



Osservazioni con *l'engineering model* di Mini-EUSO e la camera PRISMA all'OATo

Francesca Bisconti – INFN Sezione di Torino – In collaborazione con OATo



PRISMA Day – Bologna 16 Ottobre 2018



Anteprima

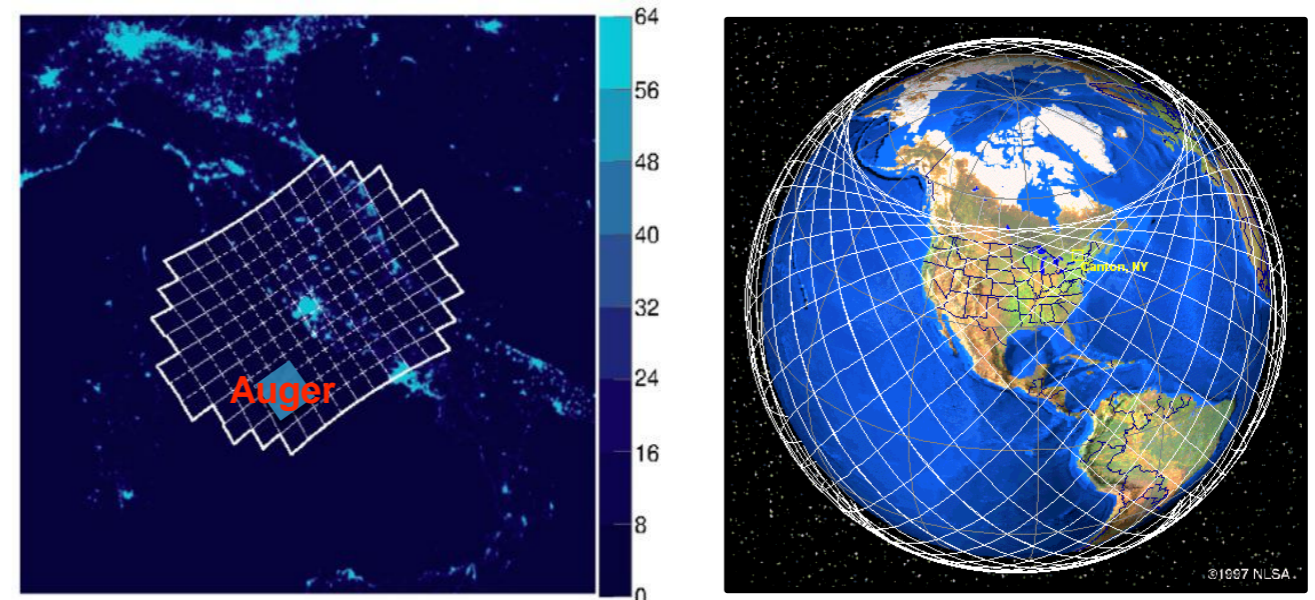
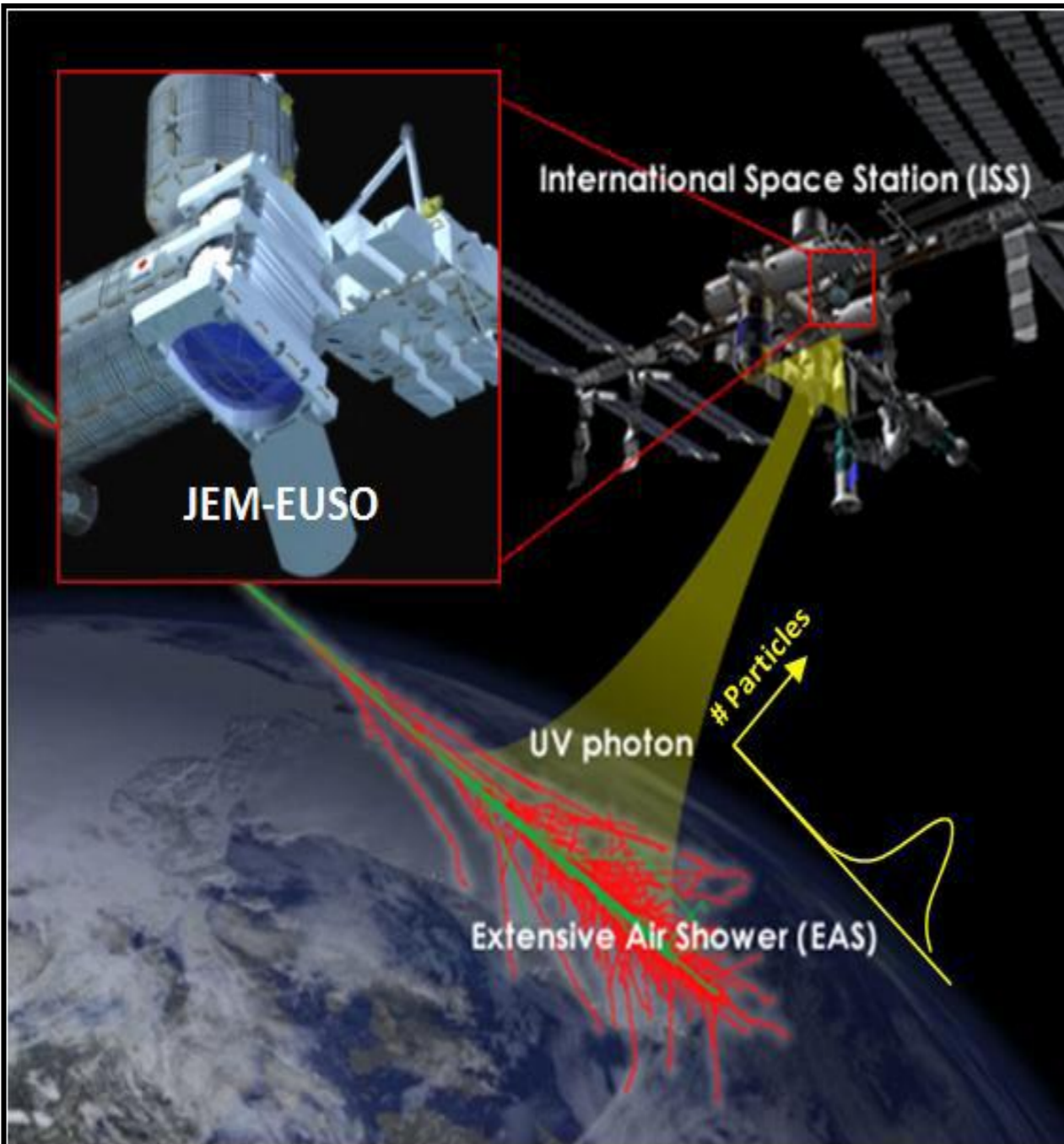
- Breve descrizione dell'esperimento **JEM-EUSO** per la rivelazione di raggi cosmici di altissima energia e di uno dei suoi precursori, **Mini-EUSO**
- **Osservazioni con l'*engineering model* di Mini-EUSO** all'Osservatorio Astronomico di Torino (OATo) a Pino Torinese:
 - **Stelle e pianeti** (con controparti nei dati della camera PRISMA);
 - **Meteore e satelliti artificiali** (senza controparti nei dati della camera PRISMA);
 - **Fondo cielo**
- Conclusioni

JEM-EUSO

Joint Experiment Missions for Extreme Universe Space Observatory

Progetto per la costruzione di un detector che osservi, dallo spazio, i **rari raggi cosmici di energie estreme**, principalmente per individuarne le sorgenti

- **Principio di rivelazione:**
Rivelare, di notte, luce di fluorescenza e Cherenkov (banda UV) emessa al passaggio dei raggi cosmici nell'atmosfera
- **Grande campo di vista: $60^\circ \times 60^\circ$**
→ Superficie osservata da 400 km di quota: $2 \times 10^5 \text{ km}^2$
- **Osservazione di gran parte del cielo**

