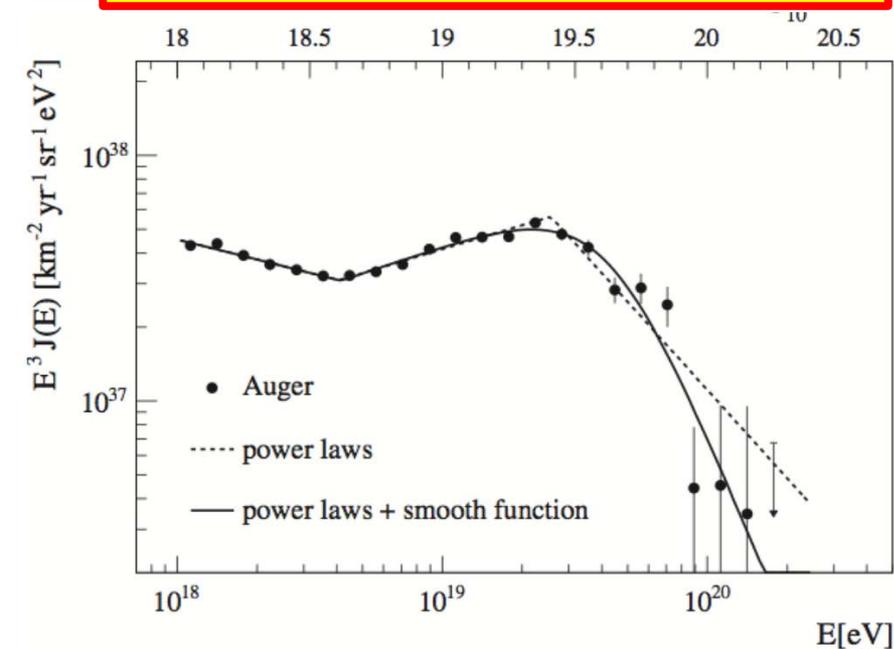
**Rivelatore di fluorescenza (FD):** 4 stazioni di telescopi per vedere la fluorescenza in atmosfera (24 telescopi in tutto)



# Risultati di Auger (1)

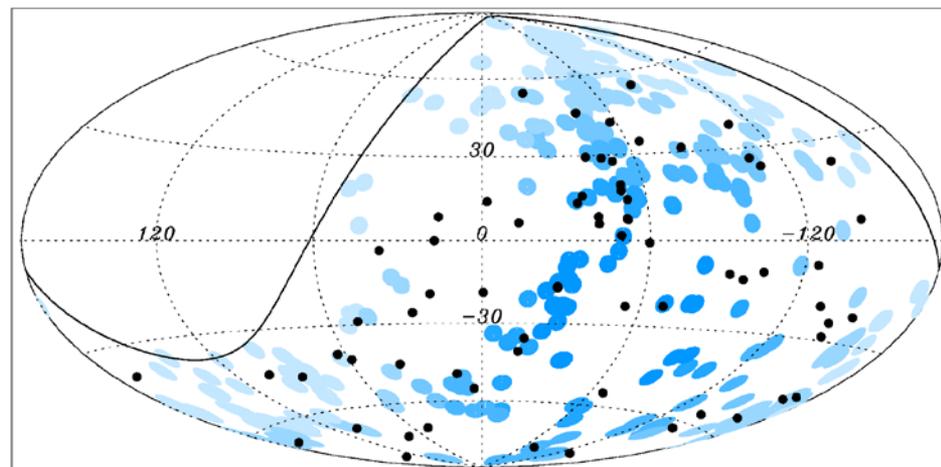
## Risultato 1)

