

# INTERNATIONAL COSMIC DAY

INFN, Sezioni di Napoli  
6 November 2019

Come si rivelano  
i raggi Cosmici?

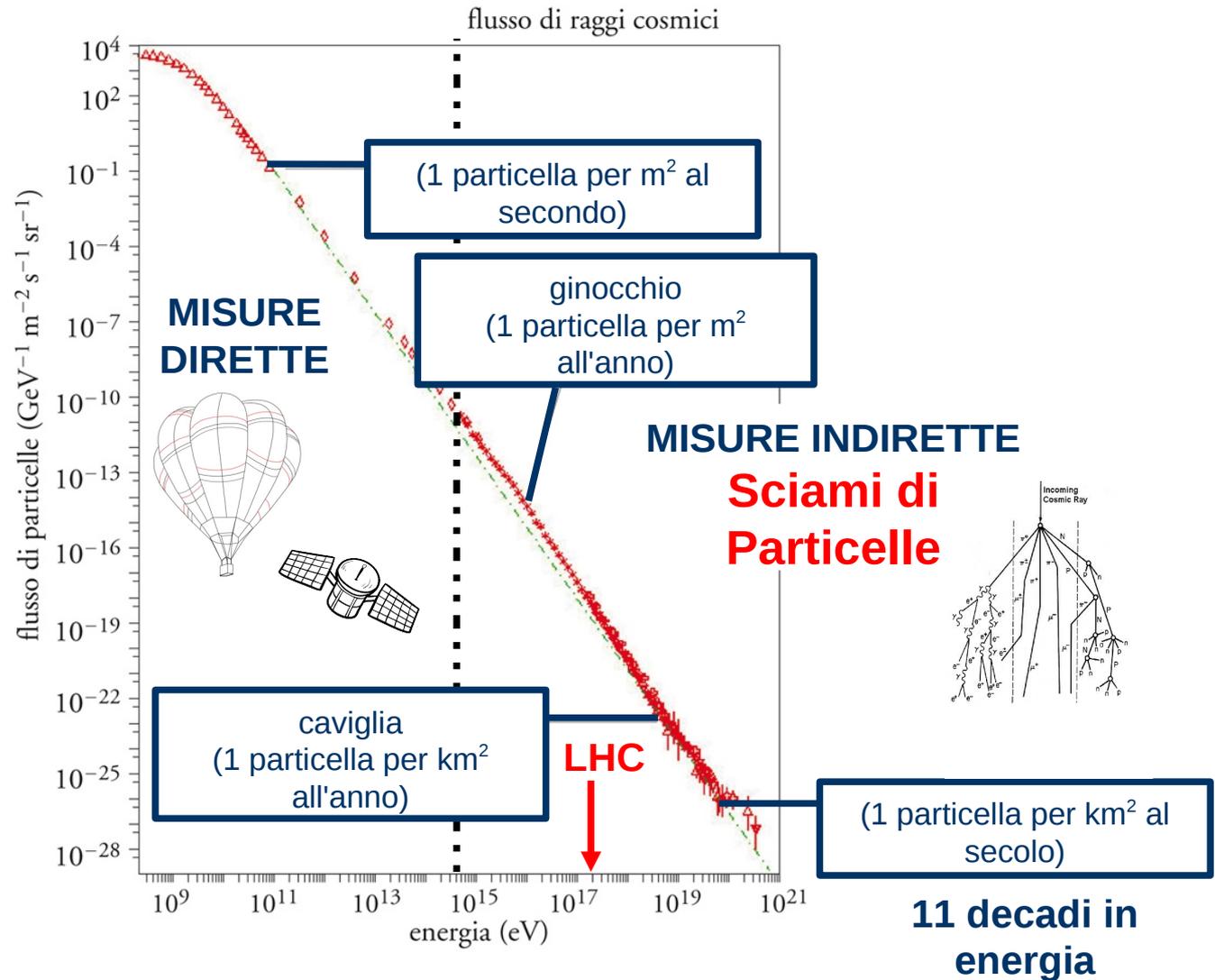
Roberta Colalillo  
Università degli Studi di Napoli  
"Federico II" e INFN Napoli

Image credit: DESY, Science Communication Lab



# Lo Spettro dei Raggi Cosmici

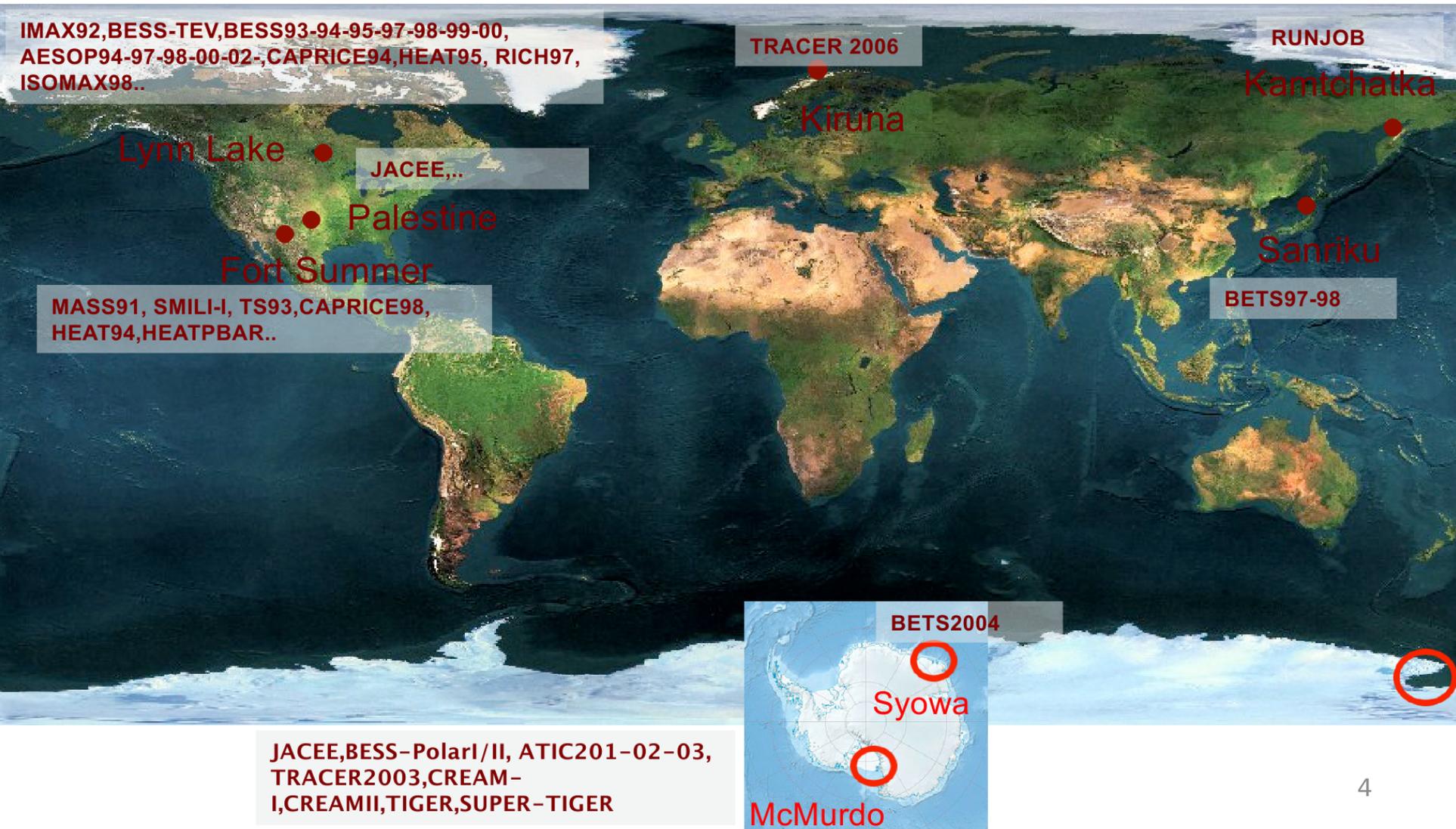
32 decadi in intensità



Pronti per il VOLO!!!



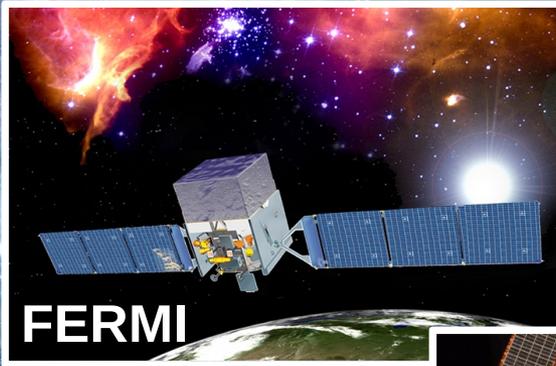
# Palloni Stratosferici: da poche ore a mesi



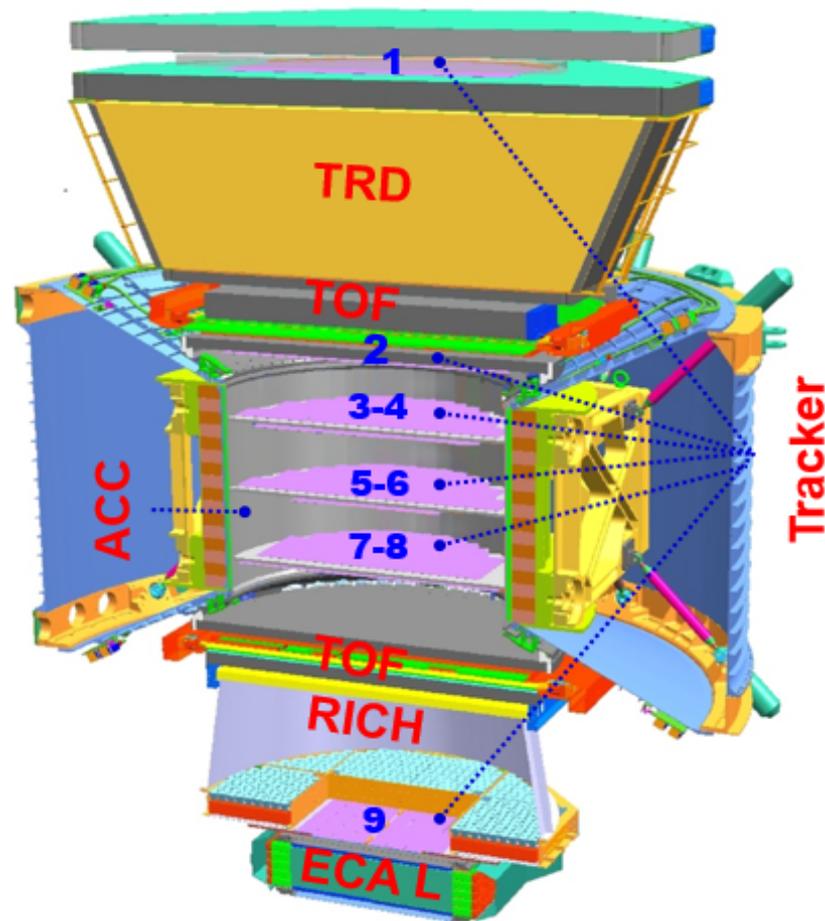


16 Maggio 2011  
AMS-02 parte da Cape Canaveral  
a bordo dell'Endeavour

# Ed eccoci nello Spazio



# AMS-02



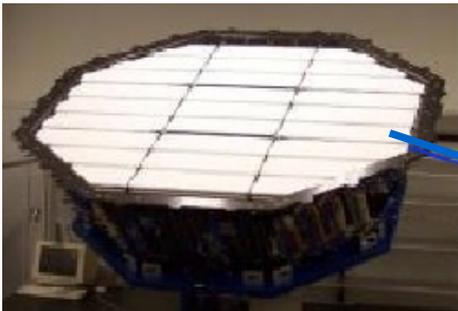
Dimensioni: 5 m x 4 m x 3 m; 64 m<sup>3</sup>