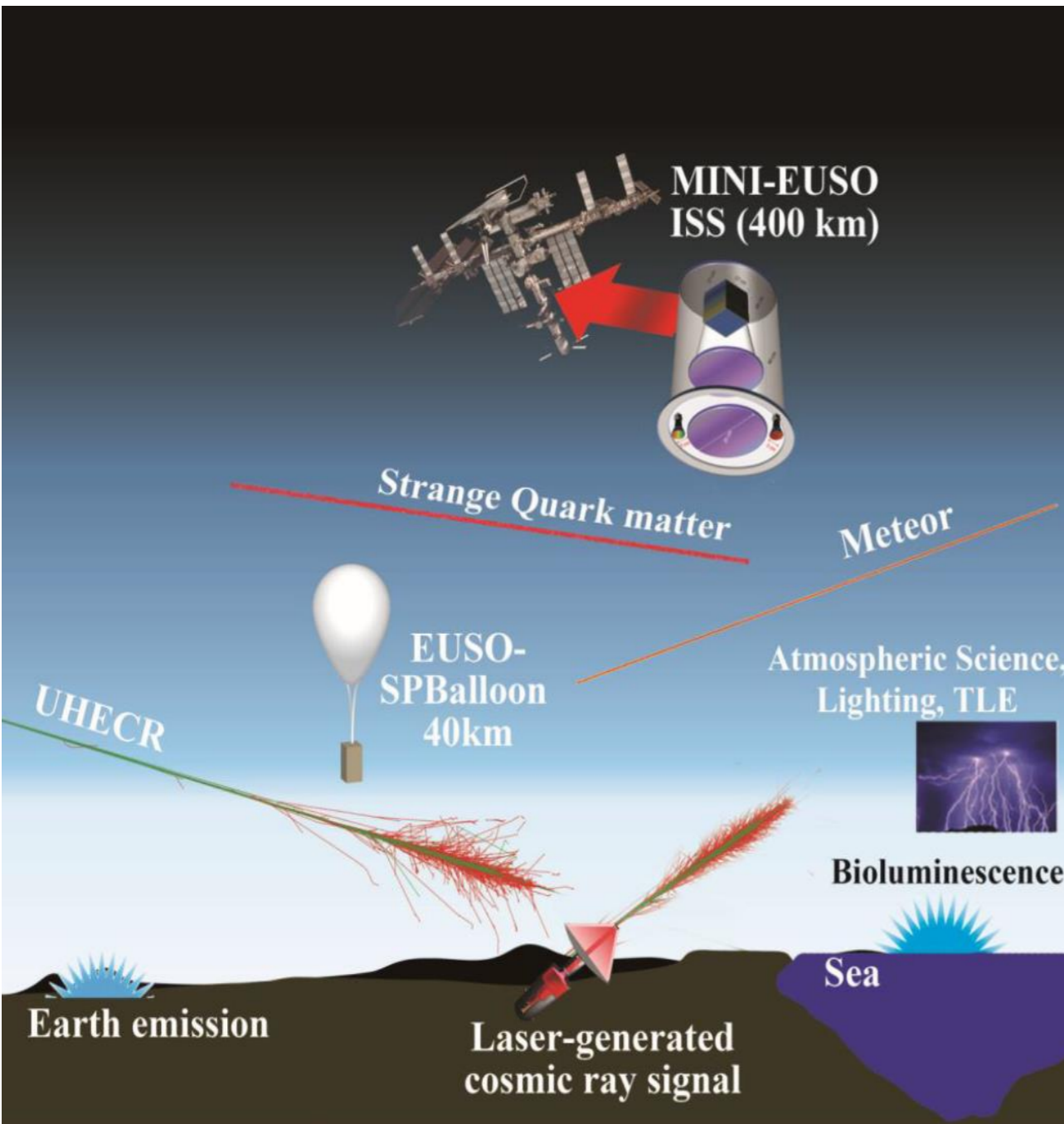


Obiettivi di Mini-EUSO

Mini-EUSO, precursore di JEM-EUSO, dalla ISS osserverà nella **banda UV**:

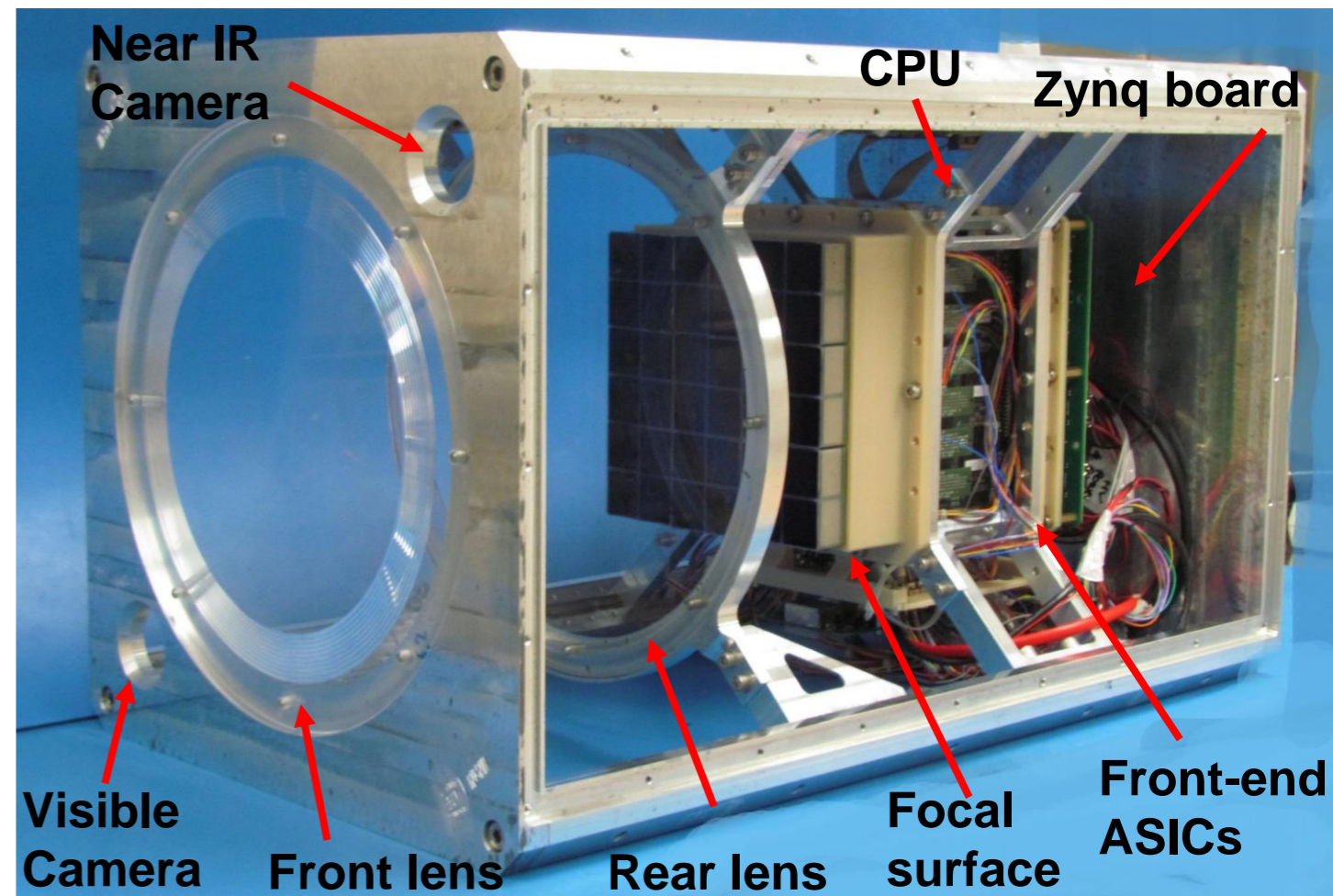
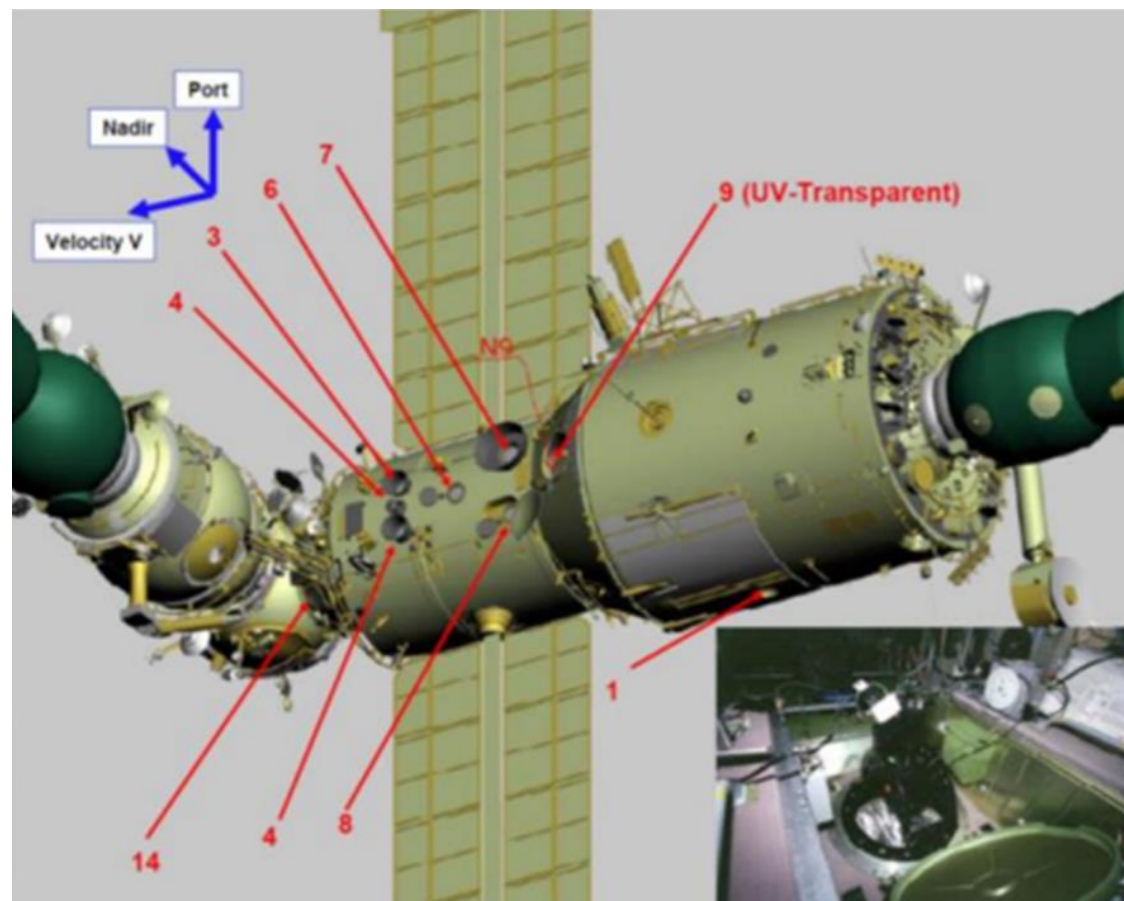
- Fondo dell'atmosfera
→ **Prima mappa della Terra in UV**, necessaria per rivelare raggi cosmici dallo spazio
- Meteore
- Eventi luminosi nell'atmosfera
- Bioluminescenza sulla Terra
- Raggi cosmici di altissima energia

Interessanti sarebbero anche **osservazioni di meteore in coincidenza tra Mini-EUSO e PRISMA**, per lo studio dei processi di disintegrazione delle meteore in atmosfera da varie direzioni e due diverse bande (UV e ottico)