**Spettro dei raggi cosmici:**  
Auger vede una soppressione del flusso GZK-like



## Risultato 2)

**Correlazione raggi cosmici:**  
Vede correlazione dei raggi cosmici  $E > 55 \text{ EeV}$  con AGN (33% )

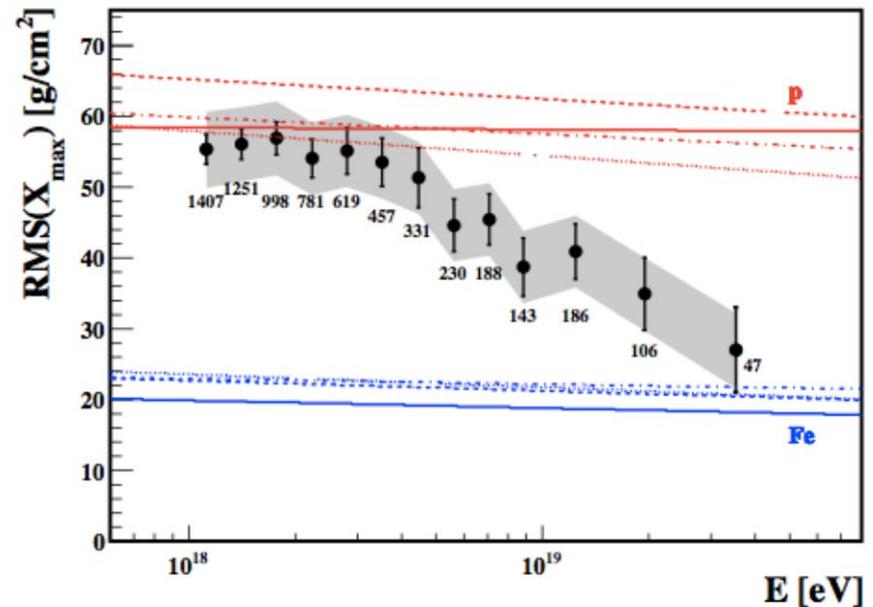
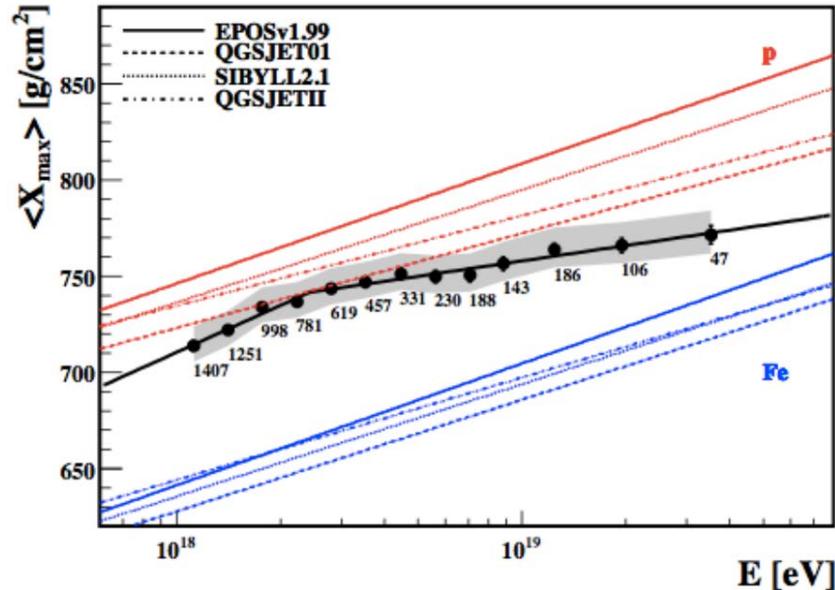


## Risultato 3)

**Non vede fotoni e neutrini di altissima energia:** sfavorisce di conseguenza i modelli top-down

## Risultato 4)

**Composizione dei raggi cosmici:** Auger vede che ad altissima energia la composizione dei raggi cosmici tende a spostarsi verso nuclei pesanti



- N.B.: Xmax e' ottenuto con il rivelatore di fluorescenza che e' in grado di studiare il profilo longitudinale dello sciame;
- Bassa statistica ad altissime energie (duty cycle di FD ~ 10%)

# Auger beyond 2015 (1)

I risultati di Auger hanno risposto a molte domande, ma ne hanno fatte nascere di nuove!