Peso: 8500 kg

Potenza: 2500 W → 1 asciugacapelli

# AMS-02

TRD: **identifica elettroni**



Tempo di Volo: **Z, E**



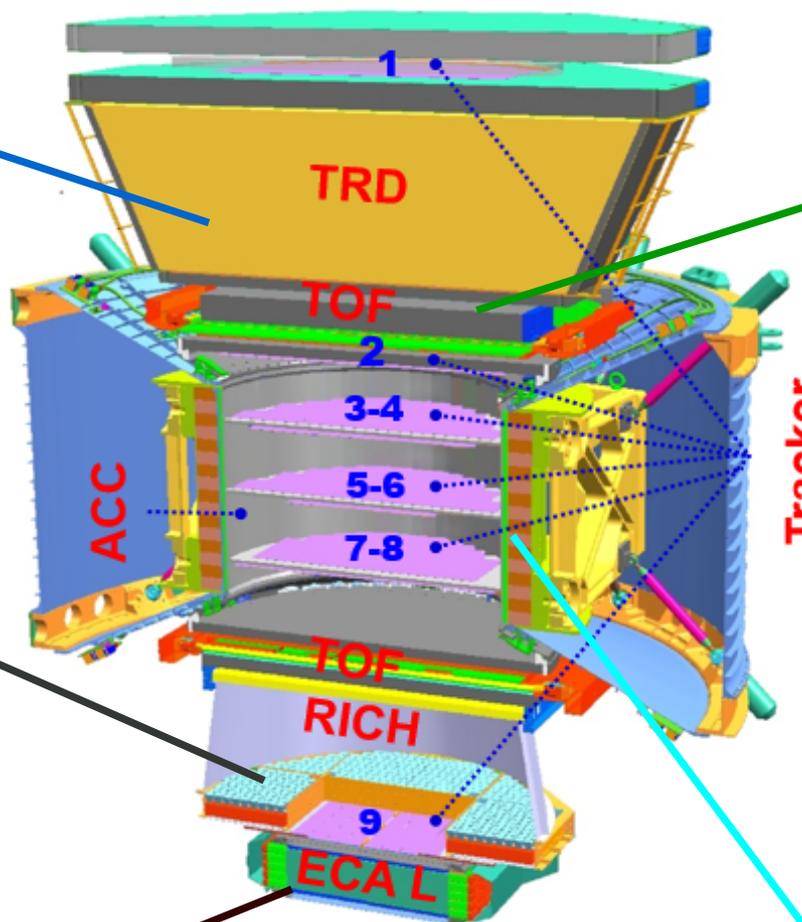
RICH: **Z, E**



Tracciatore: **Z, P**



Calorimetro  
Elettromagnetico:  
**E degli elettroni**

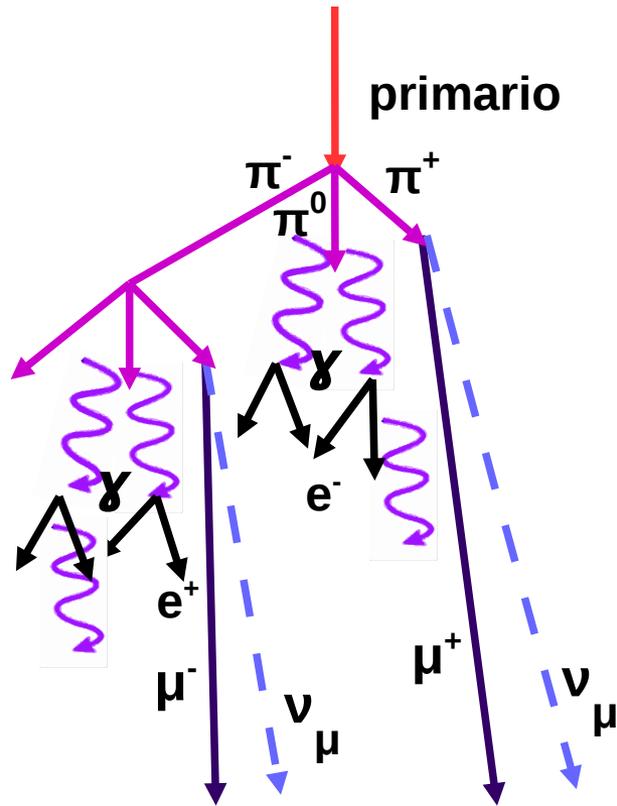


Magnete:  **$\pm Z$**

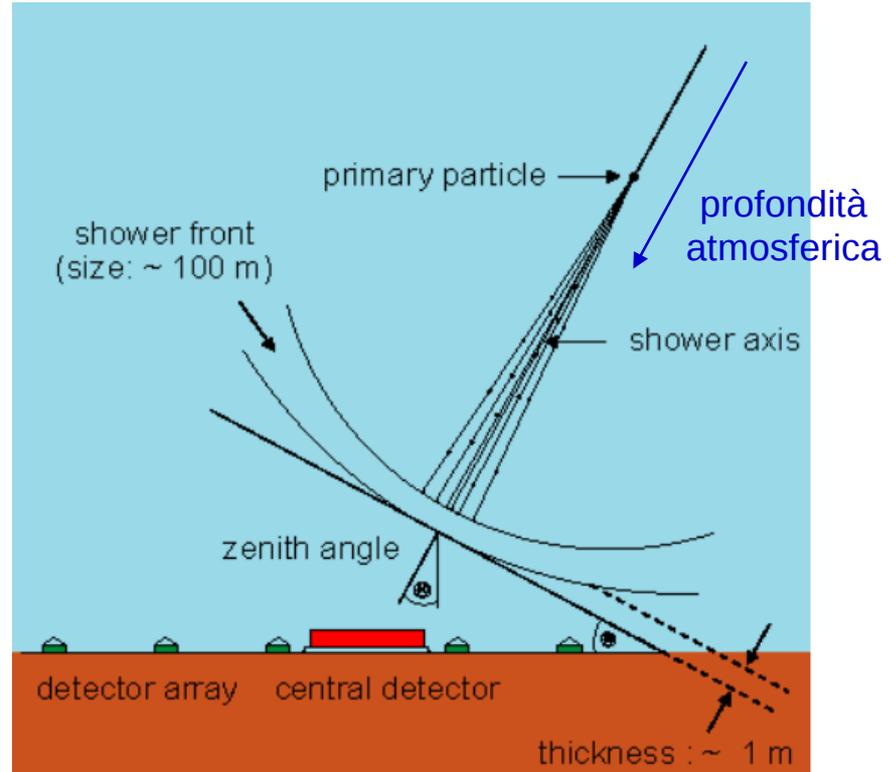


Le particelle sono definite dalla loro carica (**Z**), energia (**E**) e momento (**P**)

# Caratteristiche di uno Sciame Atmosferico Esteso



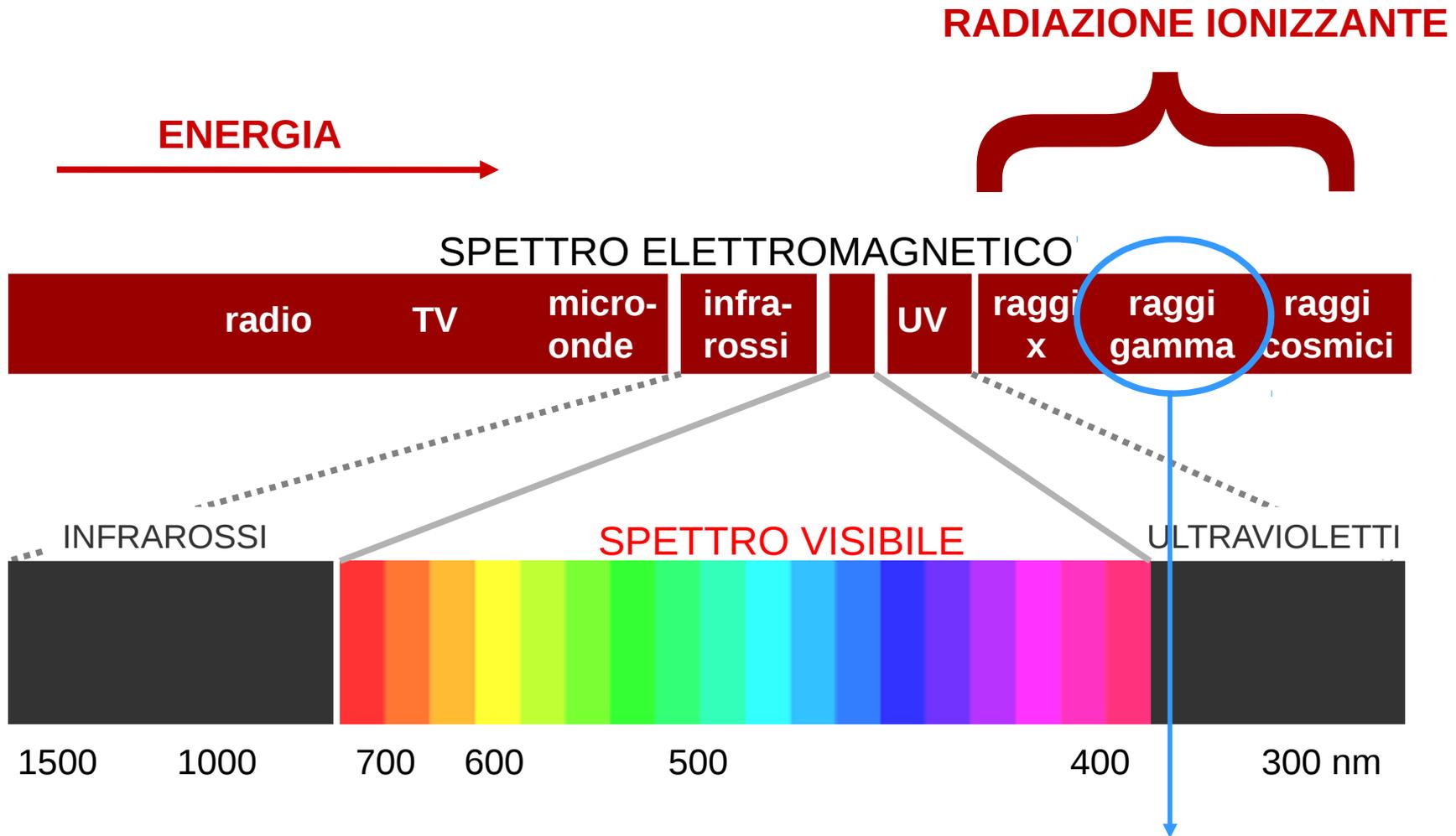
Componente Adronica;  
Componente Elettromagnetica;  
Componente Muonica.



# Tecniche di Rivelazione di uno Sciame Atmosferico Esteso



# Cherenkov Telescope Array (CTA)



Non sono deflessi dai campi magnetici essendo particelle cariche e puntano direttamente alle sorgenti.

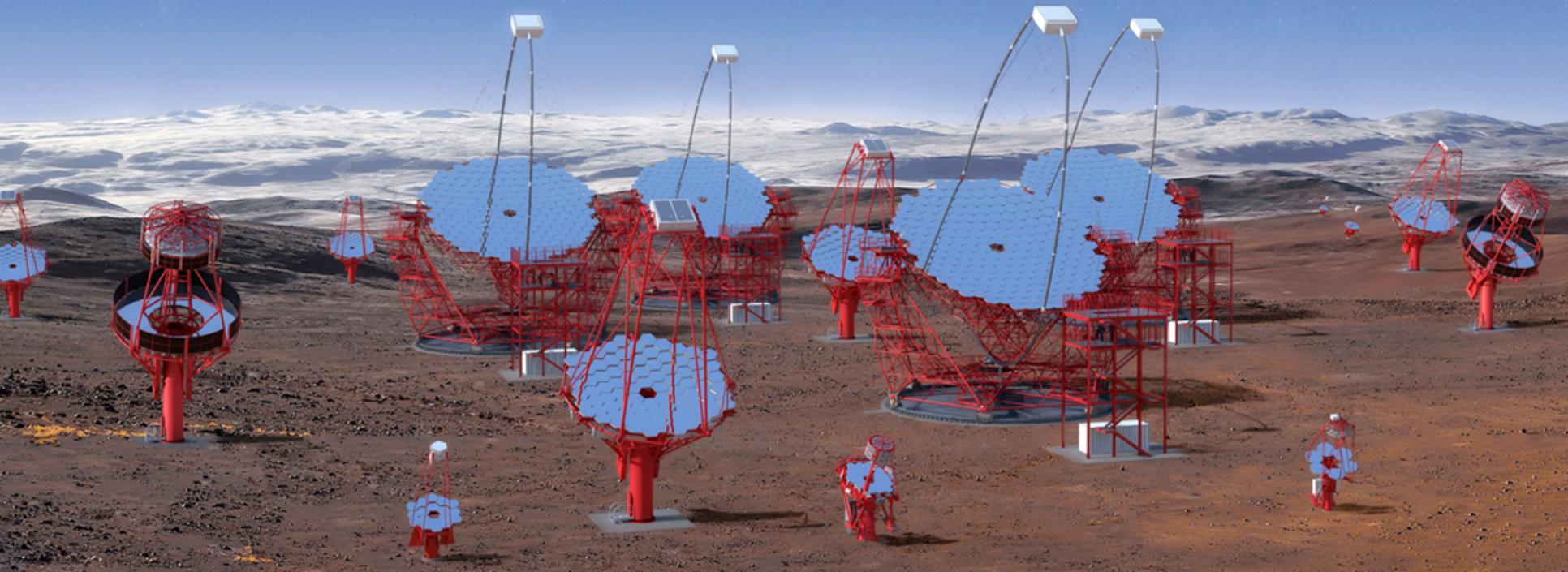
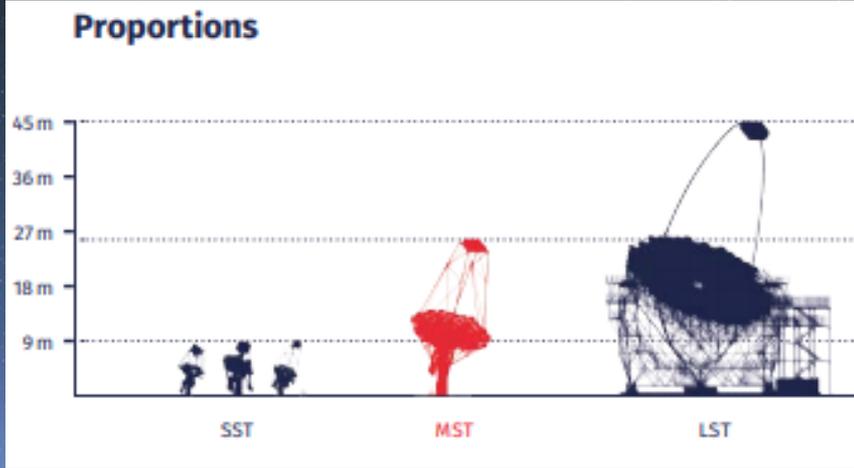
# Cherenkov Telescope Array (CTA)



CTA sarà in grado di rivelare centinaia di oggetti celesti nella nostra galassia.

Tra queste sorgenti galattiche vi sono resti di esplosioni di supernova, stelle super dense e rotanti, meglio note come pulsar, e stelle più comuni di sistemi binari o in grandi ammassi. Oltre la Via Lattea invece, CTA rivelerà galassie con intensa formazione stellare e galassie con buchi neri super massicci al centro (Nuclei Galattici Attivi) ed eventualmente anche interi ammassi di galassie.