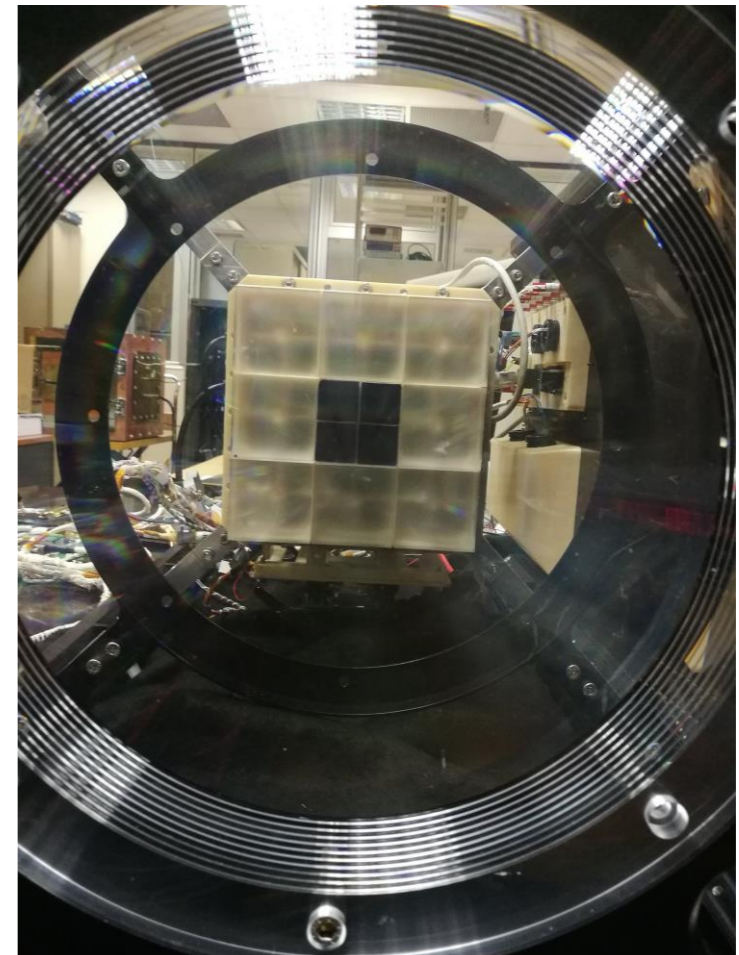
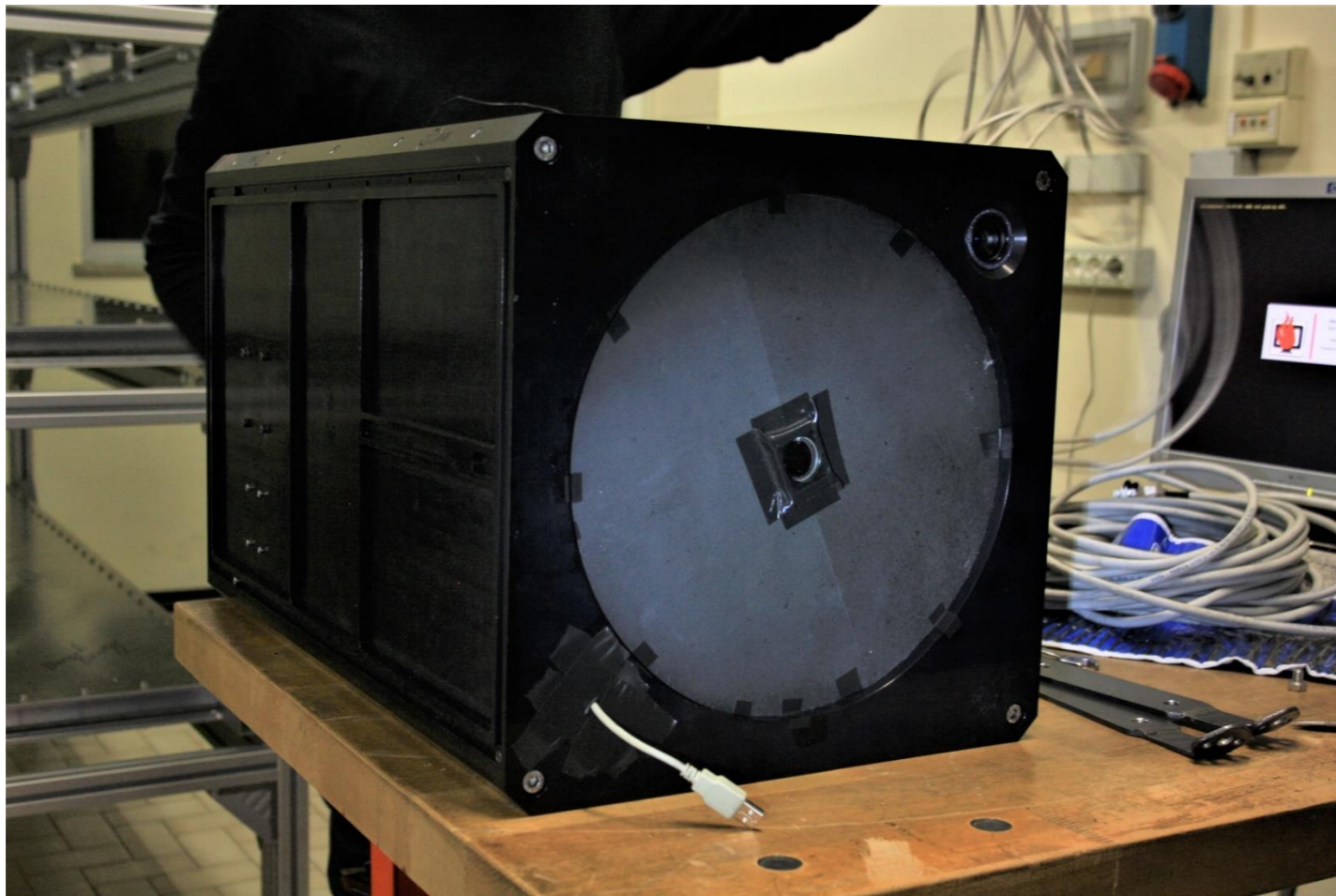
Mini-EUSO/UV-Atmosphere

- Approvato dalla agenzia spaziale italiana e russa
- Sarà installato all'interno del modulo russo della Stazione Spaziale Internazionale (ISS)
- Farà parte della **missione *Beyond*** dell'astronauta italiano Luca Parmitano (2019)
- Ottica: 2 lenti Fresnel (diametro 25 cm)
- Superficie focale: modulo di 36 MAPMT con 64 pixel ciascuno
- Campo di vista di $44^\circ \times 44^\circ$



Modello di test di Mini-EUSO (*engineering model*)

- Ottica: 1 lente di diametro 3 cm → Campo di vista $\sim 10^\circ \times 10^\circ$
- Superficie focale: 4 MAPMT con 64 pixel ciascuno
- **Test in laboratorio e a cielo aperto** necessari per testare il funzionamento del detector e l'efficienza degli algoritmi di rivelazione di eventi luminosi (algoritmi di trigger) che verranno installati sulla versione finale



Osservazioni @INAF-OATo

12-13 Marzo 2018

- Aerei
- Stelle
- Meteore
- Satelliti
- Città (Moncalieri, Chieri)



Stella eta-Ursa Majoris

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV

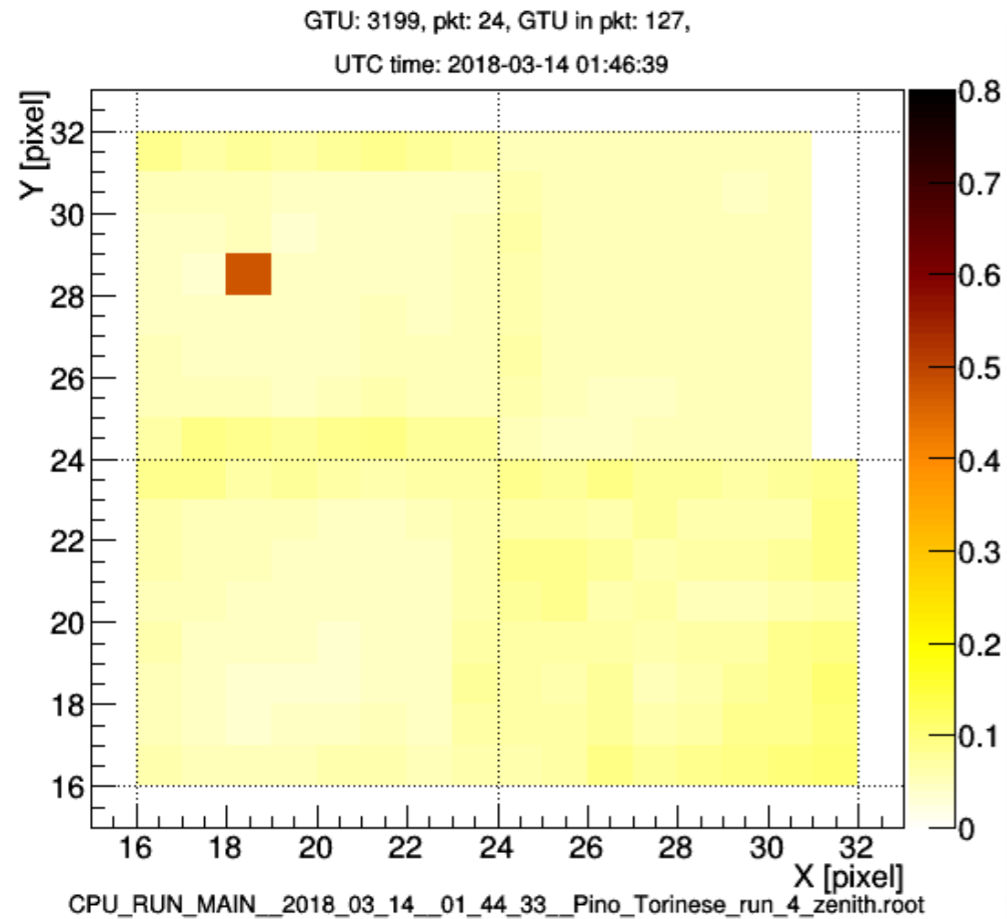


Immagine integrata in 40.96 ms

Magnitudine apparente visibile: +1.85

Media conteggi segnale: ~ 0.5

Media conteggi fondo: ~ 0.1

Elevazione puntamento Mini-EUSO: $\sim 90^\circ$
(verticale)