- 1) La soppressione nello spettro che vediamo e' il cutoff GZK o l'energia massima a cui i raggi cosmici possono arrivare?**
- 2) Qual'e' la composizione dei raggi cosmici ad altissima energia? Solo elementi pesanti? Ci sono anche protoni? In che percentuale?**
- 3) Studio delle interazioni adroniche ad energie  $\gg$  di quelle raggiungibili agli acceleratori**

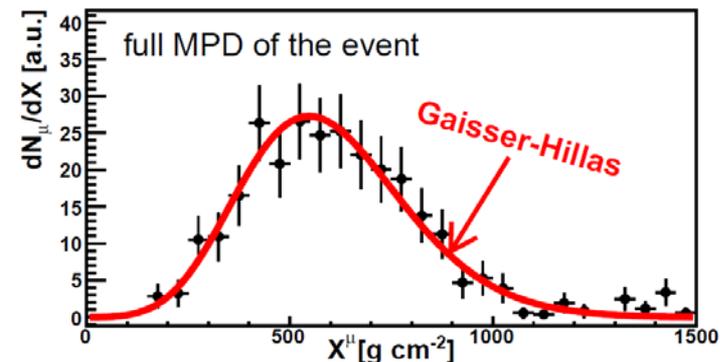
**Cruciale la capacita' di separare la componente muonica dalla componente elettromagnetica degli sciami perche' permette di fare composizione e studiare sezioni d'urto adroniche**

## L'importanza dei muoni

importanti per distinguere sciame prodotti da nuclei pesanti rispetto a sciame indotti da nuclei leggeri

- **Nuclei pesanti producono in proporzione piu' muoni;**
- **Nuclei piu' pesanti producono uno sciame che raggiunge il massimo dello sviluppo ( $X_{\max}$ ) piu' in alto nell'atmosfera rispetto a nuclei piu' leggeri;**
- **Lo stesso vale per  $X_{\max}(\mu)$ , cioe' il massimo della distribuzione del punto di produzione dei mu**

Fare composizione con i muoni permette di avere alta statistica perche' si utilizza il rivelatore di superficie (duty cycle~100%)

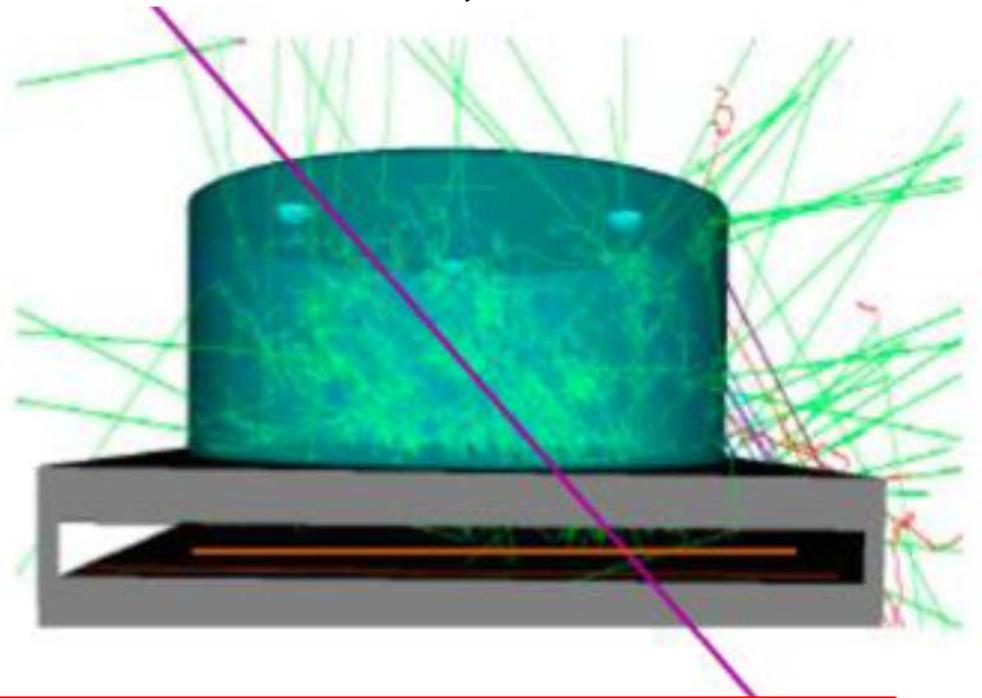


# Auger beyond 2015 (3)

- La collaborazione sta studiando in parallelo diverse soluzioni per un upgrade concentrato in principal modo sulla rivelazione dei muoni
- **La decisione finale su quale soluzione scegliere verra' presa nel 2014 dopo completamento di studi di fattibilita';**

## Diverse possibilita'

1. Abbinare a ciascuna tanica Cerenkov un rivelatore addizionale (RPCs, scintillatori);
2. modificare la tanica Cerenkov "segmentandola" in due parti.