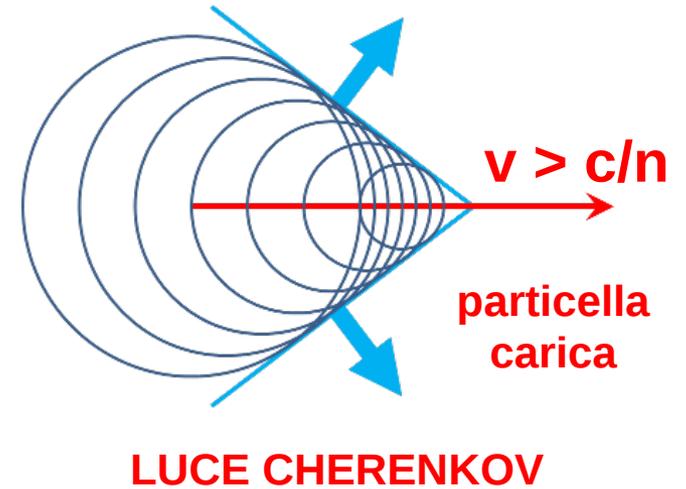
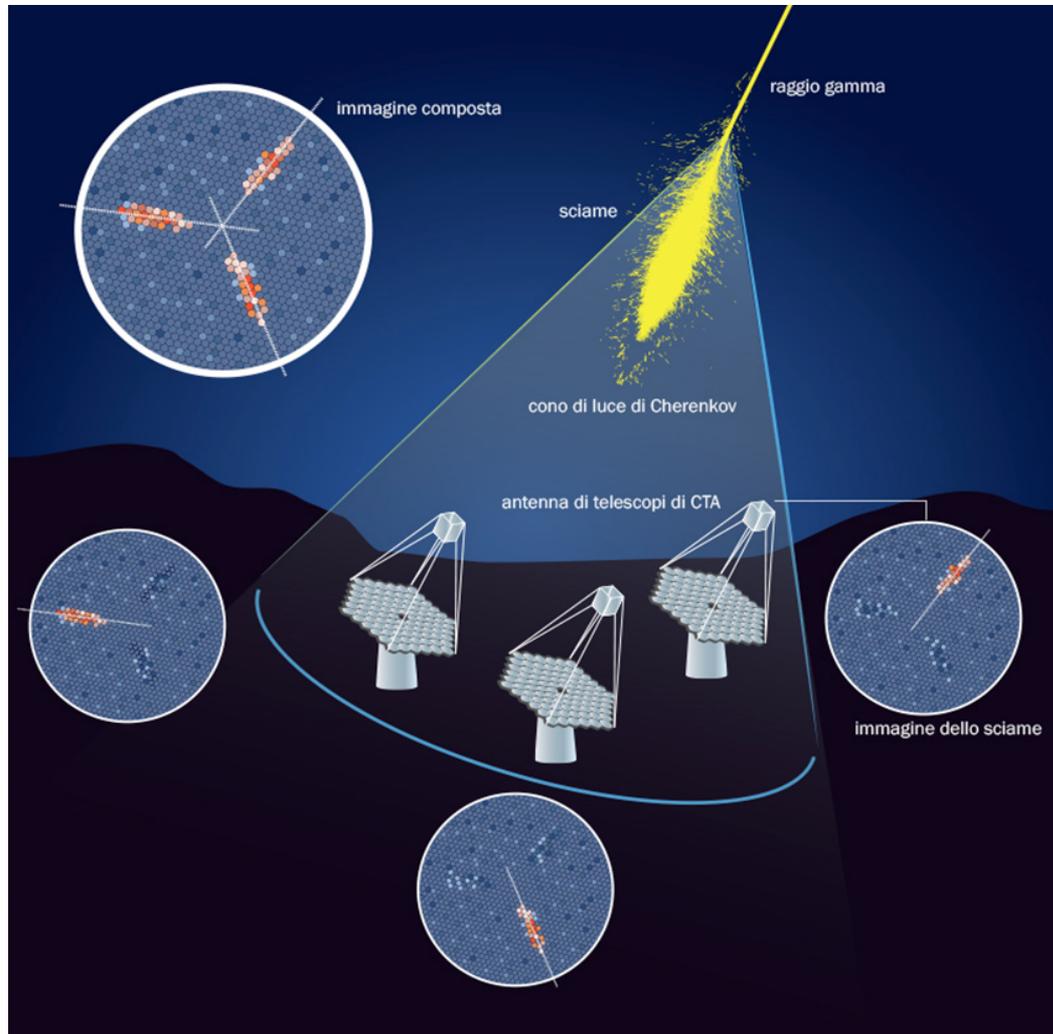
# Cherenkov Telescope Array (CTA)