Osservazione PRISMA - banda visibile

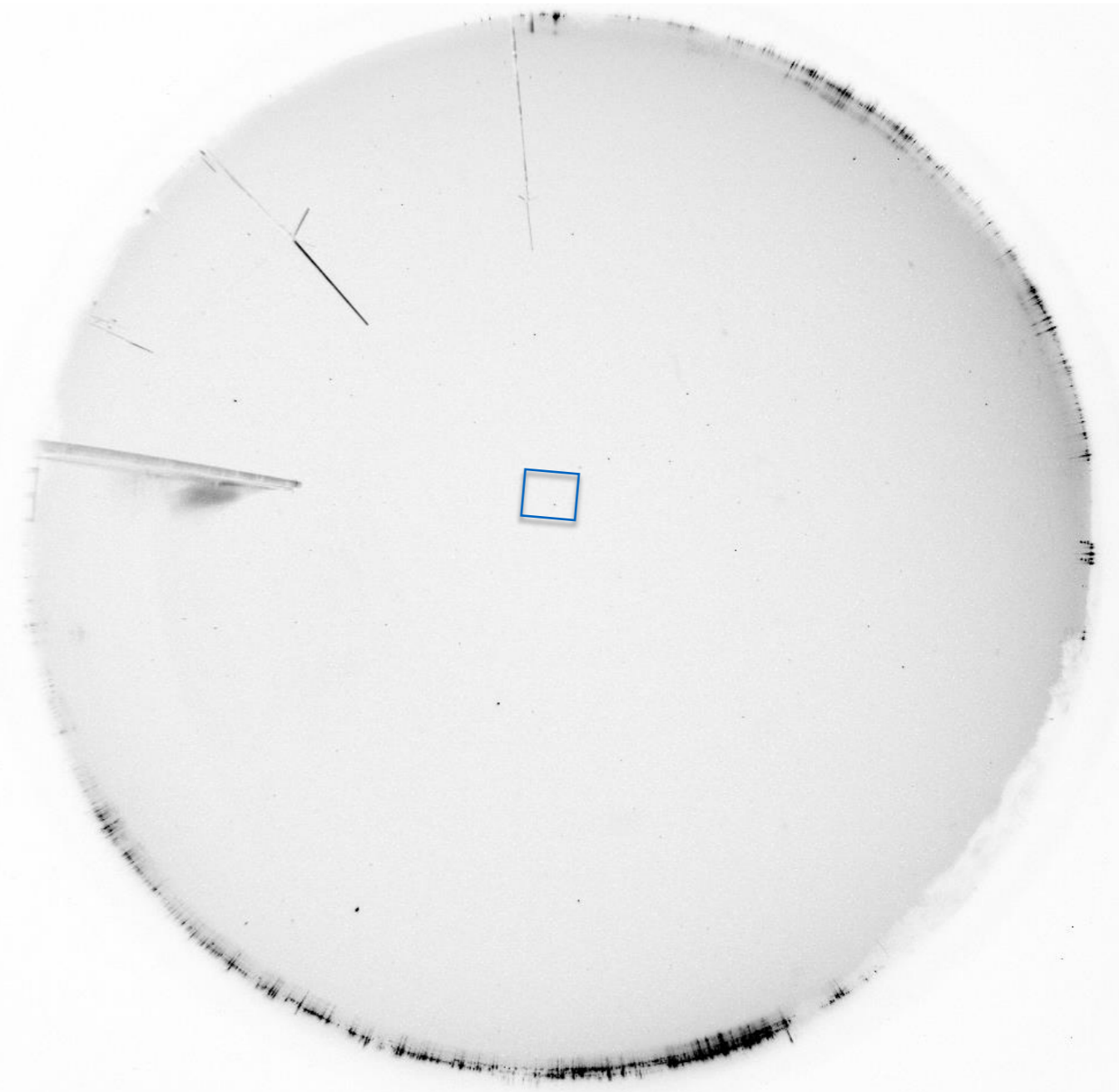


Immagine integrata in 5 s

Stella eta-Ursa Majoris

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV

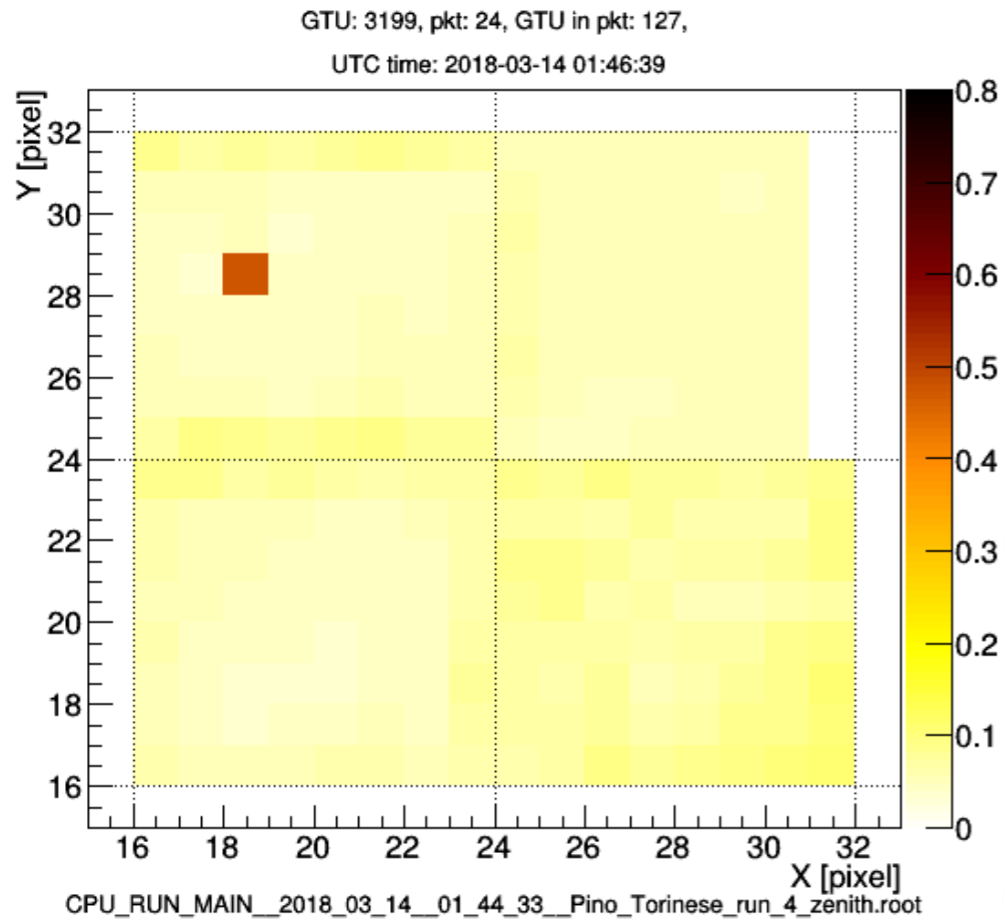


Immagine integrata in 40.96 ms

Magnitudine apparente visibile: +1.85

Media conteggi segnale: ~ 0.5

Media conteggi fondo: ~ 0.1

Elevazione puntamento Mini-EUSO: $\sim 90^\circ$
(verticale)