**Il gruppo italiano sta in questo momento studiando la possibilita' di utilizzare degli scintillatori plastici da posizionare sotto ciascuna tanica**

## Auger beyond 2015 (4)

- L' MOU fra i vari enti finanziatori di Auger scade nel 2015;
- Sottomissione di un proposal per l'estensione di Auger Beyond 2015 al Financial Board a settembre 2013;
- Il proposal verra' valutato da un panel internazionale di esperti (Scientific Advisory Committee -SAC) di cui e' parte anche R.Battiston;
  1. Francis Halzen
  2. Christian Spiering
  3. Tom Gaisser
  4. Roberto Battiston
  5. Christophe de la Taille
  6. Henry Sobel
  7. Felix Mirabel
- Il panel sara' chiamato a dare un parere sull'interesse del caso scientifico di Auger Beyond 2015 entro la fine dell'anno (probabilmente Novembre 2013);

# Auger@ Milano: anagrafica 2014

Barbara Caccianiga (Ricercatore INFN):	60%
Marco Giammarchi (Primo ricercatore INFN):	50%
Lino Miramonti (Ricercatore universitario):	60%
Mariangela Longhi (Ricercatore universitario):	40%
Laura Collica (Dottoranda):	100%
Vito Antonelli (Associato INFN):	50%

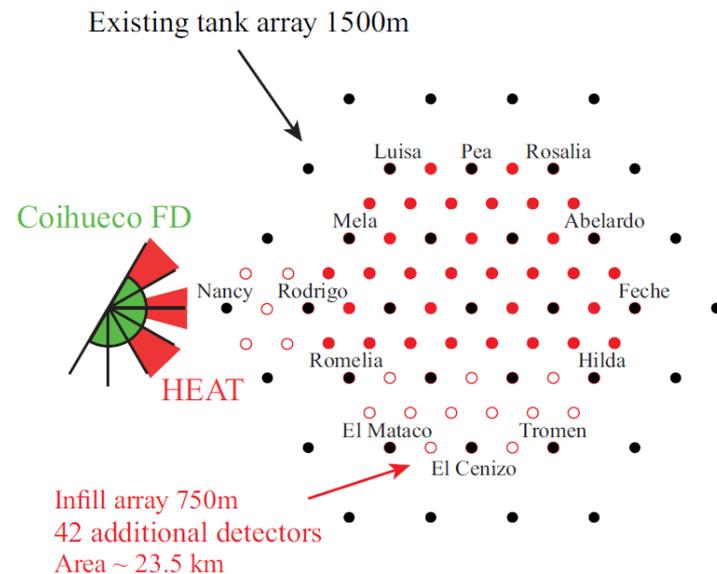
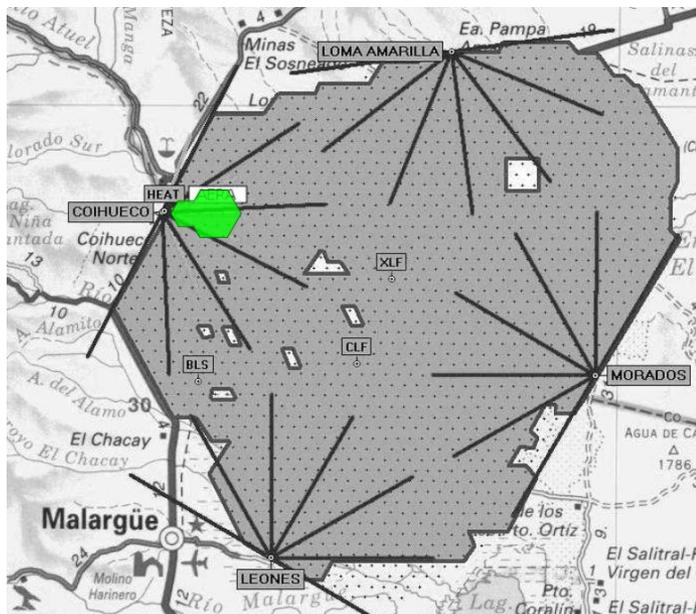
**TOTALE: 3.6 FTE**