# Cherenkov Telescope Array (CTA)



# Cherenkov Telescope Array (CTA)



# Inaugurazione LST1: 10 Ottobre 2018, La Palma

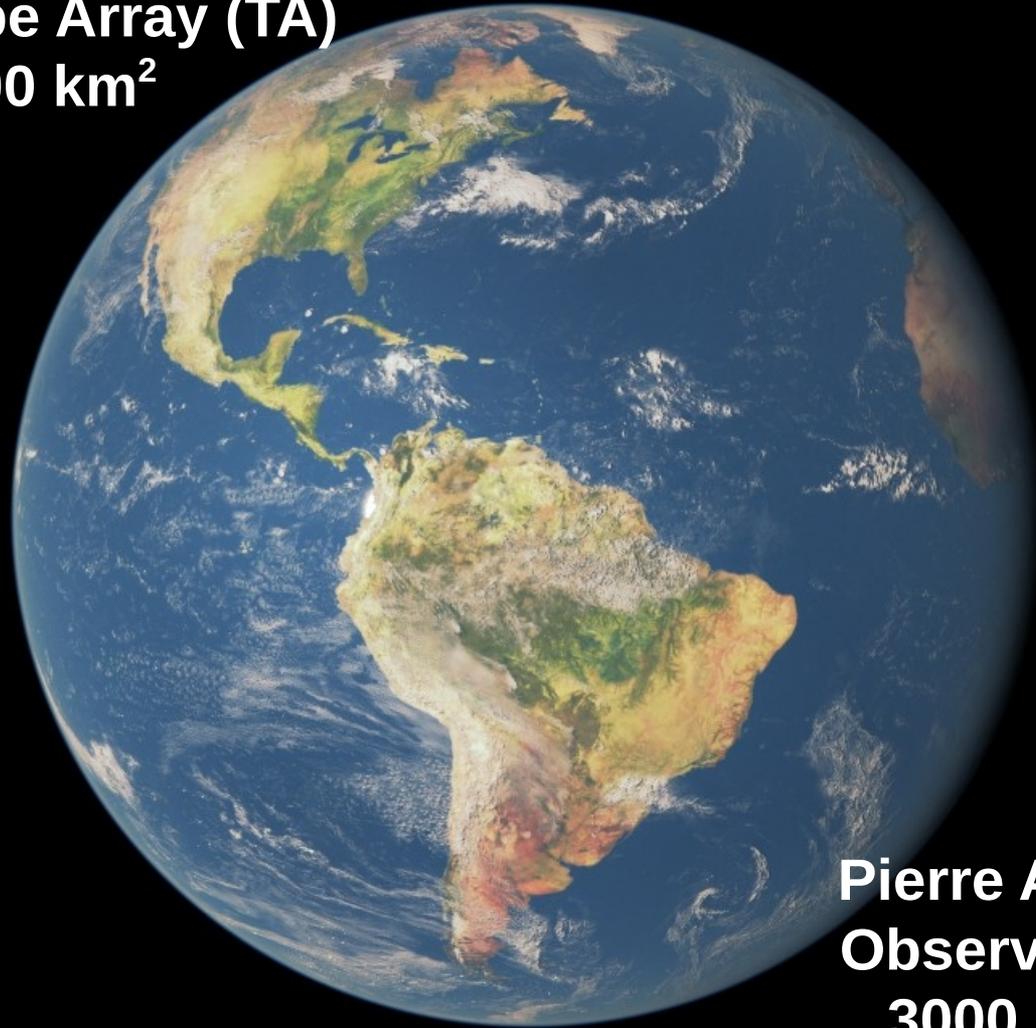


6 November 2019 | International Cosmic Day | Come si rivelano i Raggi Cosmici?

# La Rivelazione Indiretta degli UHECR (principalmente particelle cariche)



**Telescope Array (TA)**  
**700 km<sup>2</sup>**



**Pierre Auger  
Observatory**  
**3000 km<sup>2</sup>**

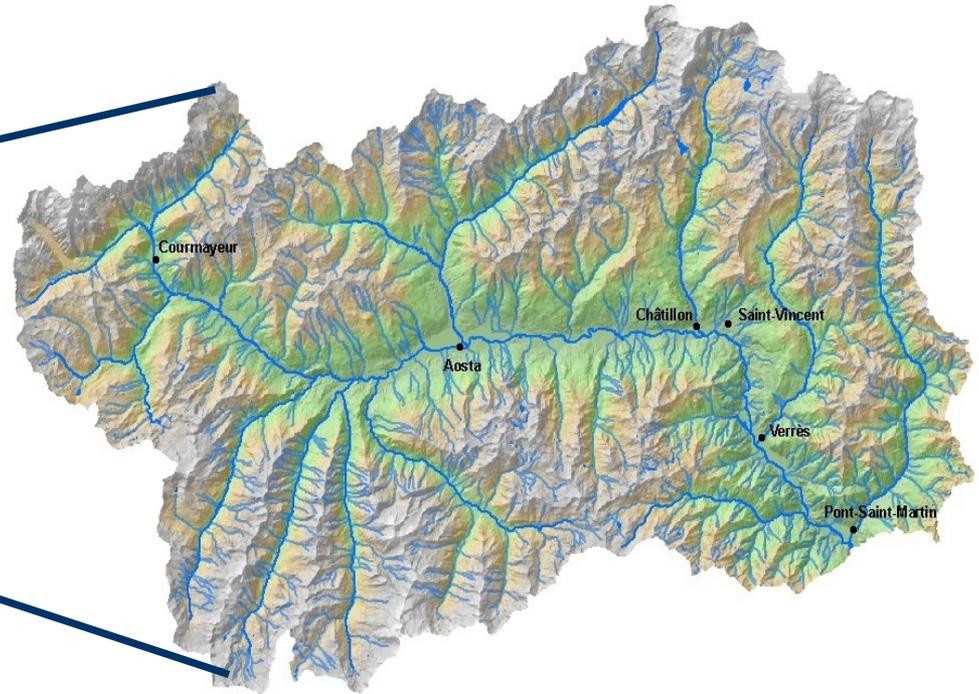
# Nel cuore della Pampa



# Nel cuore della Pampa

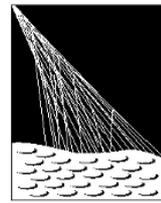


## VALLE D'AOSTA



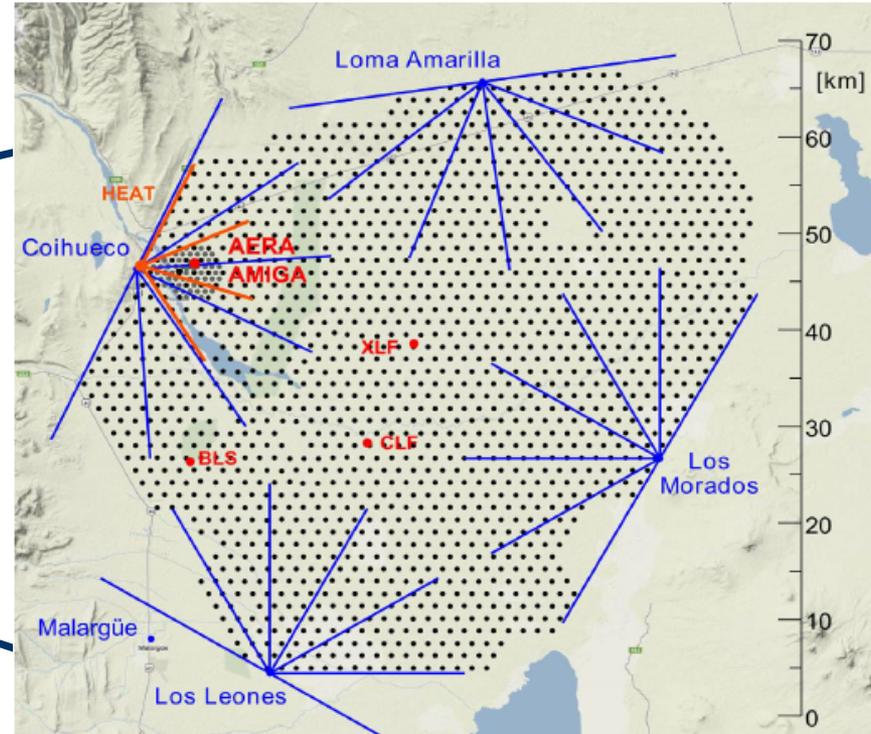
3260 km<sup>2</sup>

# L'Osservatorio Pierre Auger

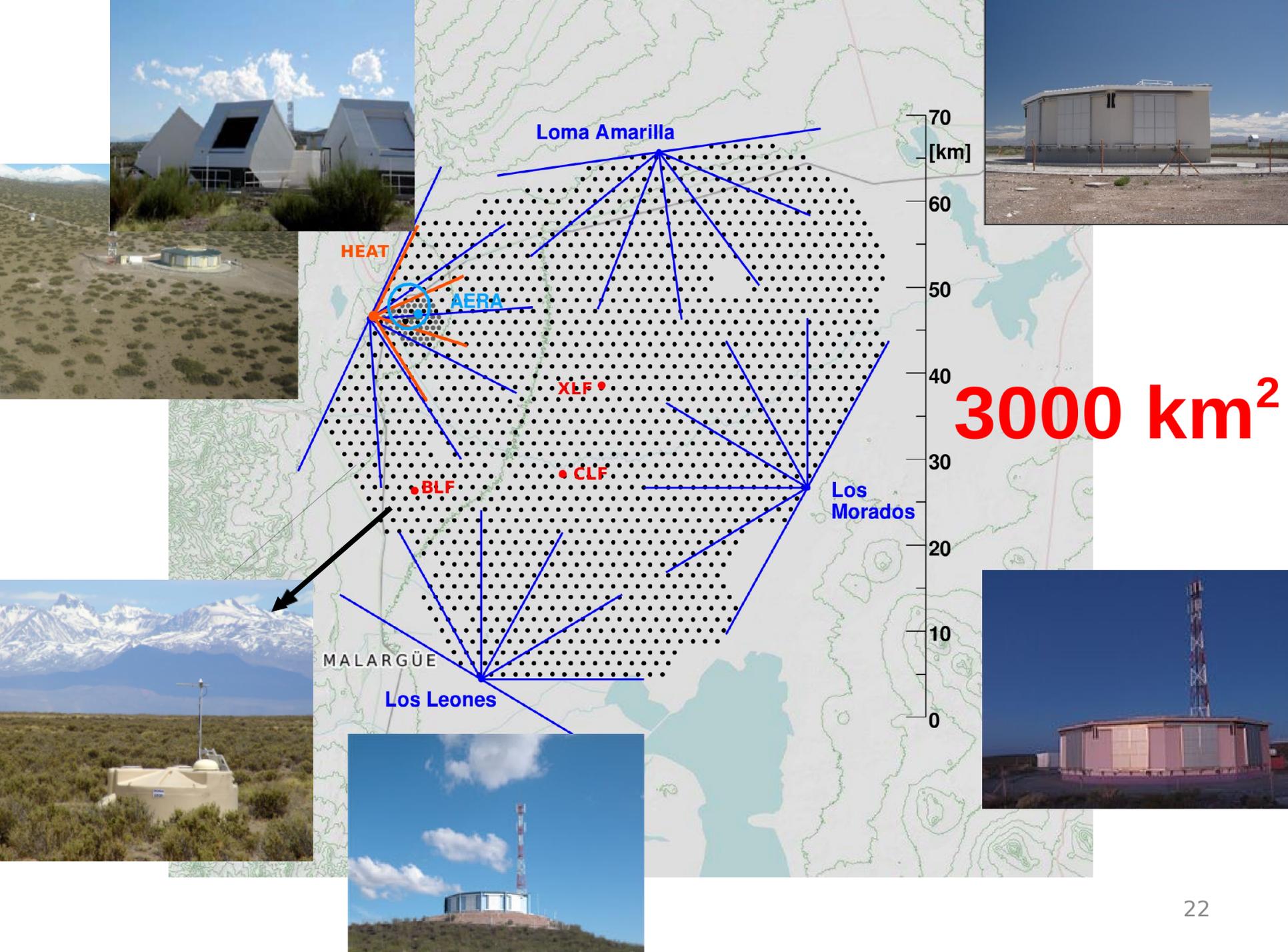


PIERRE  
AUGER  
OBSERVATORY

more than 450 scientists  
from 16 countries of the World

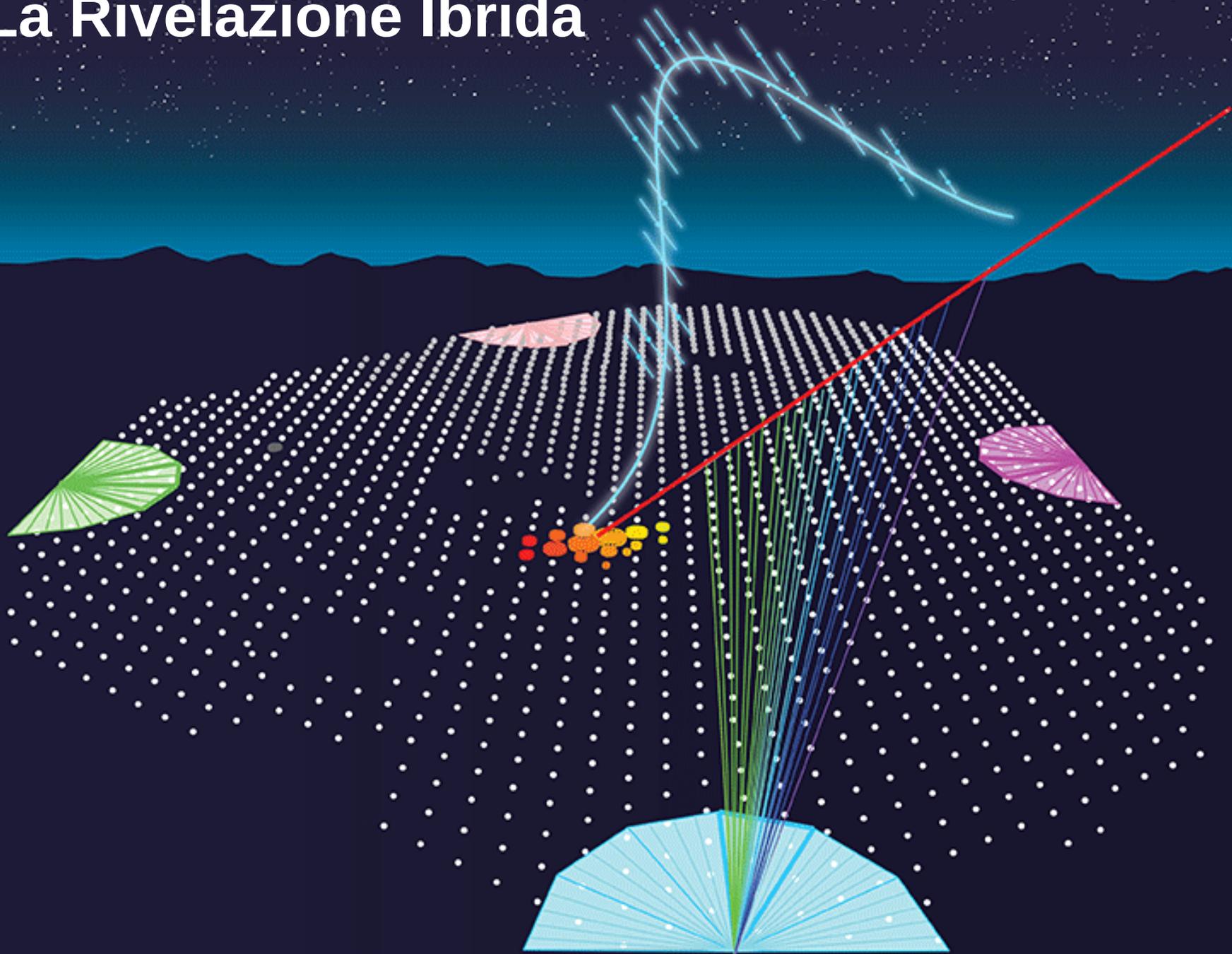


~3000 km<sup>2</sup>

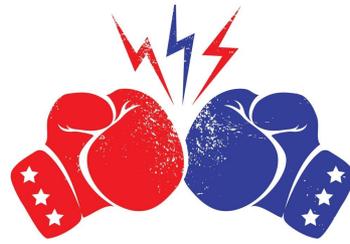




# La Rivelazione Ibrida



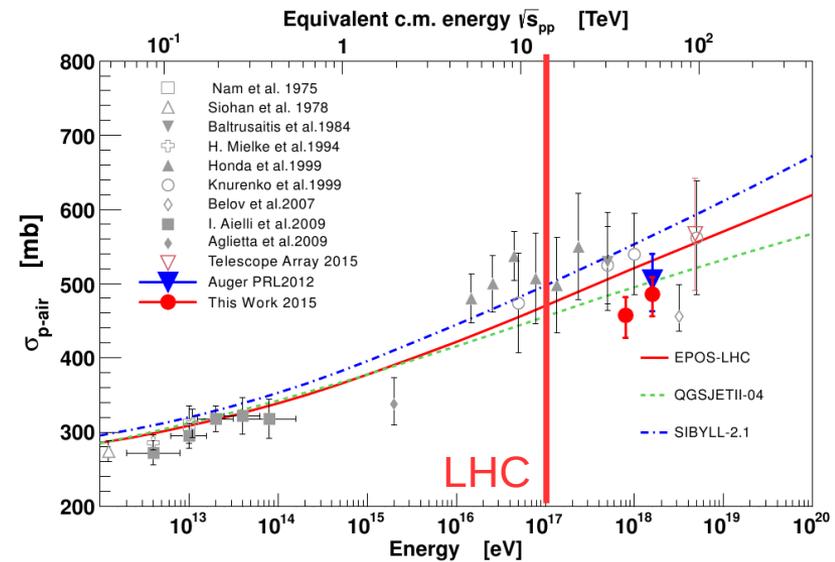
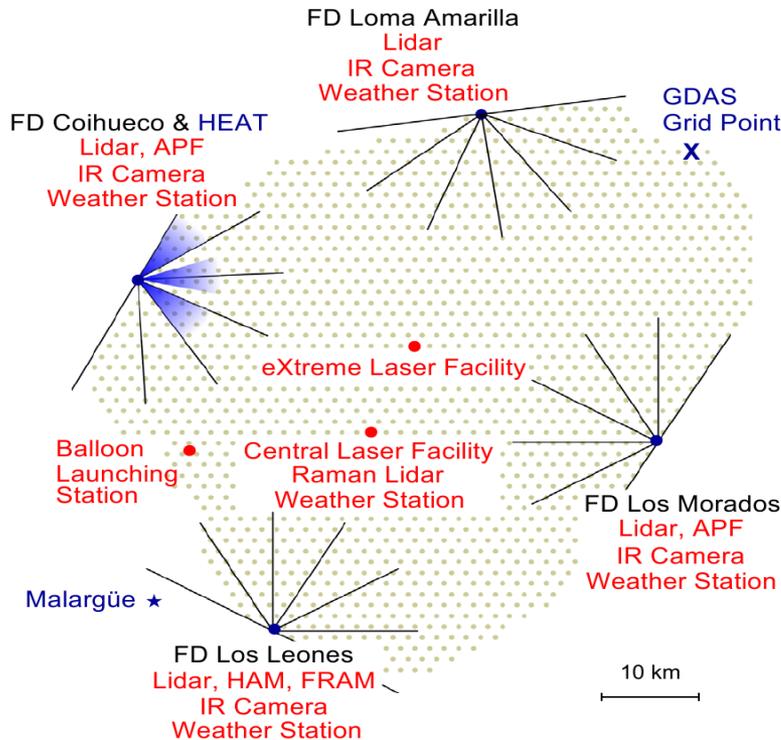
# Fluorescence Detector



# Surface Detector

- ★ Duty Cycle: 15%
- ★ Misura calorimetrica dell'energia

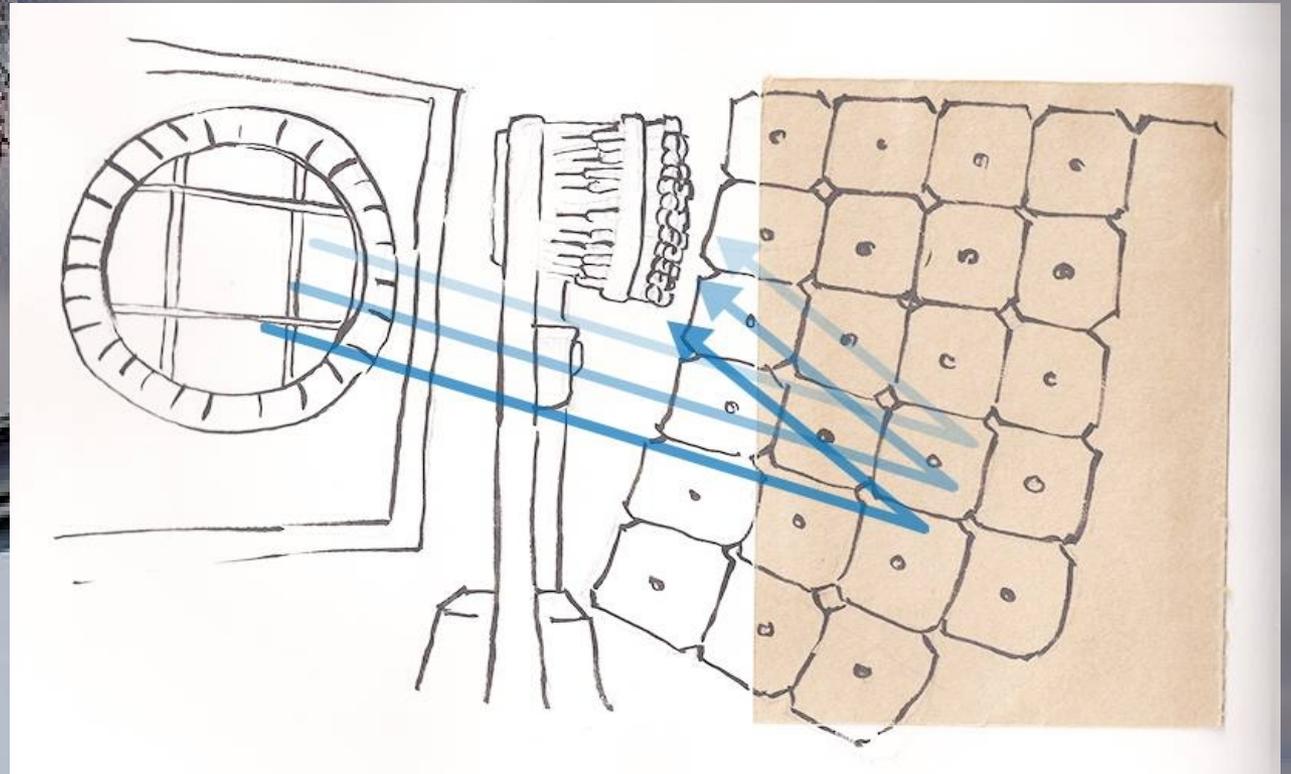
- ★ Duty Cycle 100%
- ★ Stima dell'energia dipendente dai modelli d'interazione



# Il Rivelatore di Fluorescenza



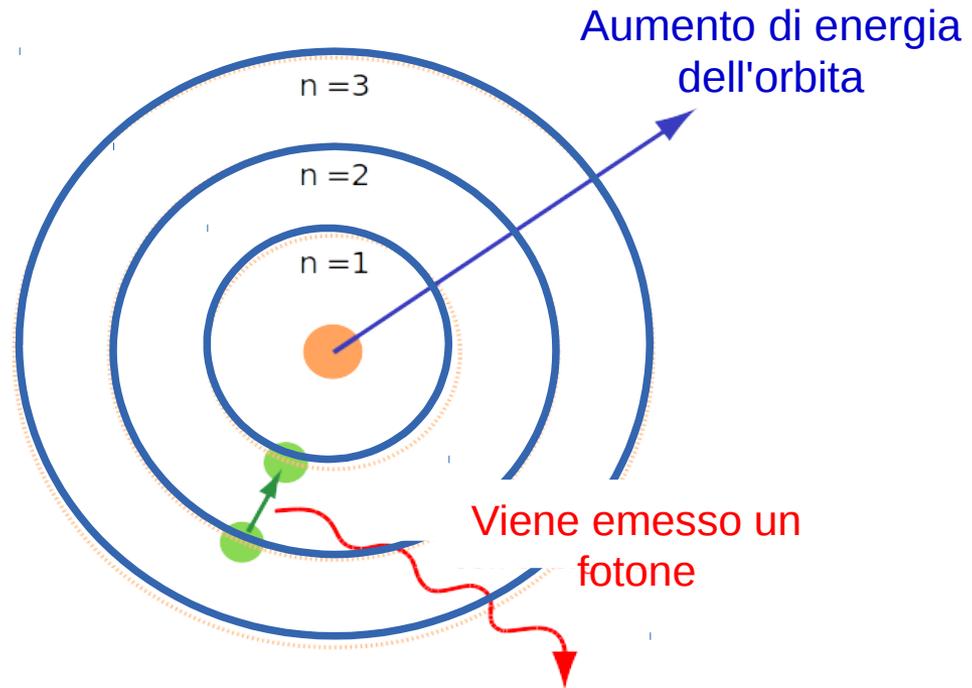
# Come funziona?