Osservazione PRISMA - banda visibile

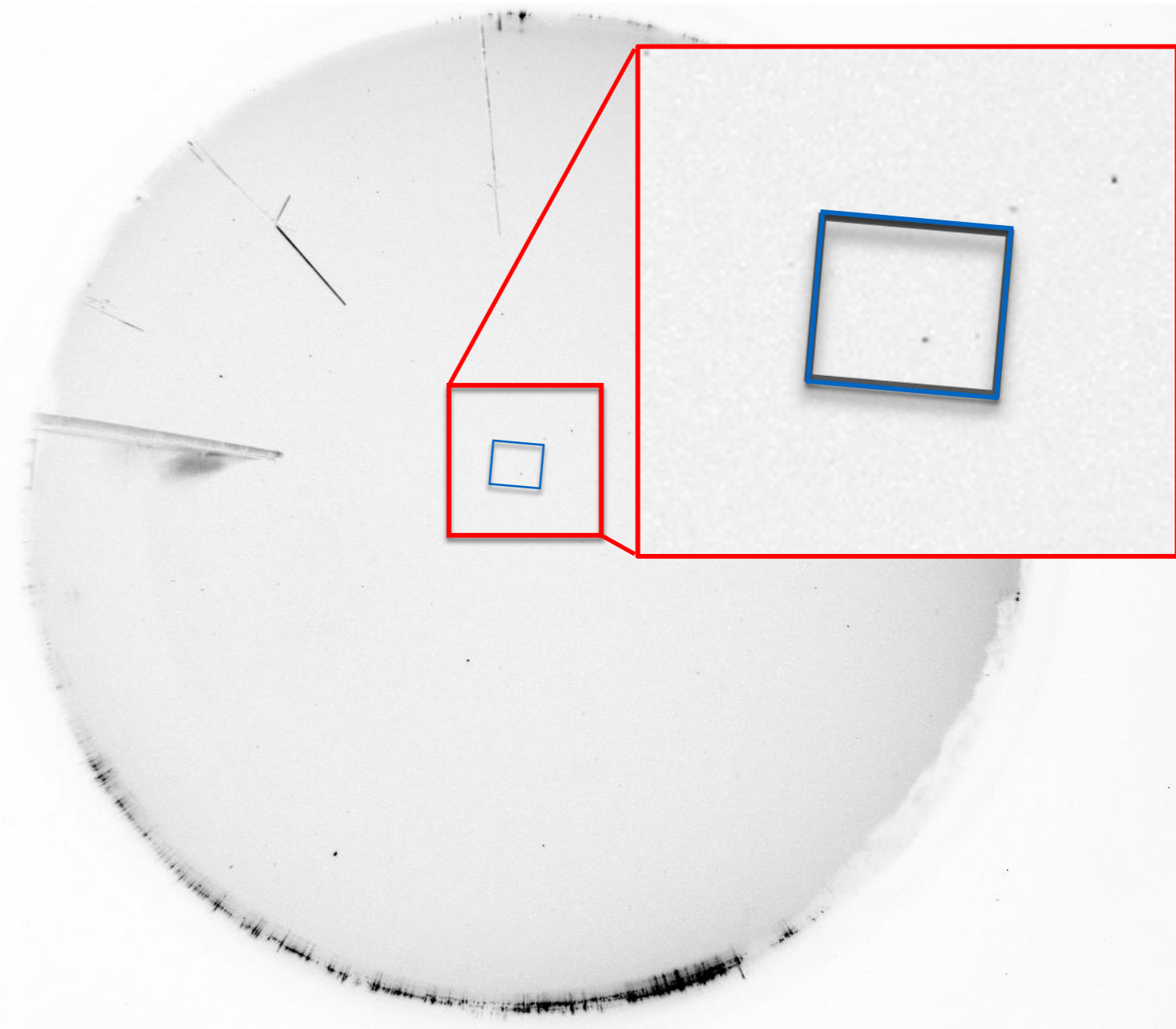


Immagine integrata in 5 s

Stella eta-Ursa Majoris

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV

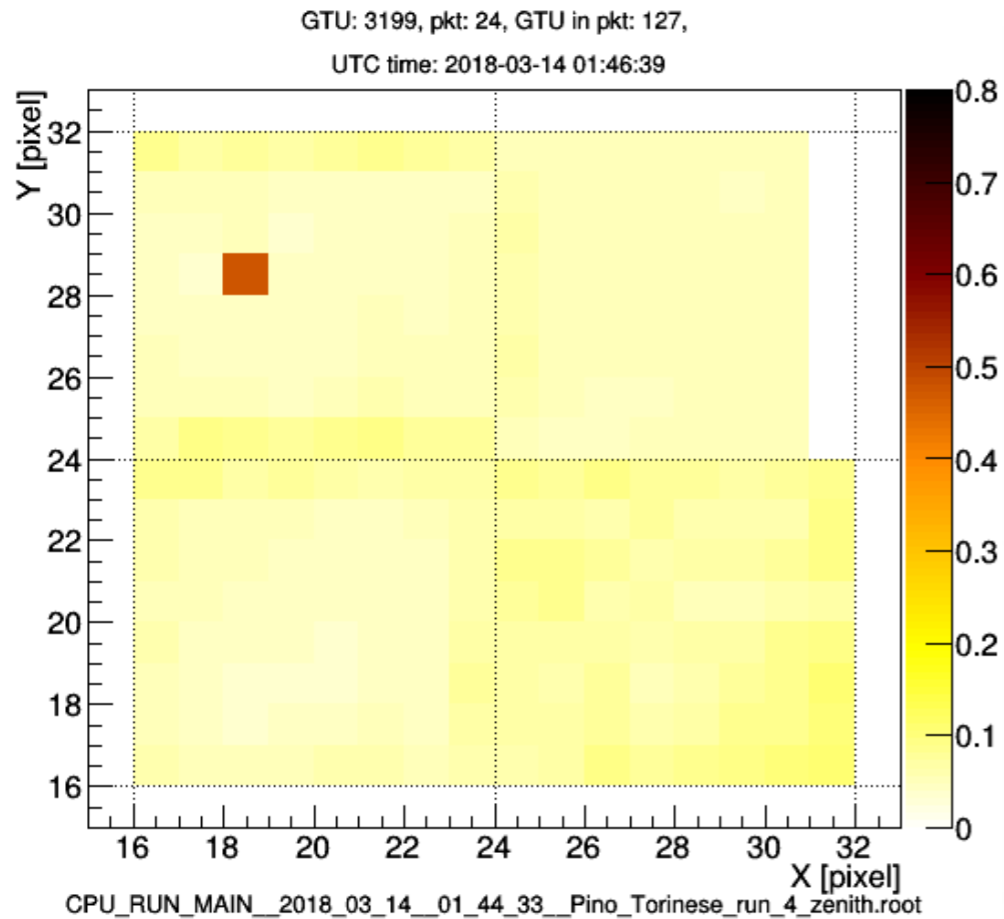


Immagine integrata in 40.96 ms

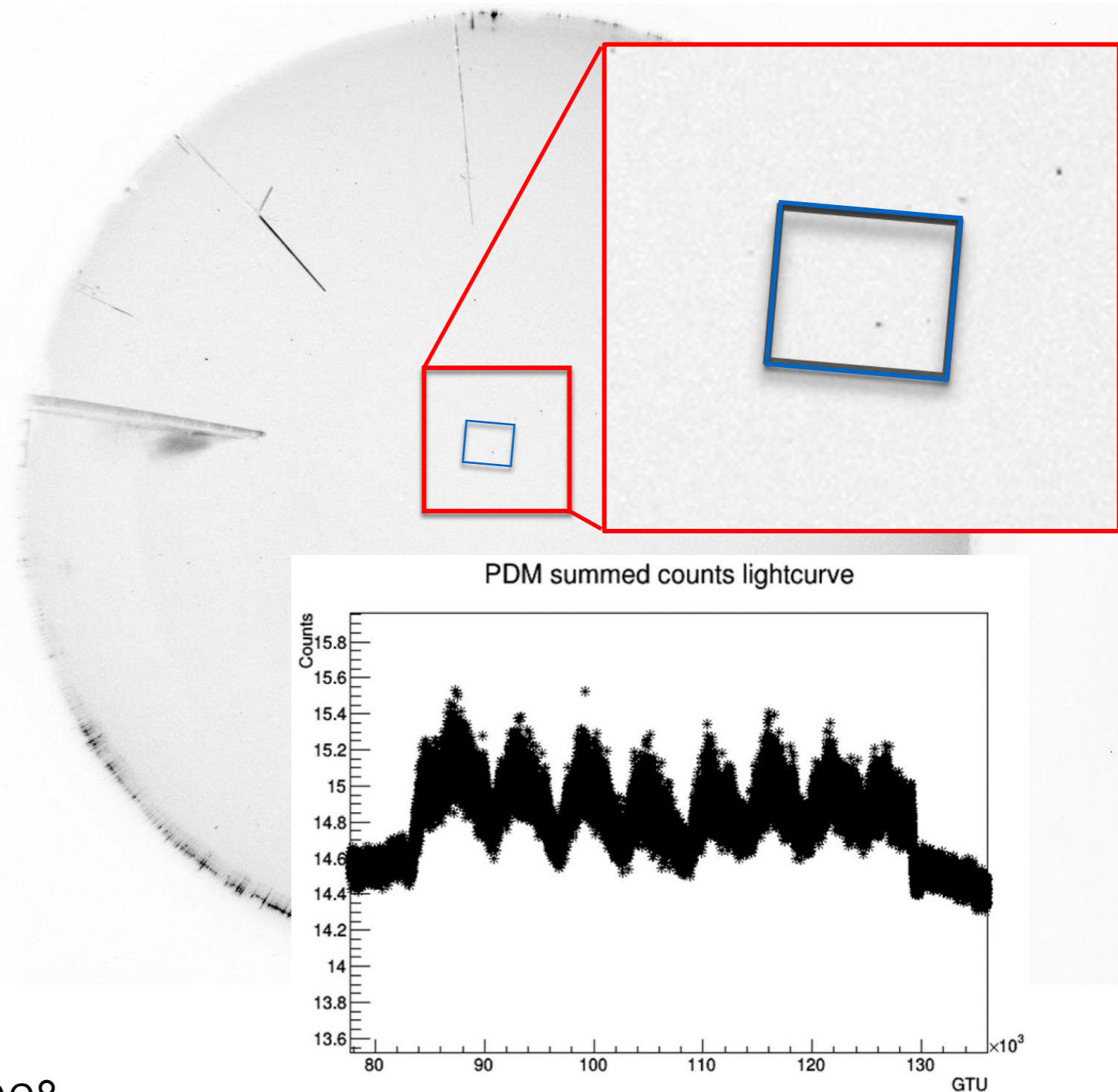
Magnitudine apparente visibile: +1.85

Media conteggi segnale: ~ 0.5

Media conteggi fondo: ~ 0.1

Elevazione puntamento Mini-EUSO: $\sim 90^\circ$
(verticale)

Osservazione PRISMA - banda visibile



*Curva di luce con picchi dovuti al transito
attraverso otto diversi pixel di un MAPMT*