# Auger@ Milano: lavoro nell'ambito dell' INFILL

**INFILL** sottoinsieme dell'array di superficie con una spaziatura piu' piccola per abbassare la soglia ( $E > 3 \times 10^{17}$  eV);

- 61 taniche Cerenkov  $d=750\text{m}$ ;
- completato nel 2011;

**Lo scopo dell'INFILL e' quello di studiare lo spettro nella regione dove avviene la transizione fra componente galattica ed extra-galattica**



**AMIGA:** sotto ciascuna tank dell'INFILL si vogliono mettere scintillatori plastici per misurare la componente muonica (e quindi la composizione)

- Si sta realizzando un esagono di test (Unitary Cell)

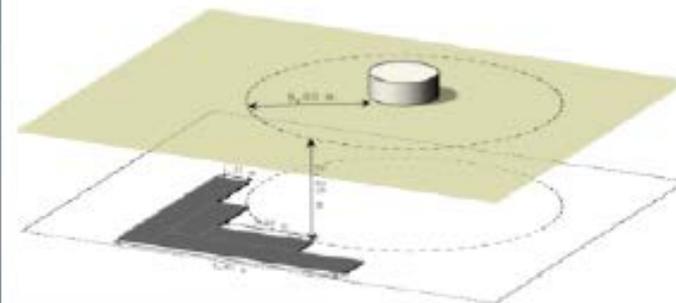
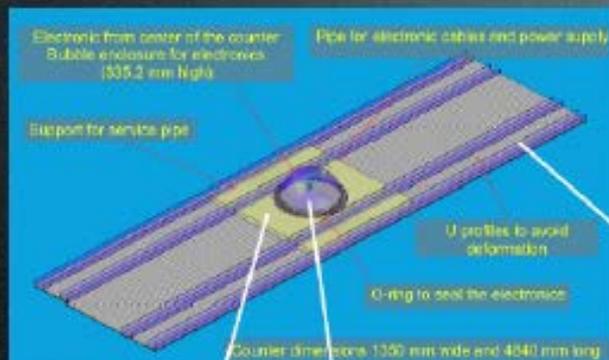
## **Analisi dati:**

- studio dello spettro dei raggi cosmici nella regione di transizione fra galattici ed extra-galattici utilizzando l'INFILL;
- Hugo Marcelo Rivera Bretel "*Cosmic Rays studies at energies starting from  $10^{17}$  eV using the Pierre Auger Observatory INFILL Array*" (discussa febbraio 2013);

## **'Attività' sperimentali (in collaborazione con Torino)**

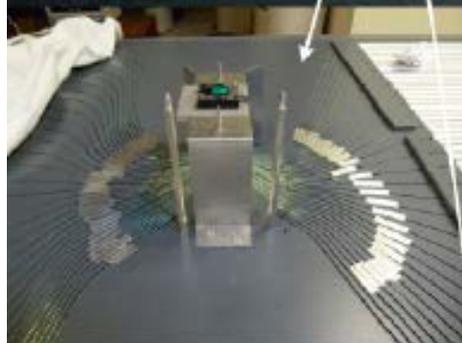
- realizzazione di alcuni dei moduli di scintillatore per la Unitary Cell (in totale 40 m<sup>2</sup> di scintillatore plastico);
- spediti qualche settimana fa in Argentina;
- Tesi triennale su questo argomento
- Davide Romagnoli "*Costruzione e caratterizzazione di rivelatori di muoni per il progetto AMIGA dell'esperimento Auger*" (discussa Aprile 2013)