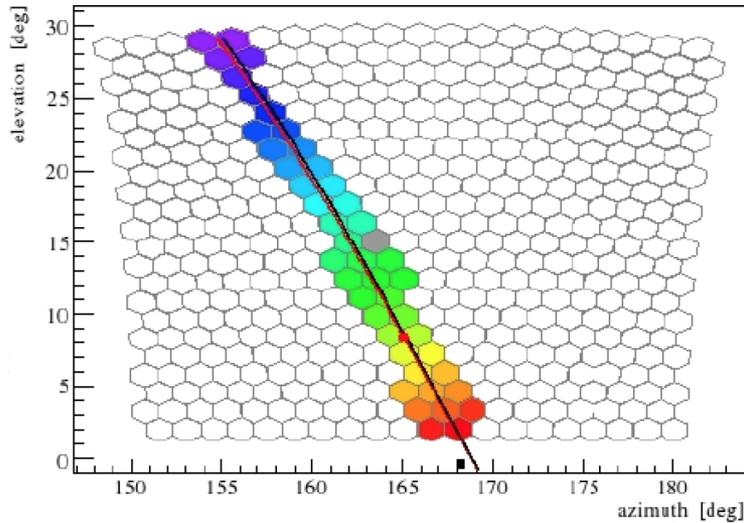
# Come funziona?



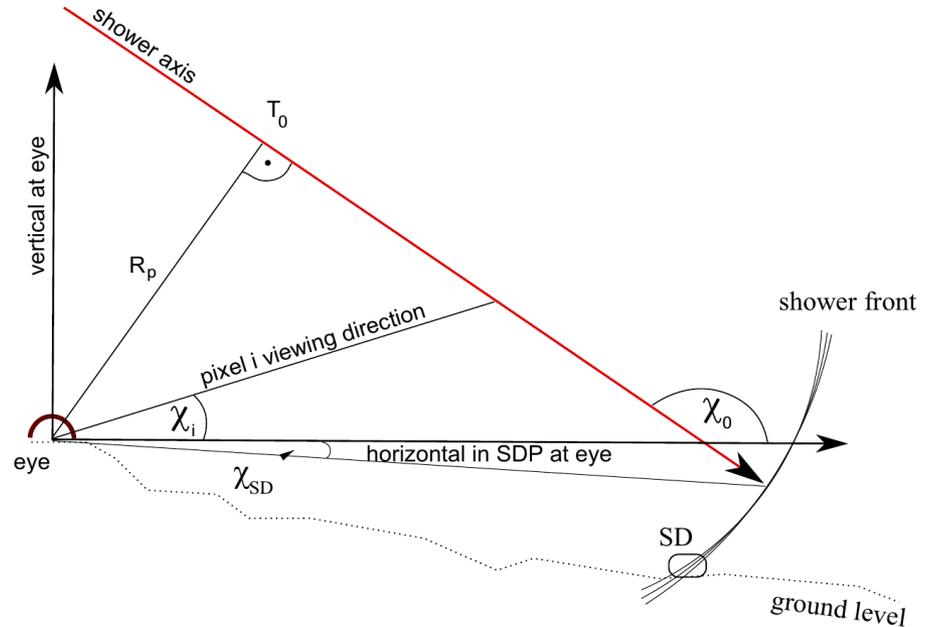
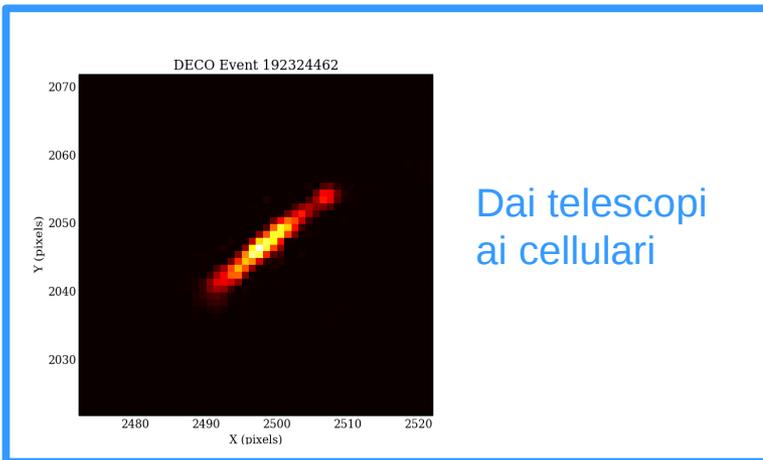
L'elettrone salta ad un livello energetico più alto e poi torna indietro emettendo luce



# Ricostruzione Geometria dello Sciame



**Traccia di uno sciame sulla camera:**  
matrice di 440 PMT



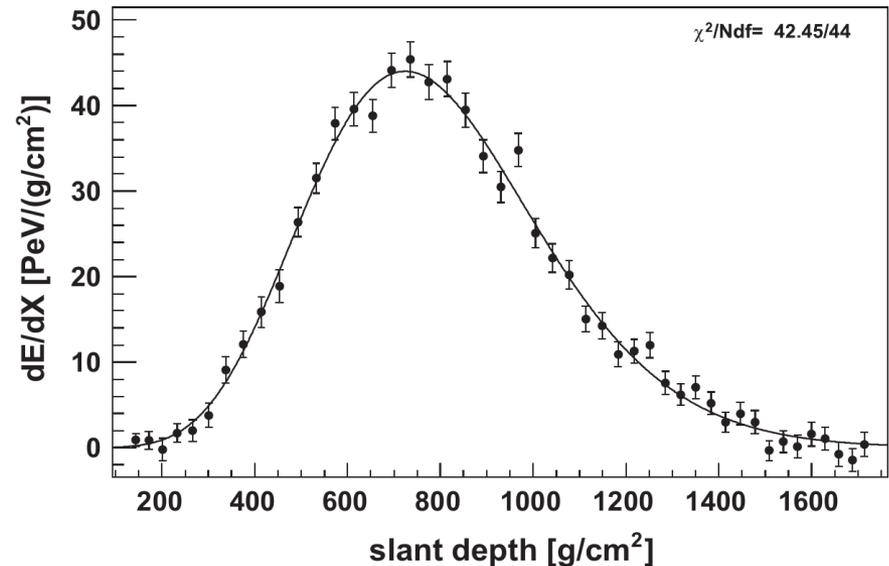
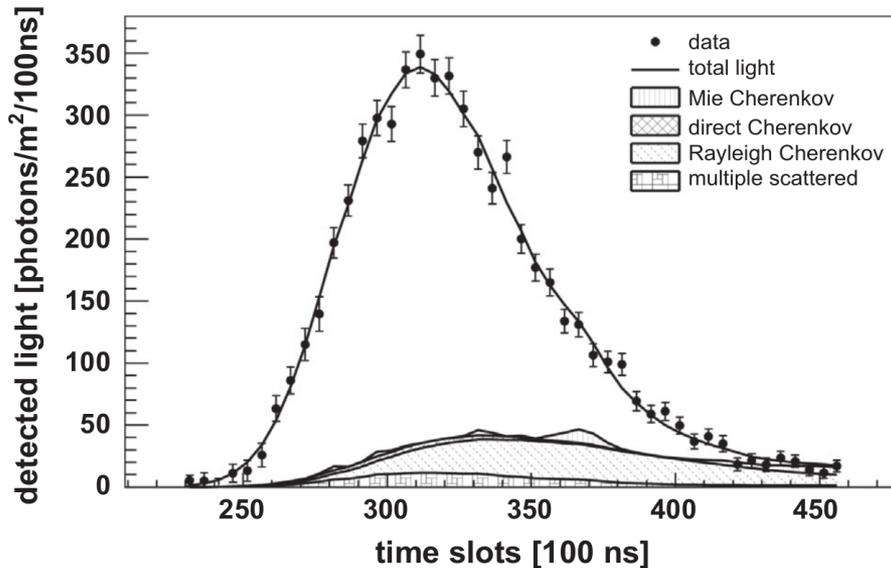
**SDP (Shower Detector Plane):**  
piano contenente l'asse dello sciame e il telescopio di fluorescenza.  
La proiezione di uno sciame sulla camera evolve lungo lo SDP  
→ in questo piano, conoscendo i tempi di arrivo del segnale in ciascun pixel, ricostruiamo l'asse dello sciame.

# Profilo Longitudinale e Misura di Energia

Da luce (numero di fotoni) raccolta in funzione del tempo

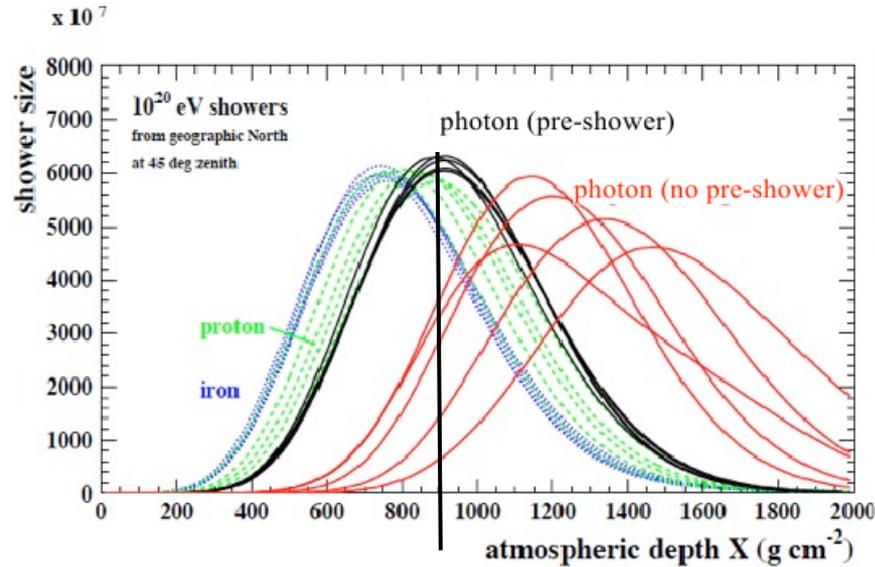


A energia depositata da uno sciame in funzione della profondità atmosferica.



Dal fit di questo profilo, otteniamo l'energia del primario.

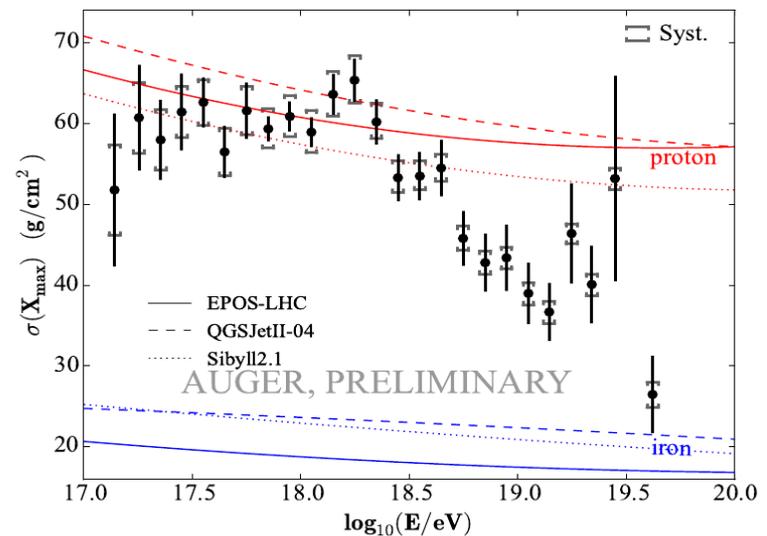
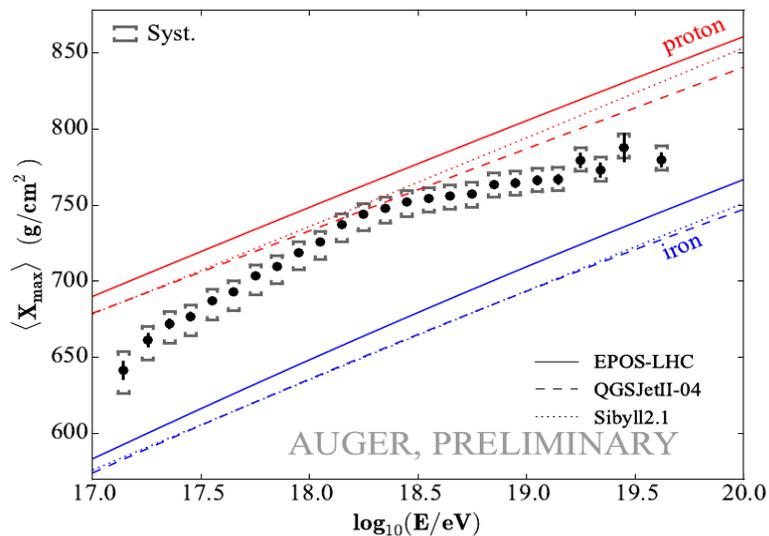
# Misura di Composizione Chimica