Stella Spica – alpha Virginis

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV

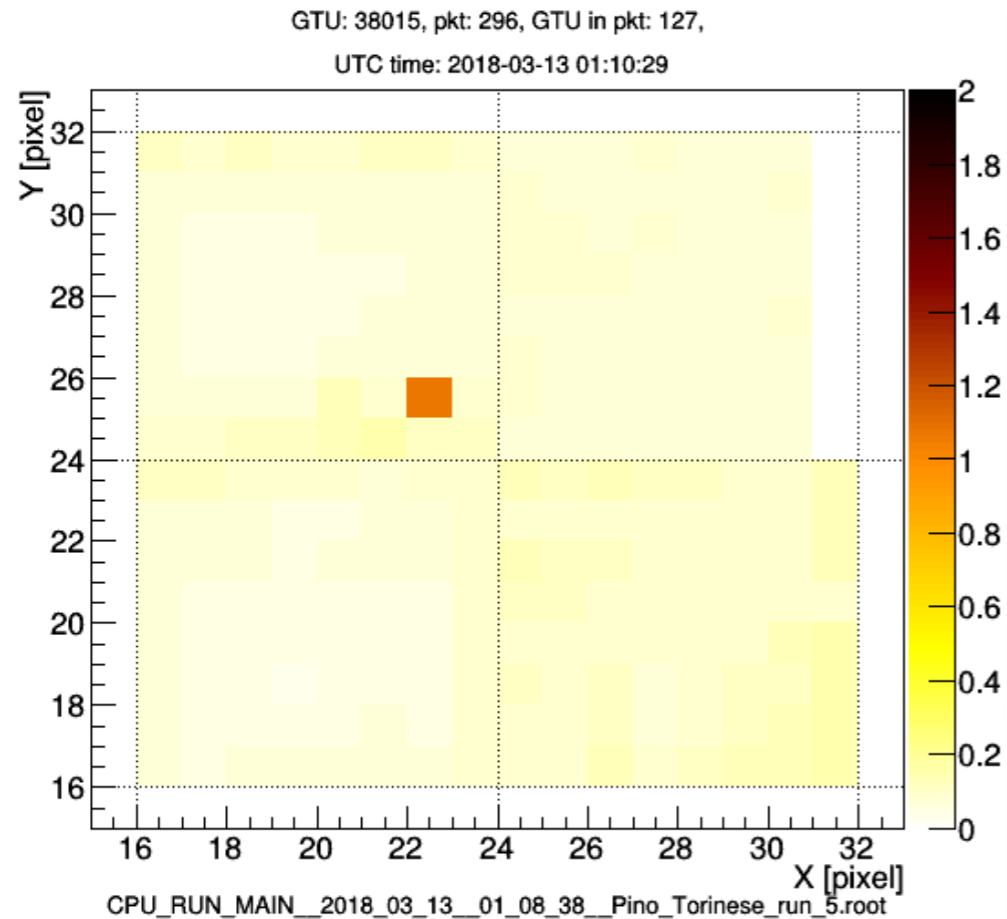


Immagine integrata in 40.96 ms

Magnitudine apparente visibile: +1.04

Media conteggi segnale: ~1

Media conteggi fondo: ~0.1

Elevazione puntamento Mini-EUSO: ~30°

Osservazione PRISMA - banda visibile

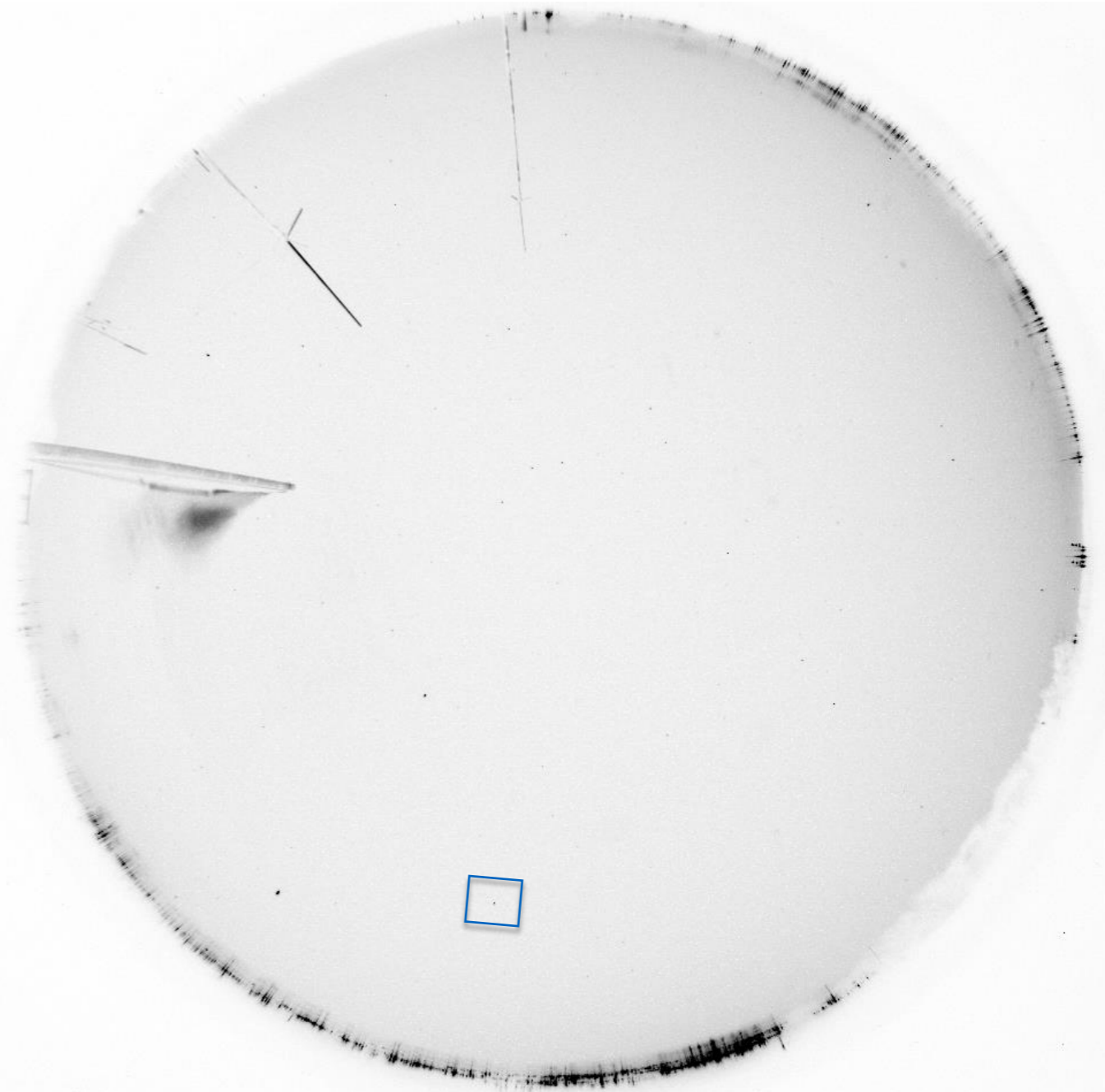


Immagine integrata in 5 s

Stella Spica – alpha Virginis

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV

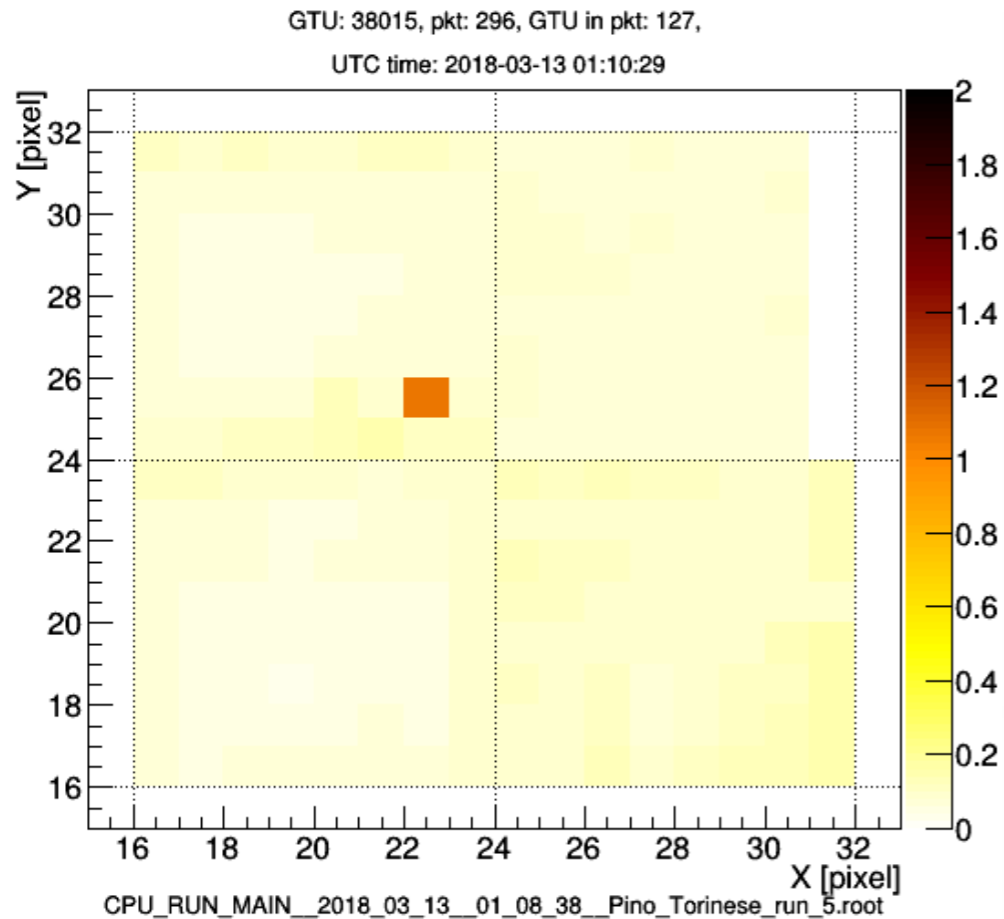


Immagine integrata in 40.96 ms

Magnitudine apparente visibile: +1.04