## I contatori di muoni di AMIGA



**Scintillatore:**  
64 strip di 4 m (2 m)  
x 4.1 x 1.0 cm  
32 per parte rispetto  
al dome centrale con  
il PMT

polistirene estruso  
DOW Styron 663W



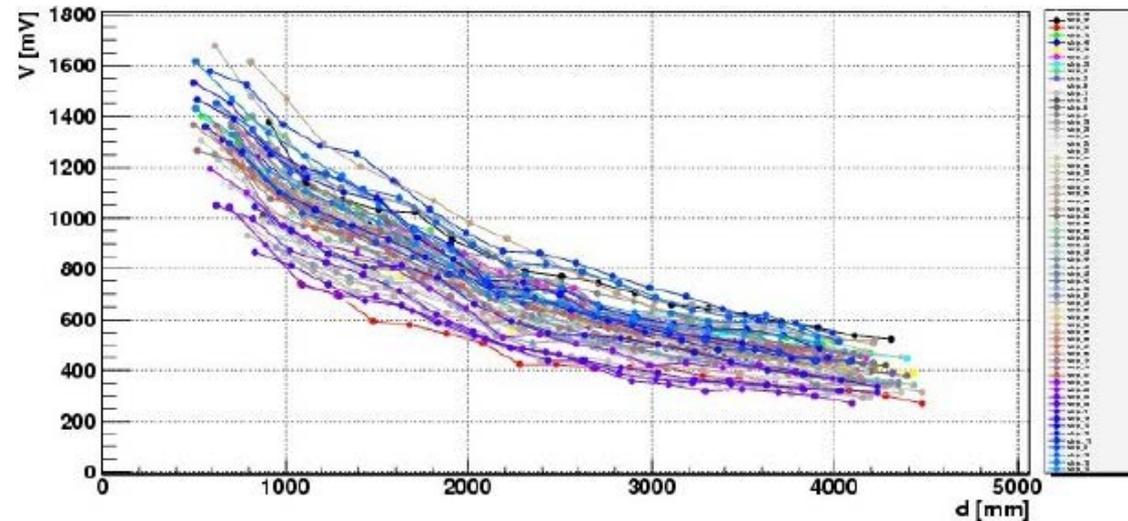
**Fibre ottiche:** 64 fibre di 4 m (2 m)  
BCF-92 St.Gobain



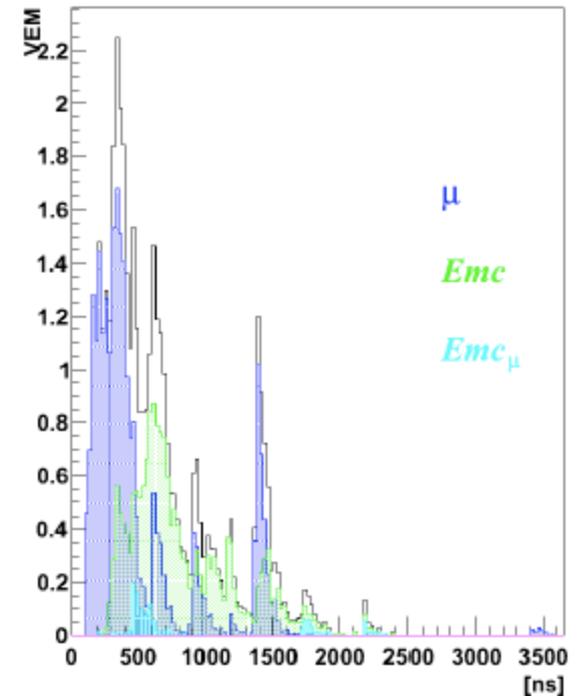
**PMT:** multipixel Hamamatsu H8804-200MOD

# Auger@ Milano: lavoro nell'ambito dell' INFILL

- I moduli sono stati assemblati, testati e caratterizzati presso l'officina di Torino;
- Il nostro impegno sugli scintillatori per AMIGA INFILL si e' concluso con la spedizione dei moduli di scintillatore in Argentina;



- **Qual'è la natura dei raggi cosmici di  $E > 5 \times 10^{19}$  eV? Sono nuclei pesanti? Sono un misto di nuclei di diversa Z? C'è una percentuale di protoni?**
  - Dalla forma del segnale nelle taniche Cerenkov è possibile distinguere il segnale dei muoni da quello dovuto a elettroni e gamma;
  - Dalla distribuzione dei tempi di arrivo dei mu a terra è possibile determinare l'altezza di produzione dei muoni (Muon Production Depth MPD);
  - MPD è un buon estimatore per studi di composizione, complementare a  $X_{\max}$



Tesi di dottorato di Laura Collica

“Composition study of Ultra-High Energy Cosmic Rays with the Pierre Auger observatory” difesa prevista nel 2014