X

Average of  $X_{\text{max}}$

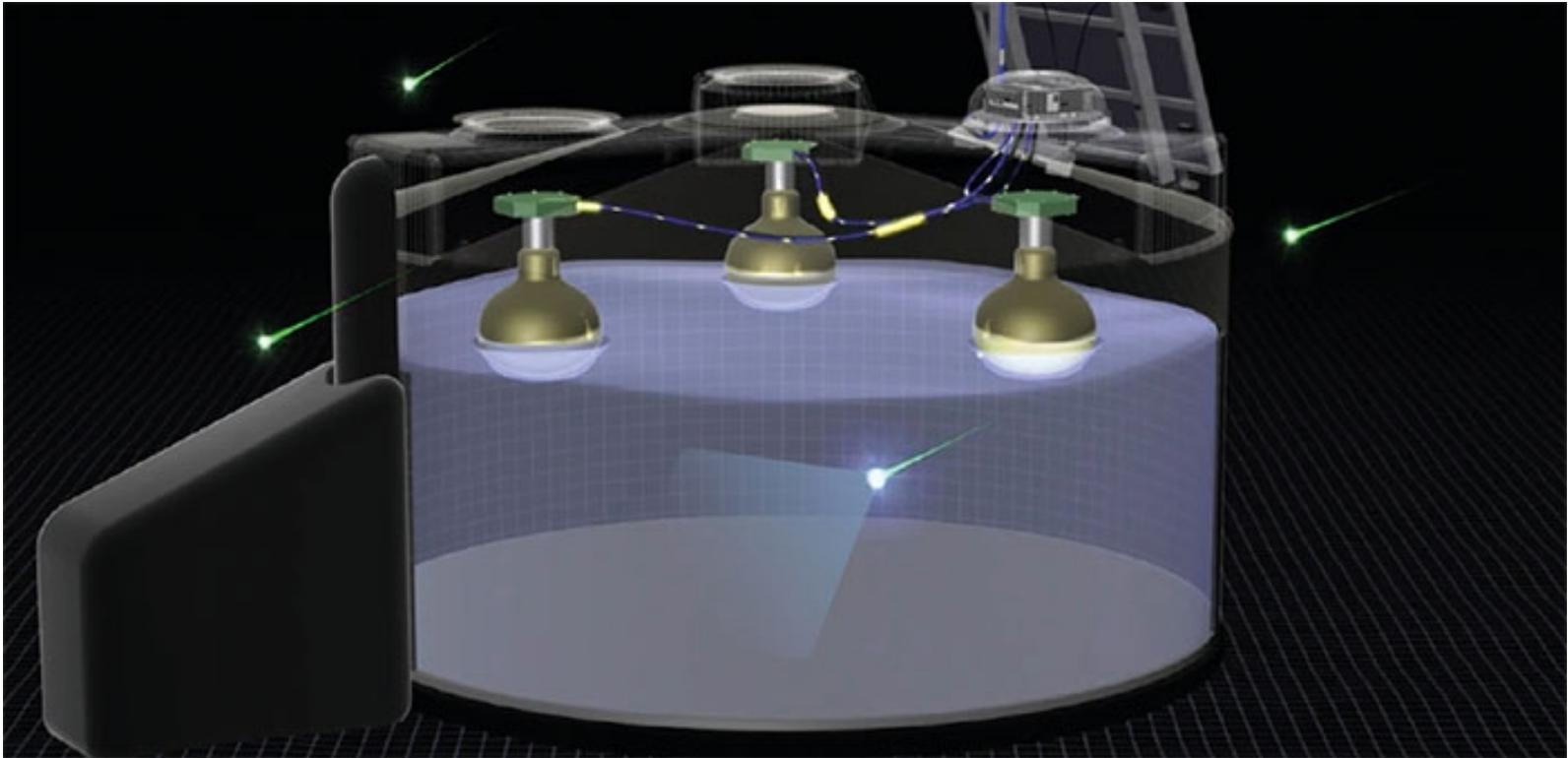
Std. Deviation of  $X_{\text{max}}$



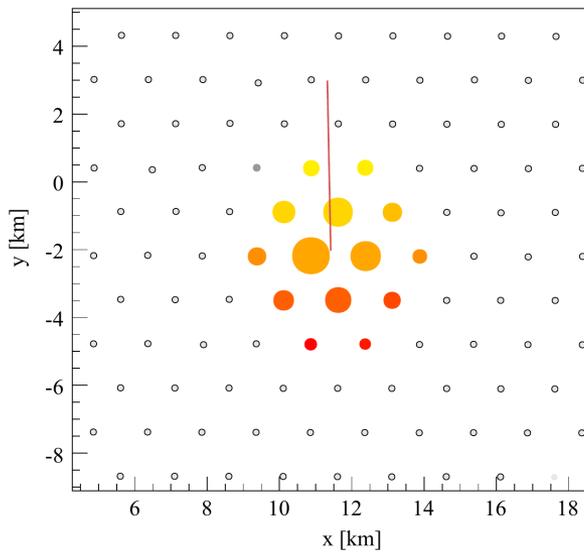
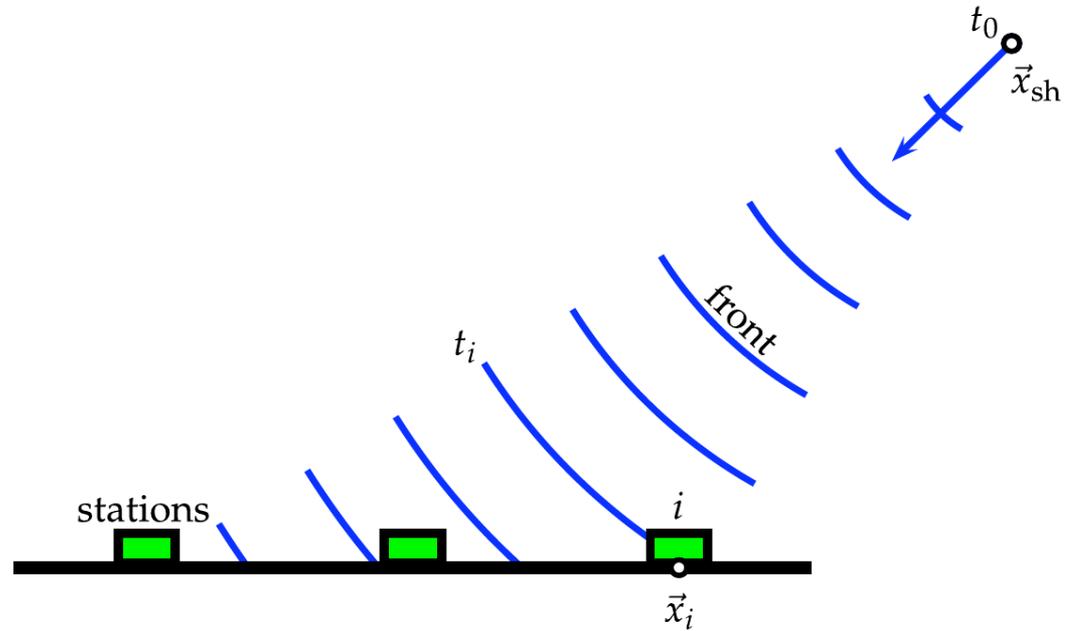
# Il Rivelatore di Superficie



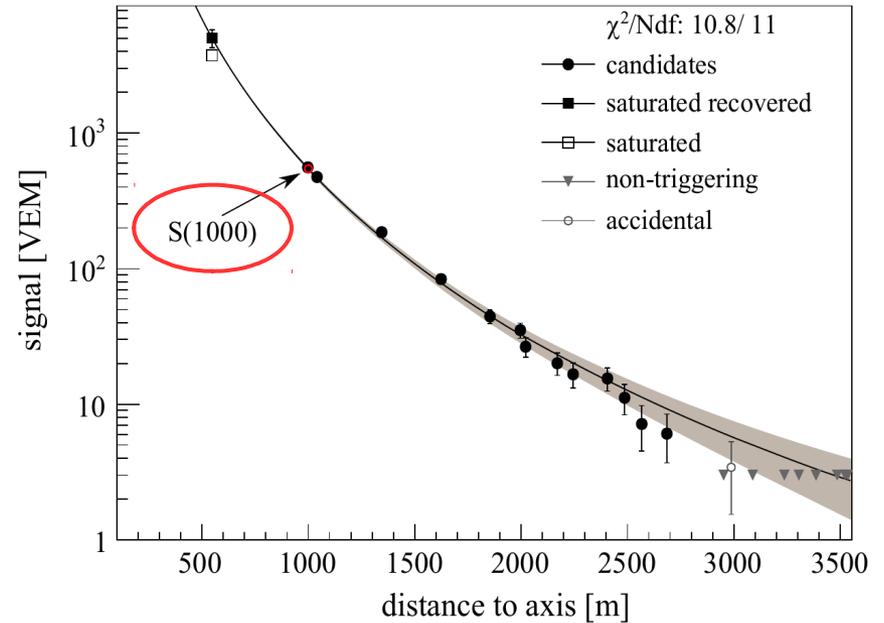
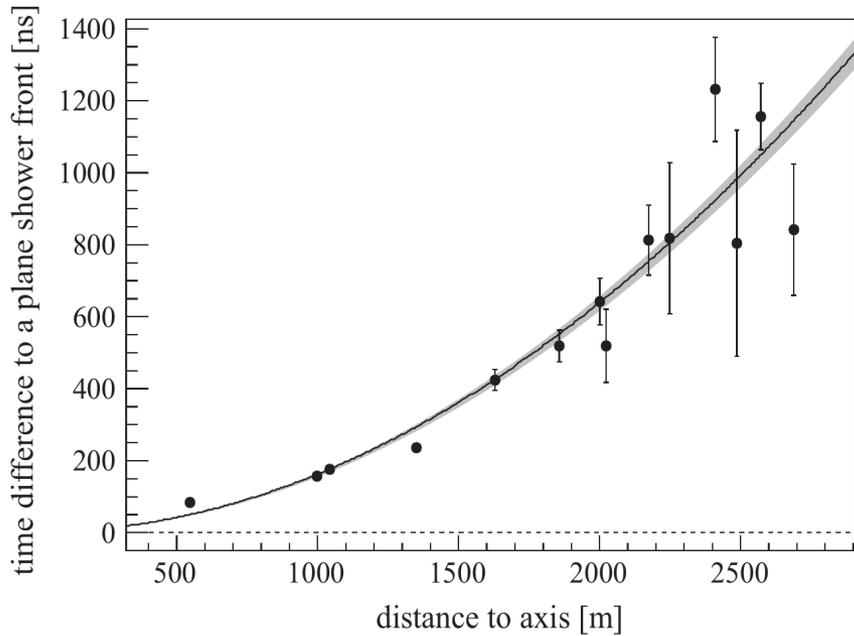
# Il Rivelatore di Superficie