Media conteggi segnale: ~ 1

Media conteggi fondo: ~ 0.1

Elevazione puntamento Mini-EUSO: $\sim 30^\circ$

Osservazione PRISMA - banda visibile

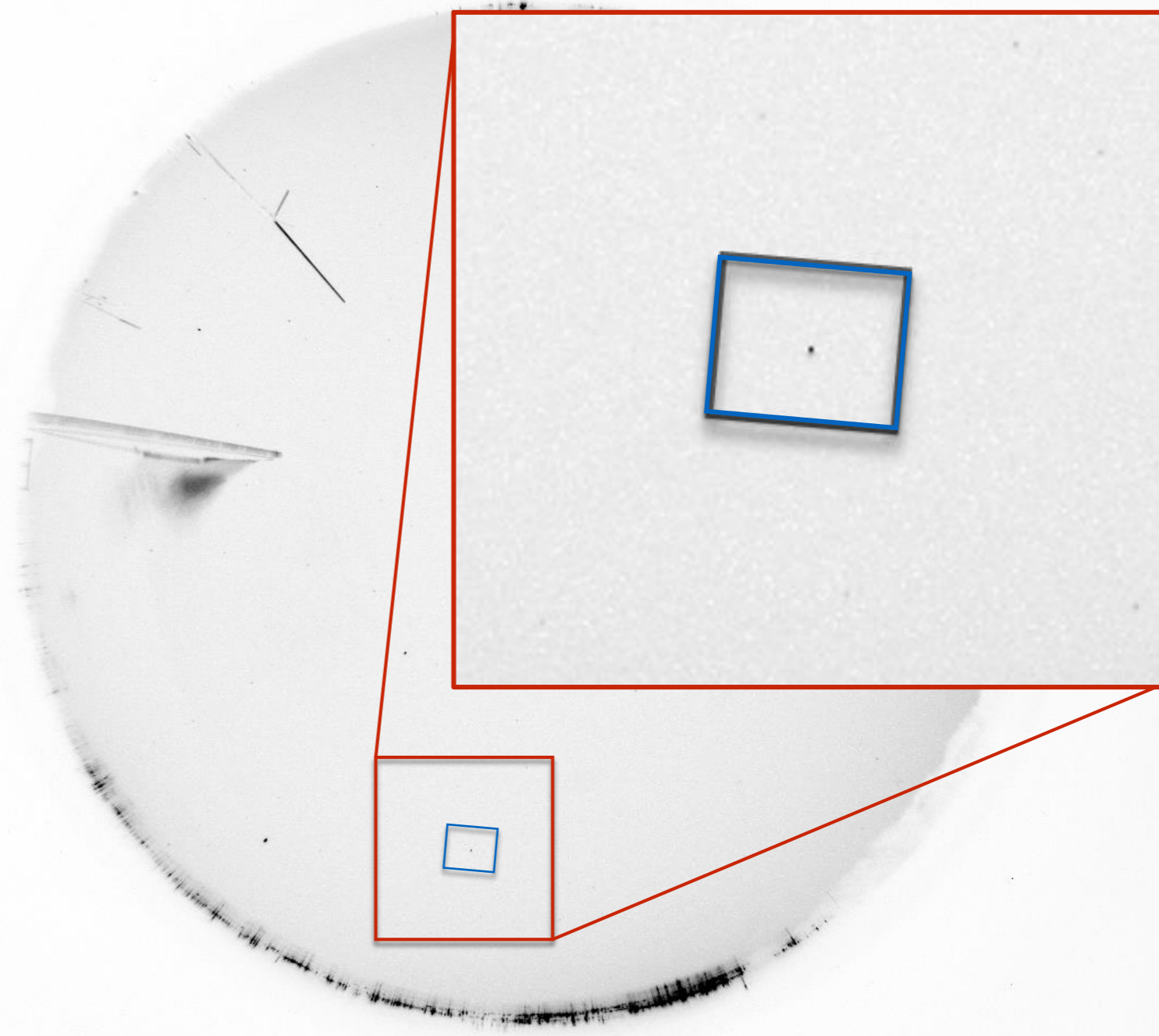


Immagine integrata in 5 s

Pianeta Giove

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV

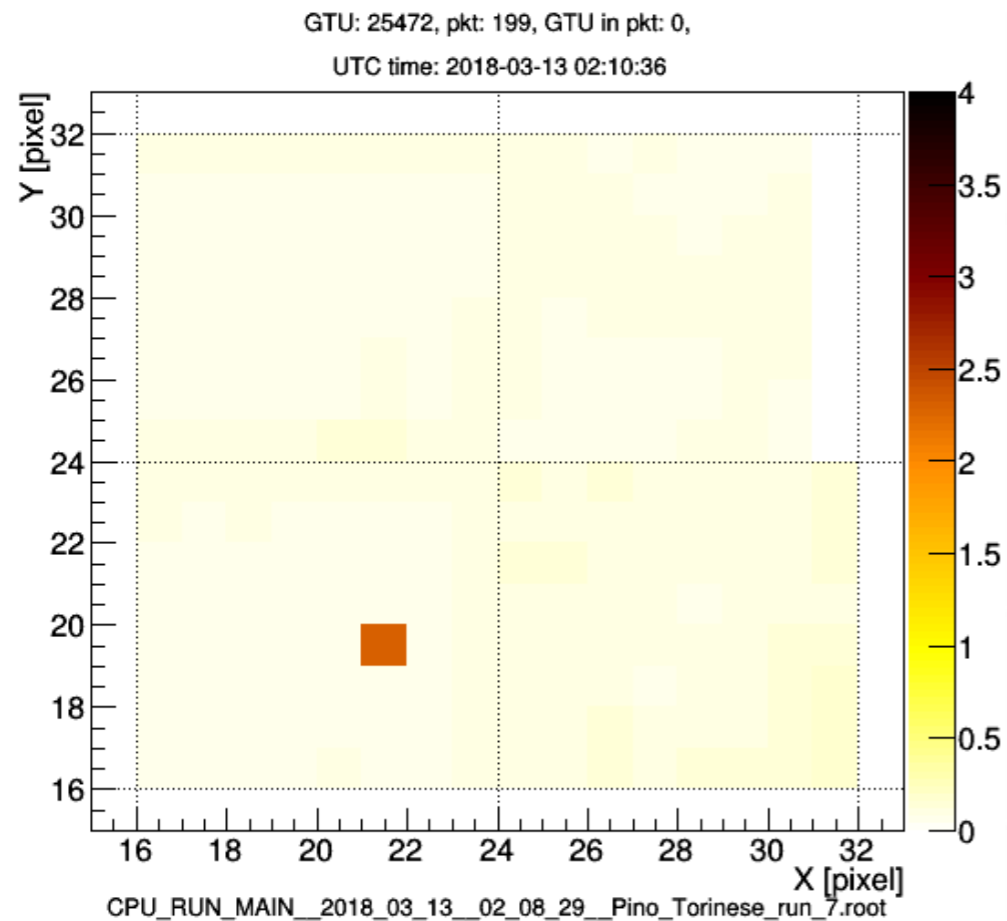


Immagine integrata in 40.96 ms

Magnitudine apparente visibile: -2.26

Media conteggi segnale: ~ 2.3

Media conteggi fondo: ~ 0.1

Elevazione puntamento Mini-EUSO: $\sim 25^\circ$

Osservazione PRISMA - banda visibile

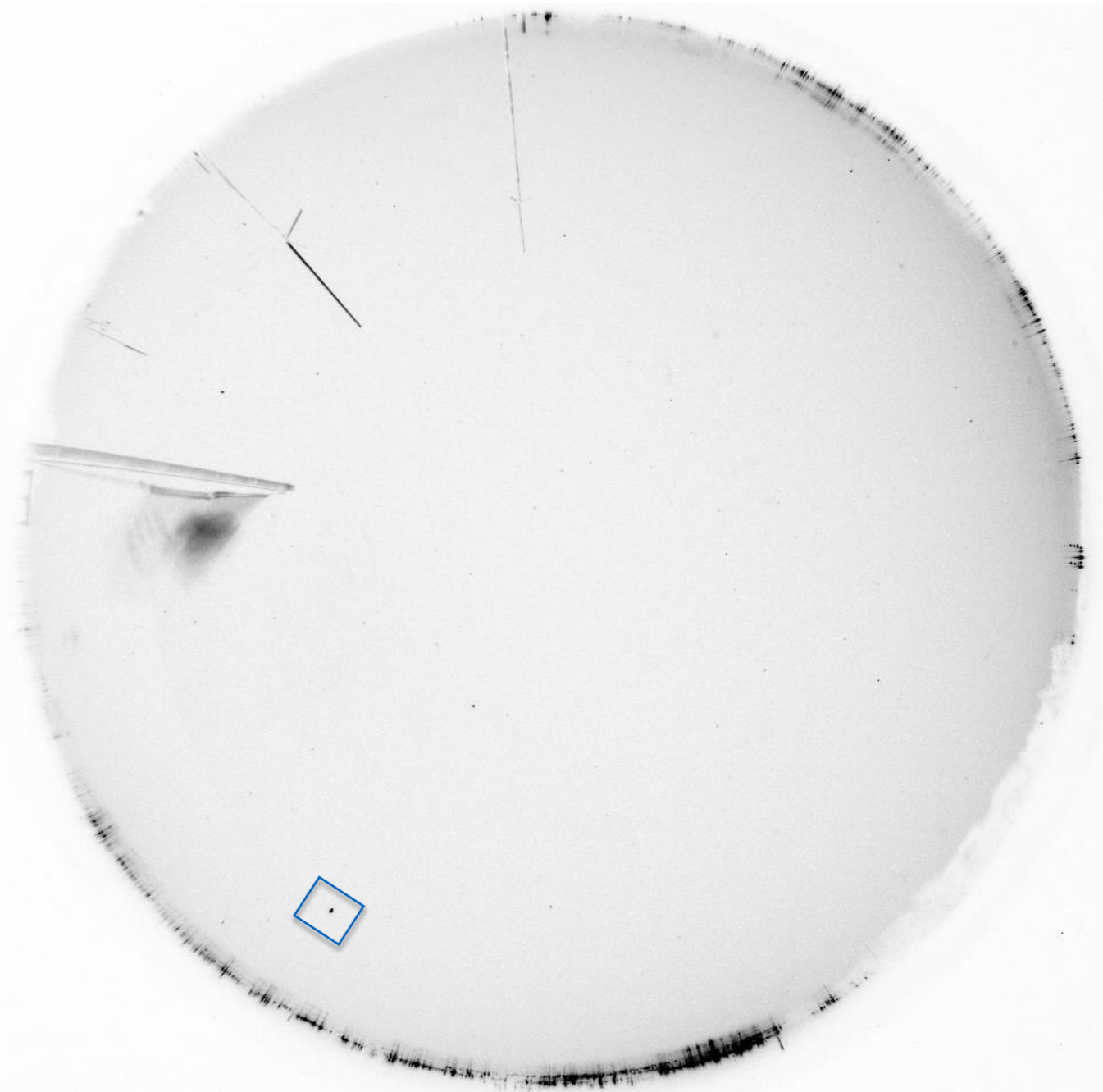