# Auger@ Milano: coinvolgimento nell'upgrade

**IDEA: posizionare uno scintillatore plastico sotto ciascuna delle tank Cerenkov del rivelatore di superficie**

Design del prototipo

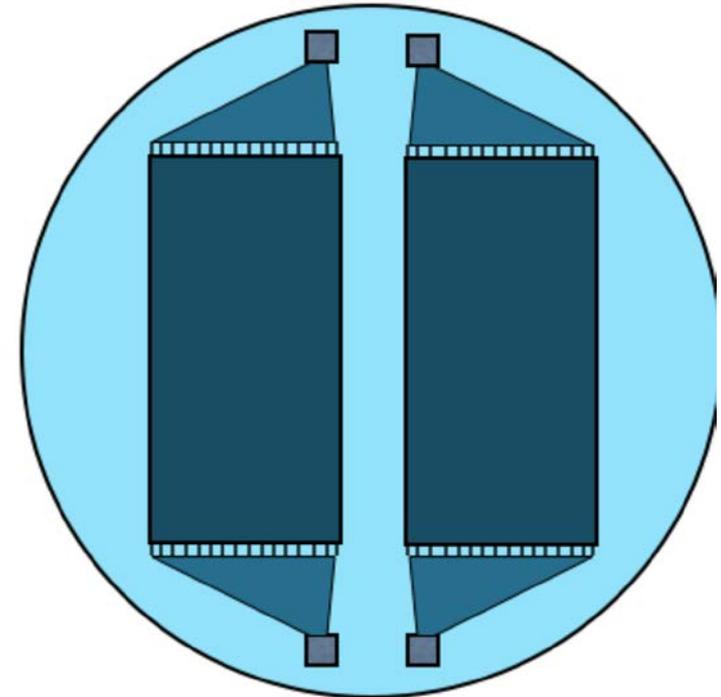
**Per ogni tank**

- 2 moduli da  $2 \times 1 \text{ m}^2$  sotto ogni tanica;

**Per ogni modulo**

- 10 barre di scintillatore da  $0.1 \times 1 \text{ m}^2$
- 1 PMT per parte (se si vuol leggere in maniera integrata)
- alternativamente ogni barra letta da 1 SiPM;

**Vista dall'alto**



**L'idea e' di combinare le informazioni provenienti da ciascuna tanica Cerenkov con quelle provenienti dallo scintillatore sfruttando il fatto che la componente elettromagnetica viene significativamente attenuata dall'acqua della tank;**

## Schedula

### **Studi MonteCarlo (in corso)**

- Per verificare la capacità del metodo di separare componente muonica da componente elettromagnetica;
- Fine-tuning dei parametri costruttivi (dimensioni degli scintillatori, geometria ecc..);