# Impronta dello Sciame a Terra

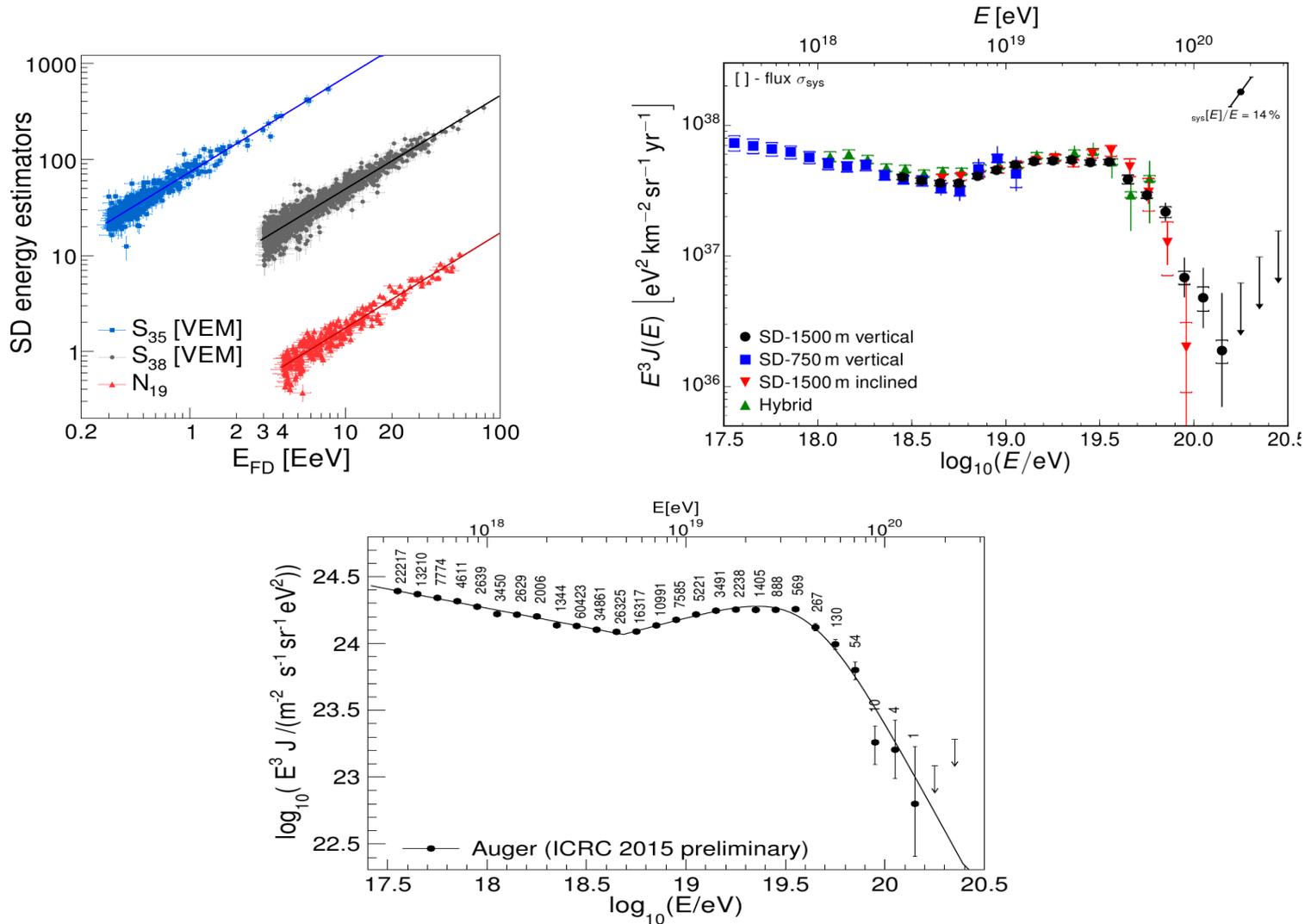


# Profilo Trasversale

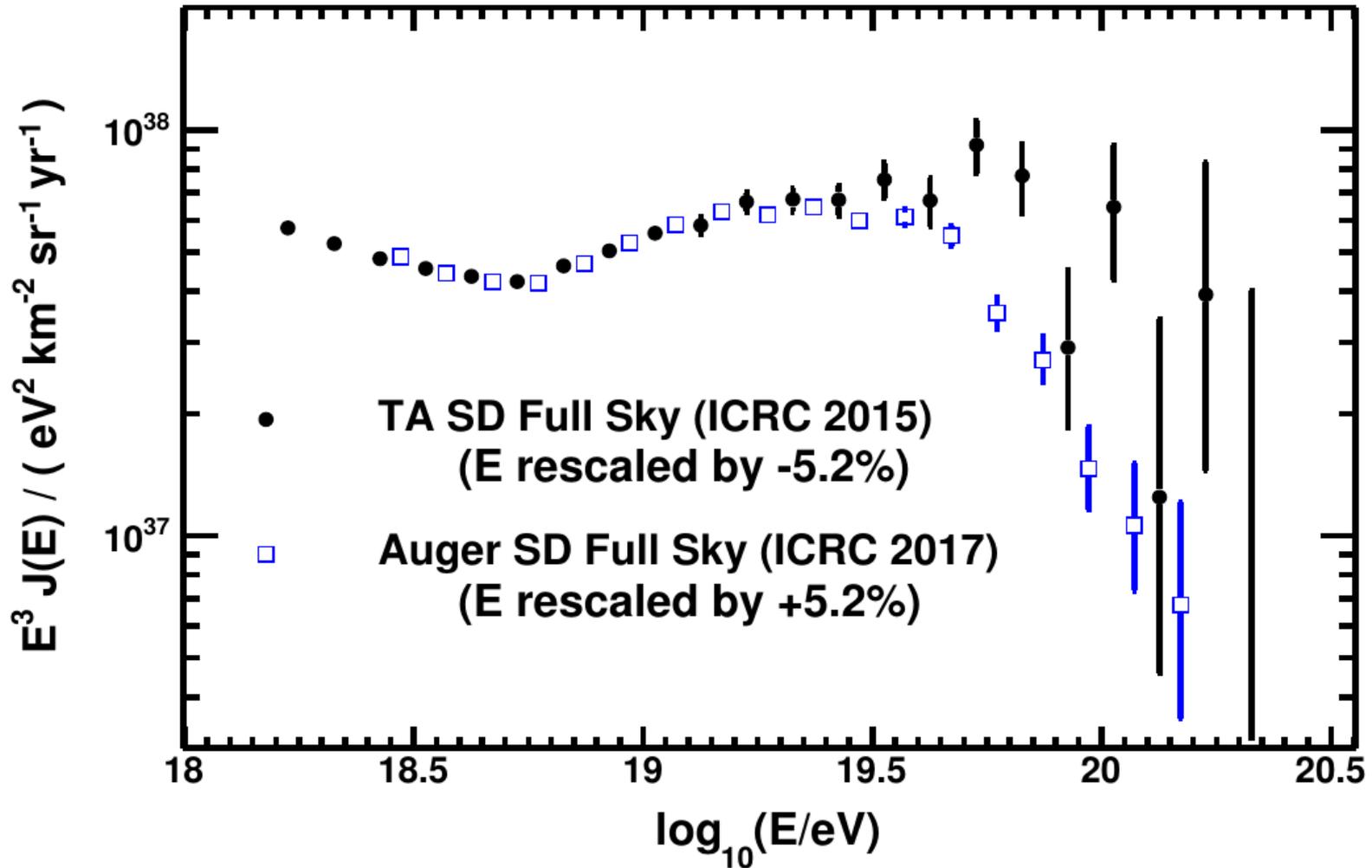


Stima dell'energia ottenuta col rivelatore di superficie legata ai modelli adronici.

# Rivelazione Ibrida: Intercalibrazione + Spettro

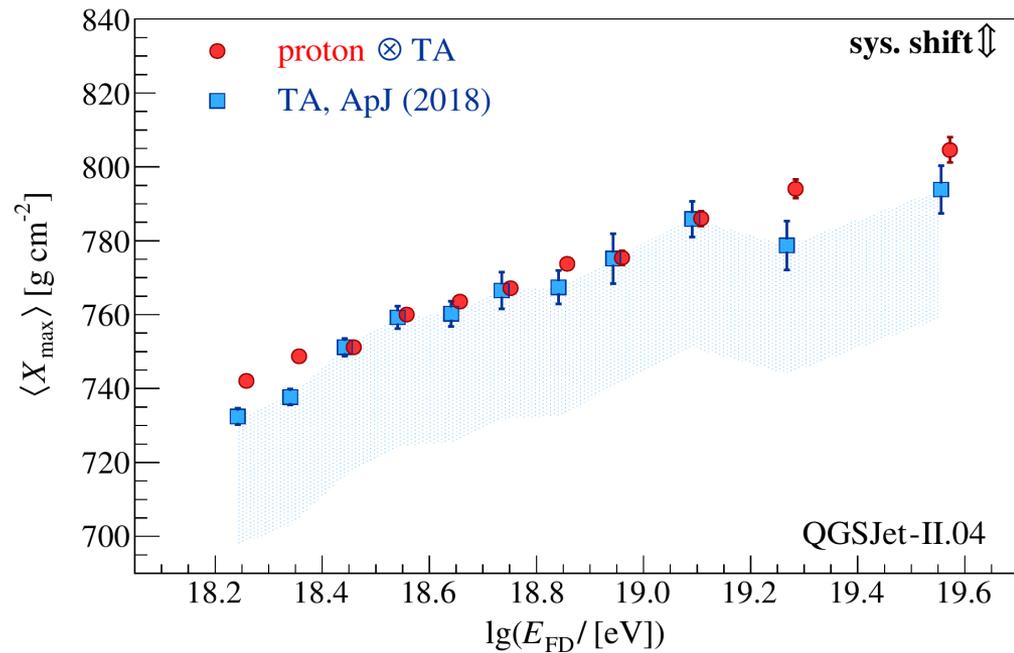
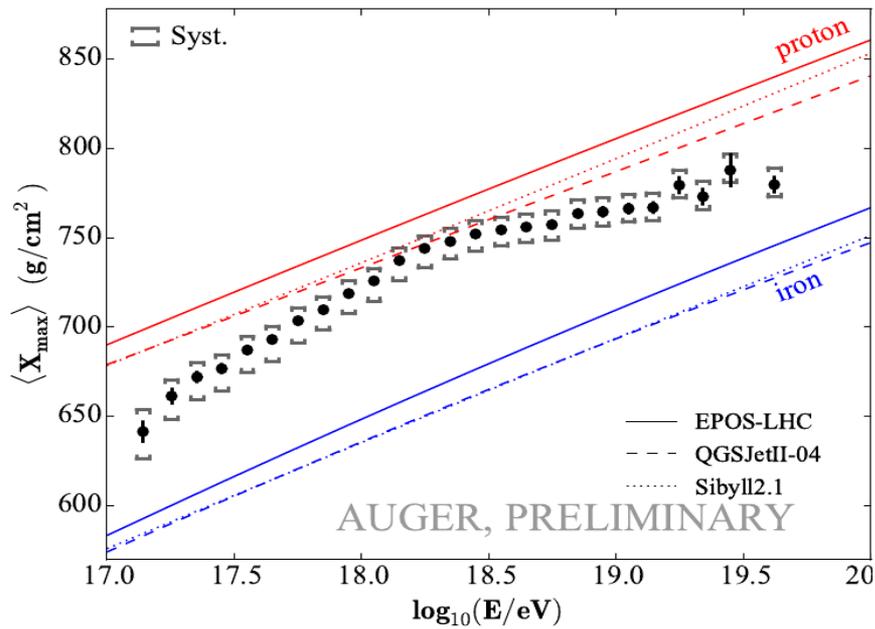


# Auger vs TA



# Auger vs TA

Average of  $X_{\max}$





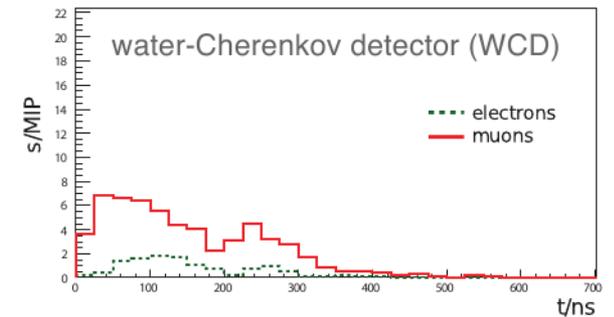
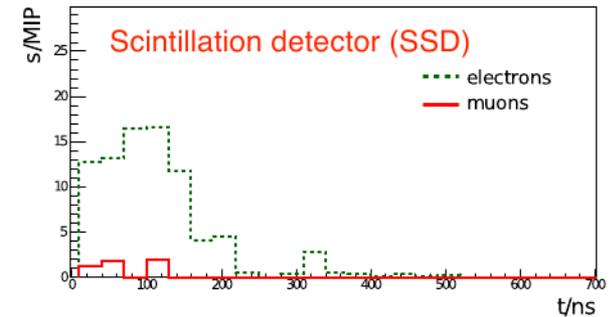
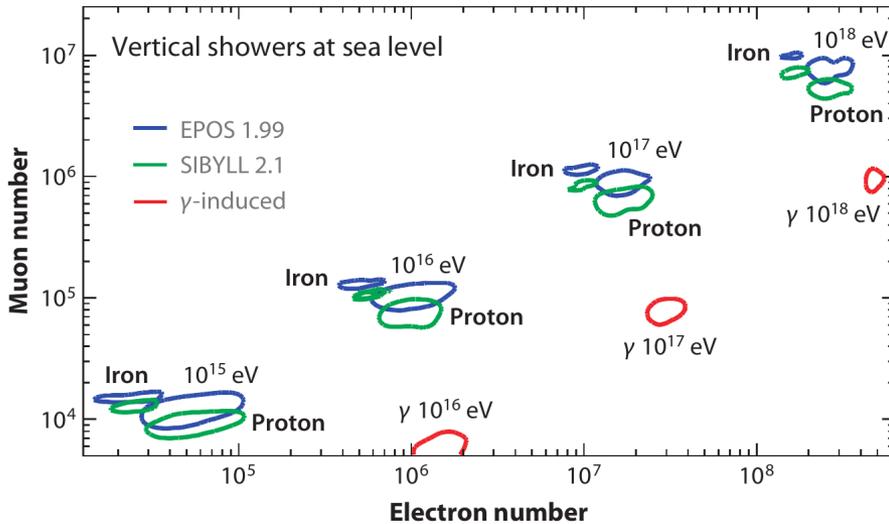
# Signature Ceremony of International Agreement for the Pierre Auger Observatory

## E non finisce qui ...

Malargüe, 16 November 2015

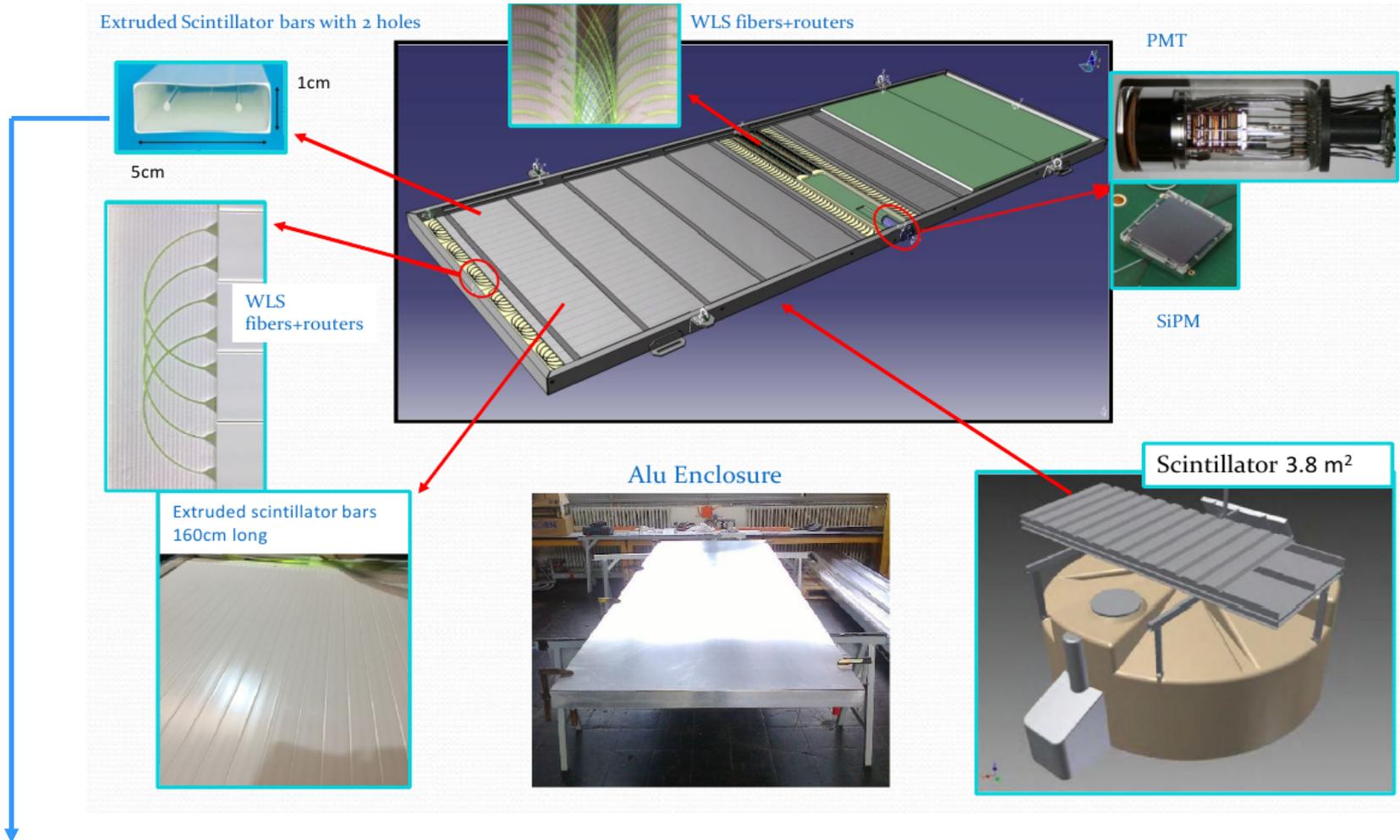


# Auger Prime



$$S_{\mu, \text{WCD}} = a S_{\text{WCD}} + b S_{\text{SSD}}$$

# SSD (Surface Scintillator Detector)



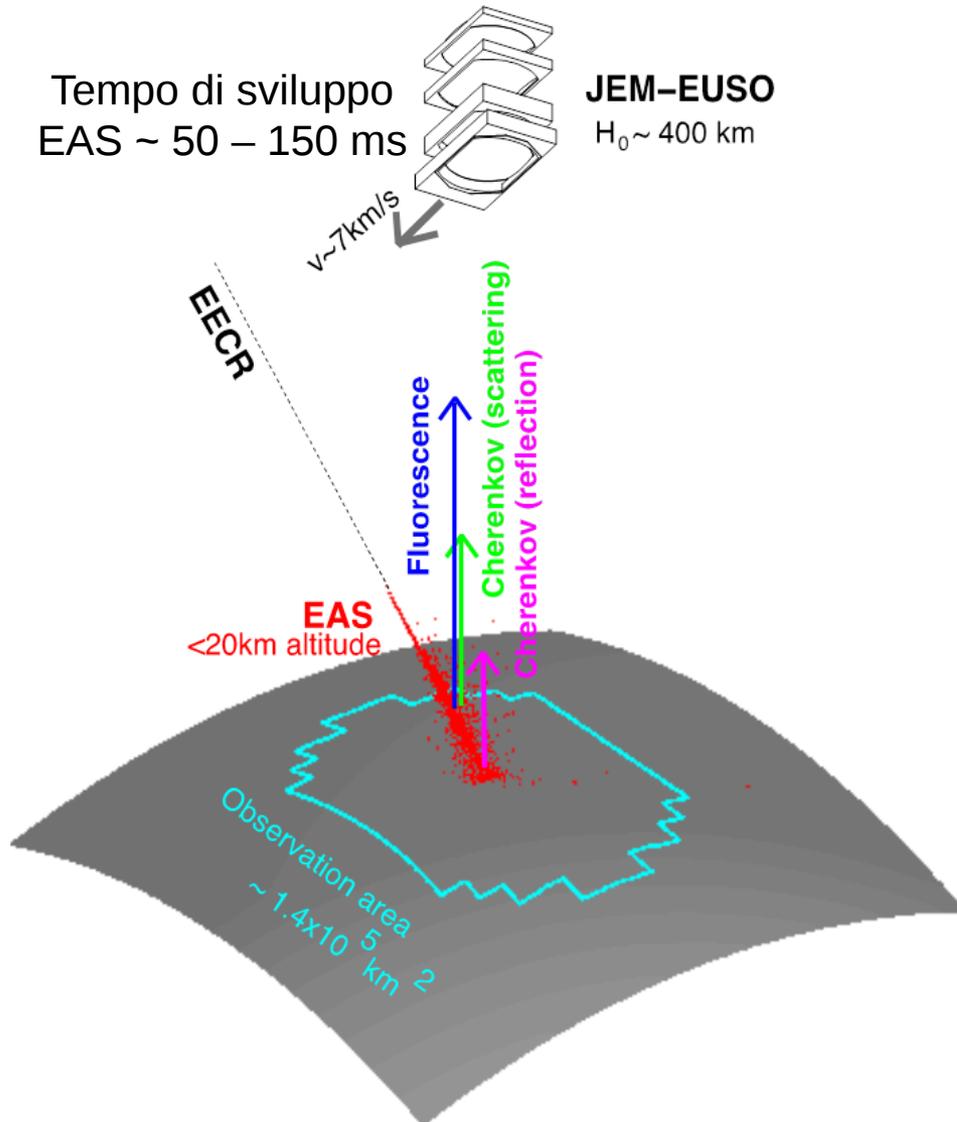
Stesso materiale del nostro rivelatore.

# Primo Prototipo di SSD Installato



6 November 2019 | International Cosmic Day | Come si rivelano i Raggi Cosmici?

# JEM-EUSO: L'idea



Il telescopio vuole studiare **fotoni UV di fluorescenza e Cherenkov** generati da sciami (EAS) creati da UHECR



## Principali vantaggi:

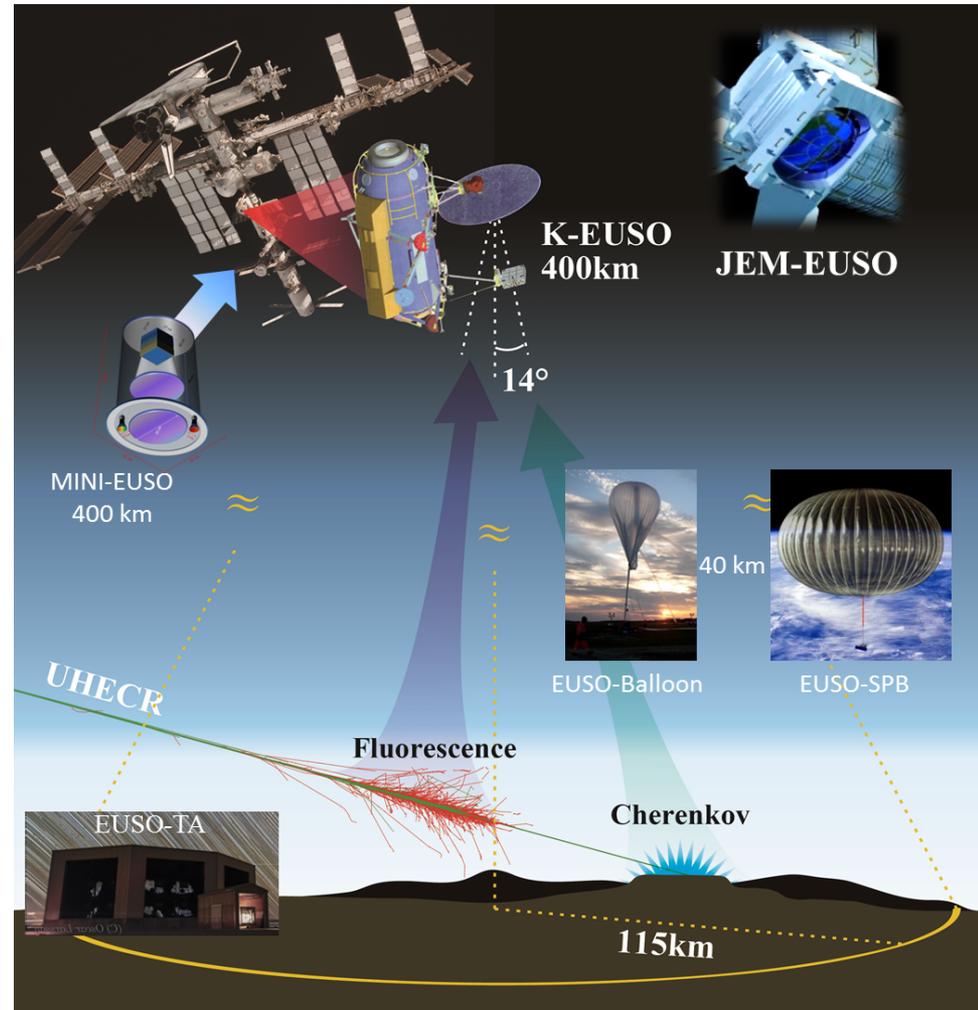
1. Il volume osservato è molto più grande di quello osservabile al suolo
  2. Copertura di entrambi gli emisferi
- Prima idea: J. Linsley, fine anni '70



# Il programma JEM-EUSO

(Joint Experiment Mission - Extreme Universe Space Program)

1. **EUSO-TA**: rivelatore al suolo installato nel 2014 nel sito di Telescope Array (USA), attualmente operativo
2. **EUSO-Balloon**: volo da Timmins, (Canada) finanziato dal CNES, agosto 2014. Altitudine 38 km!
3. **EUSO-SPB1**: volo su un pallone Ultra Long Duration della NASA da Wanaka (Nuova Zelanda), aprile 2017
4. **MINI-EUSO**: precursore sulla ISS approvato da ASI e ROSCOSMOS, lancio nel 2019
5. **EUSO-SPB2**: volo su un pallone NASA Ultra Long Duration con un nuovo prototipo di telescopio
6. **K-EUSO**: telescopio di dimensioni maggiori sulla ISS, approvato dalla ROSCOSMOS, lancio previsto nel 2023



# EUSO-Balloon... ... pronti al lancio!!!



**Attenti a quei due!!!**

*Backup*

# DECO

*(Distributed Electronic Cosmic-ray Observatory)*

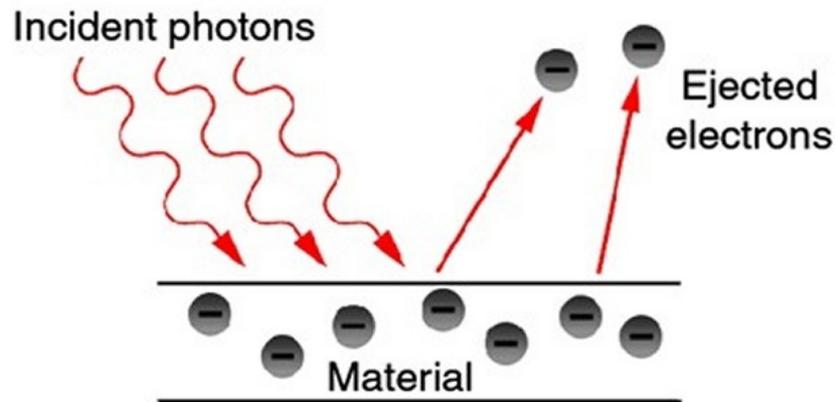


*Smart phone  
come rivelatori di particelle*

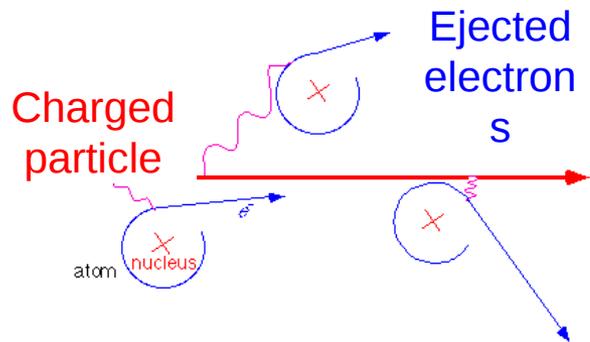
# Camera Digitale

=

## Diagnostica delle Particelle



Gli elettroni sono raccolti dal sensore di immagine (CCD o CMOS)  
→ come le vecchie lastre fotografiche

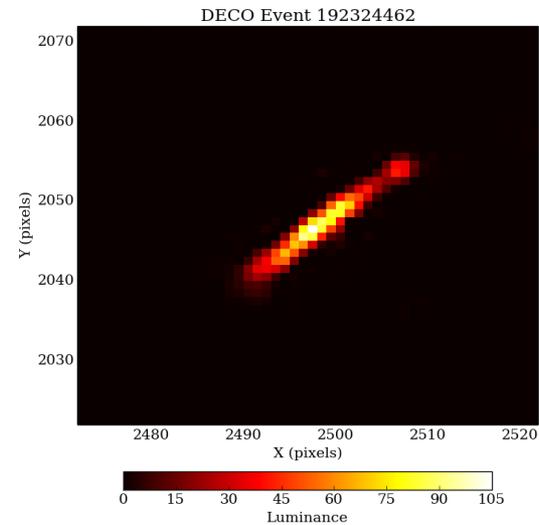
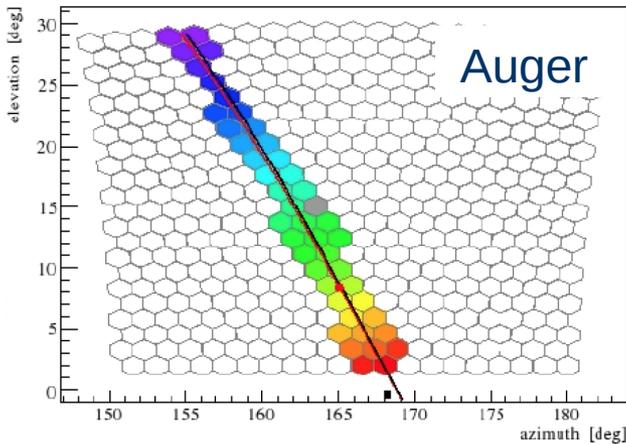


Anche altre particelle, non solo i fotoni della luce visibile, possono interagire col materiale e portare all'emissione di elettroni  
→ **una camera digitale può rivelare particelle cariche di alta energia** (radiazione ionizzante) come elettroni, muoni, protoni, ...

# L'idea di DECO

● La radiazione ionizzante che passa attraverso una camera lascia dietro di sé un'immagine del suo passaggio → una **traccia**;

● E' vero per le camere di tutte le dimensioni → dai telesconi ai cellulari;



● La radiazione ionizzante può essere creata dai raggi cosmici, dalla radioattività ambientale, da sorgenti radioattive;

● Il principio di rivelazione in una camera digitale è analogo a quello di grandi rivelatori costruiti da centinaia di fisici, ma usando i nostri cellulari, possiamo avere un rivelatore ovunque distribuito;

# *Il Sole non tramonta mai*

## **SU DECO**



# DECO in Italia



# DECO in Italia



# L'App

Android

iOS

6:43 PM

43.07515° Latitude -89.40767° Longitude  
238.00m Altitude 293° Bearing

Device Id: 00000000-7f71-62fb-f647-baf70033c587  
Status: Scanning  
Battery: 90% (32.0°C / 89.6°F) discharging  
RGB Noise: (99.99,99)

Samples	Candidates	Events
2292781	310	142
Count	Count	Count
1.6 sec	---	---
Rate	Rate	Rate

Orientation: -3° / -5° / 293°  
Magnetic Field (μT): 29 / 7 / -51

9:54 AM 81%

DECO Session Info

Detector Status: Running  
Baseline Noise (RGB): 6 / 6 / 6  
Server Status: Active  
Upload Queue: 86

Samples: 4140239  
Rate (per second): 2.8

Events: 4816  
Event Fraction:  $1.16 \times 10^{-3}$

PAUSE DETECTOR MAIN MENU

- L'app può essere scaricata al seguente link: <http://wipac.wisc.edu/deco>
- L'app automaticamente sincronizza i dati col database centrale;
- Tutti gli utenti possono scaricare e analizzare i dati.
-