### **Realizzazione di un prototipo (2013)**

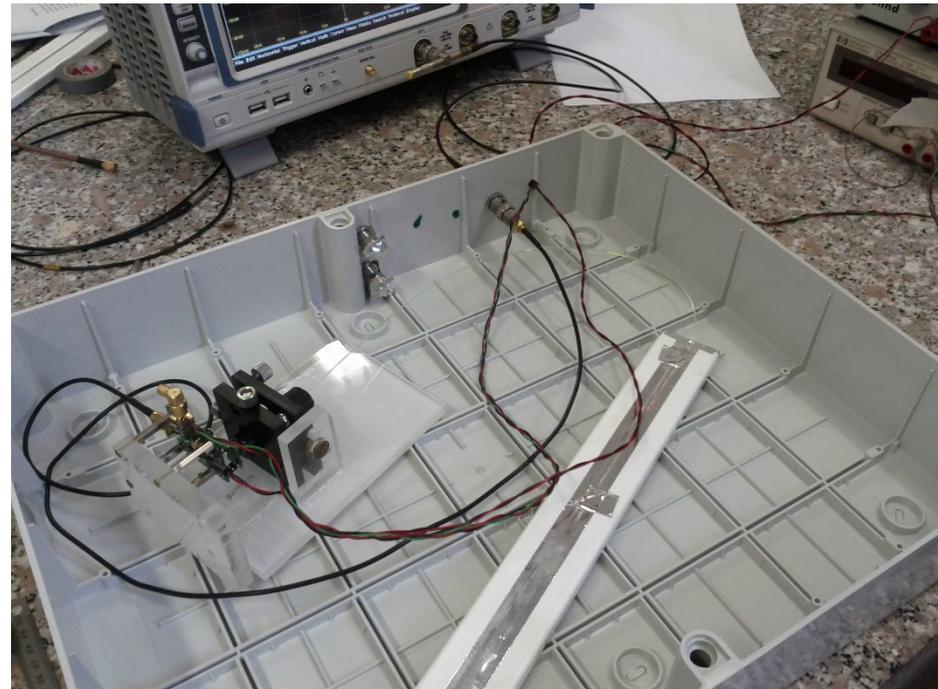
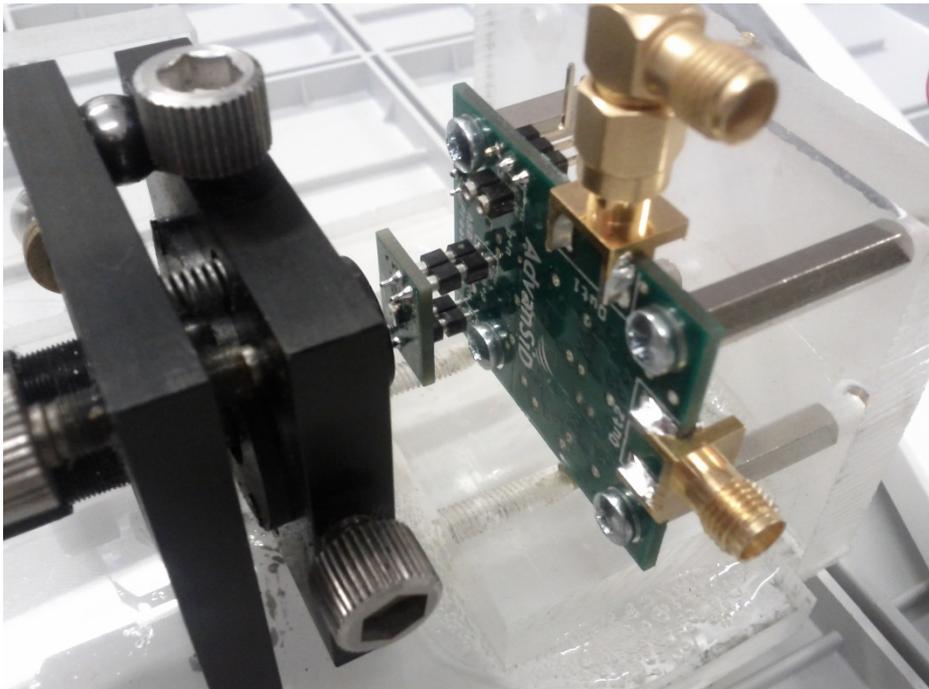
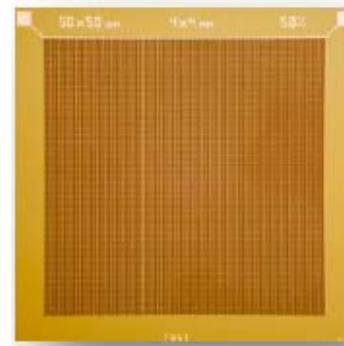
- Costruzione di un prototipo (2 moduli di scintillatori) presso l'officina di Torino sfruttando l'esperienza acquisita per i rivelatori di AMIGA;
- Studio in parallelo dell'opzione SiPM in alternativa a PMT convenzionali;

### **Realizzazione di 14 moduli da posizionarsi sotto un array di 7 taniche (un esagono e quella al centro) (2014)**

- Per dimostrare la fattibilità e studiare le performance

# Auger@ Milano: coinvolgimento nell'upgrade

Set-up sperimentale per la caratterizzazione dei **SiPM** accoppiati agli scintillatori plastici per la realizzazione delle camere muoniche



# Auger a Milano: richieste finanziarie 2014 (preliminare)

Capitolo	Richieste	Motivazione
<b>Missioni</b>	30 kEuro	Meeting Malargue, meeting coll.italiana
<b>Consumo</b>	5 kEuro	Laboratorio test SiPM
<b>Apparati</b>	10 kEuro	Fibra ottica per realizzazione working array
<b>Impianti attrezzature</b>	10 kEuro	Realizzazione contenitori per scintillatori da interrare
<b>TOTALE</b>	<b>55 kEuro</b>	