Immagine integrata in 5 s

Pianeta Giove

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV

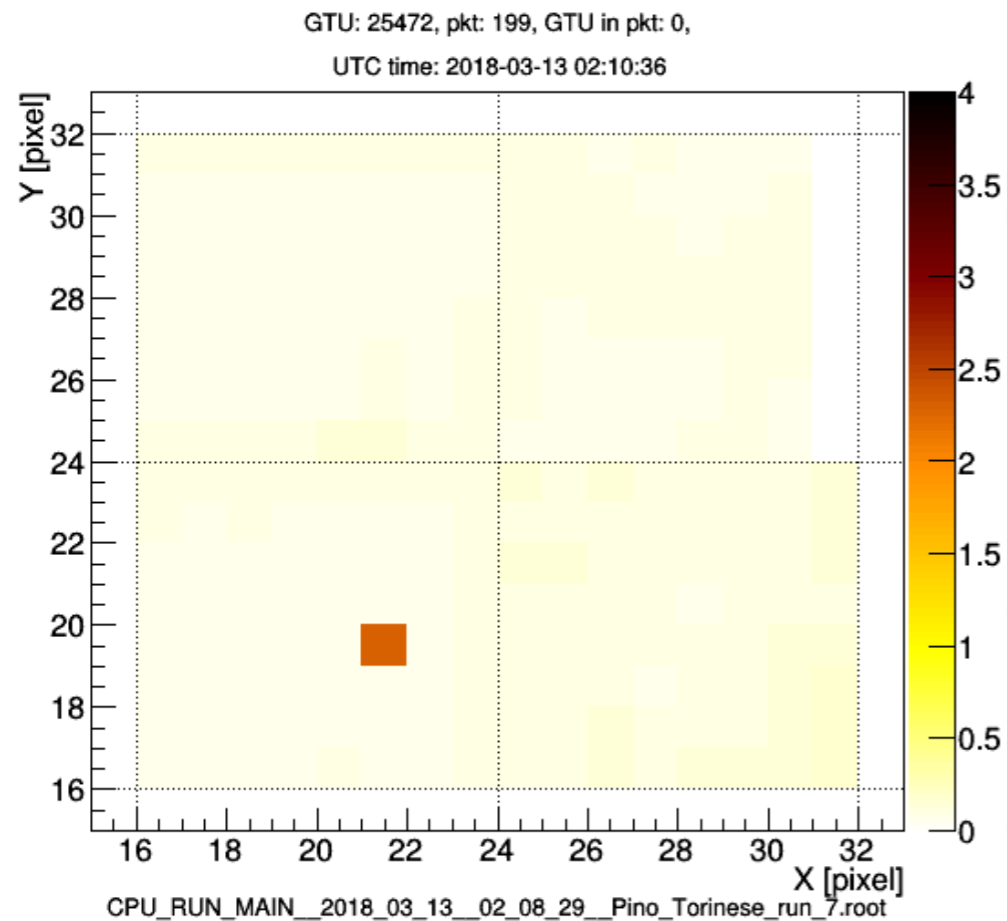


Immagine integrata in 40.96 ms

Magnitudine apparente visibile: -2.26

Media conteggi segnale: ~ 2.3

Media conteggi fondo: ~ 0.1

Elevazione puntamento Mini-EUSO: $\sim 25^\circ$

Osservazione PRISMA - banda visibile

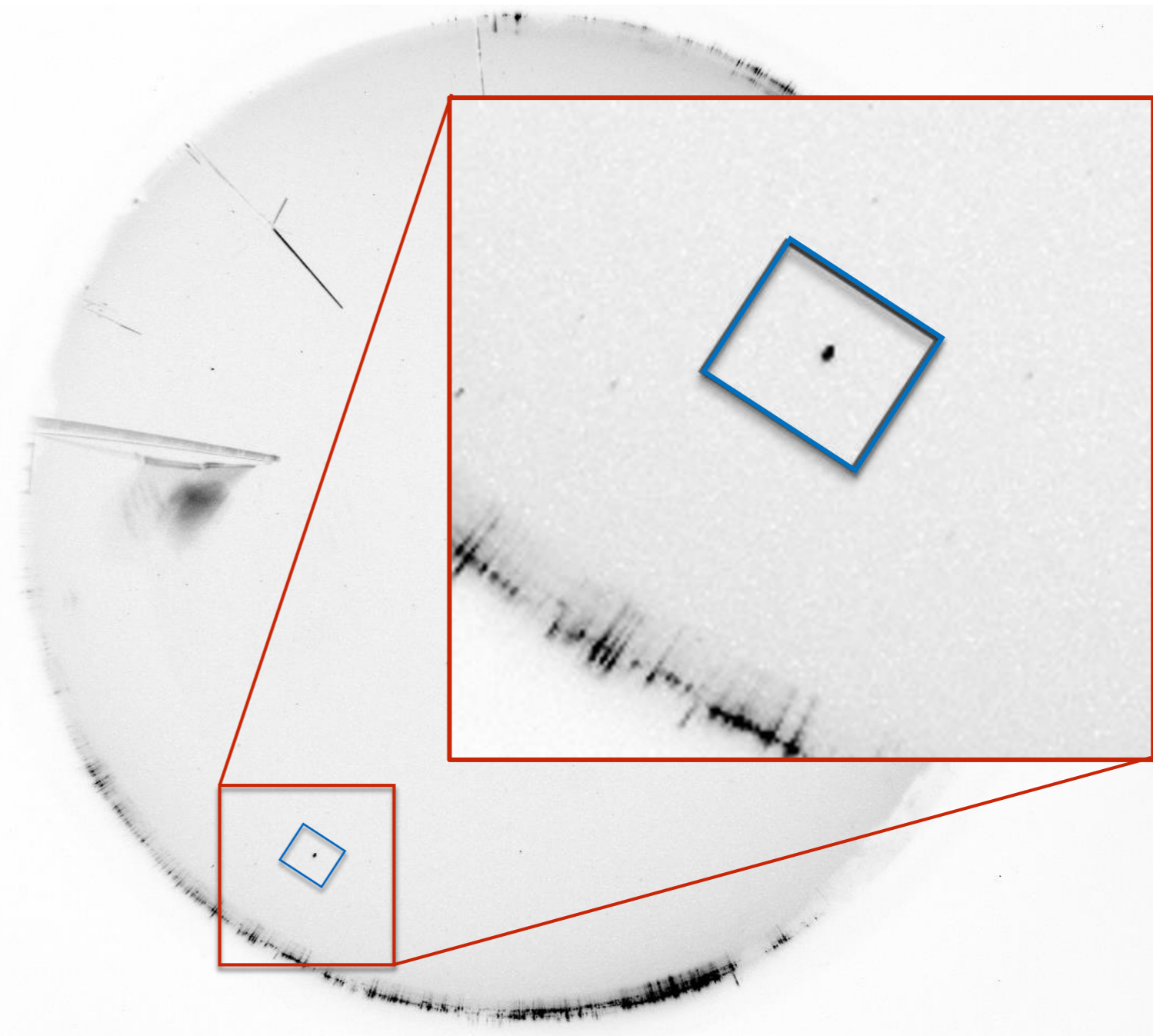


Immagine integrata in 5 s

Stelle della costellazione di Hercules

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV

Osservazione PRISMA - banda visibile

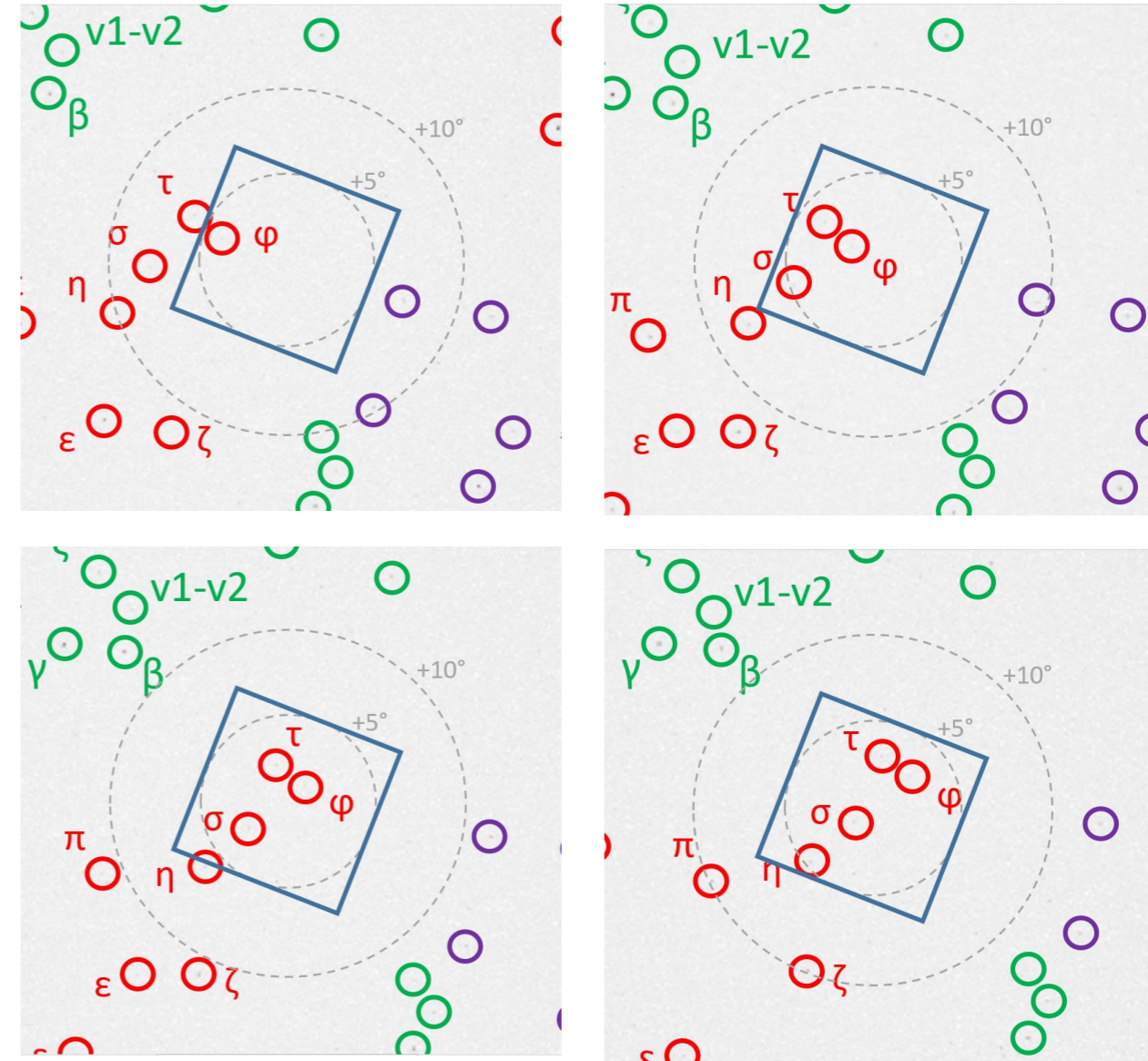
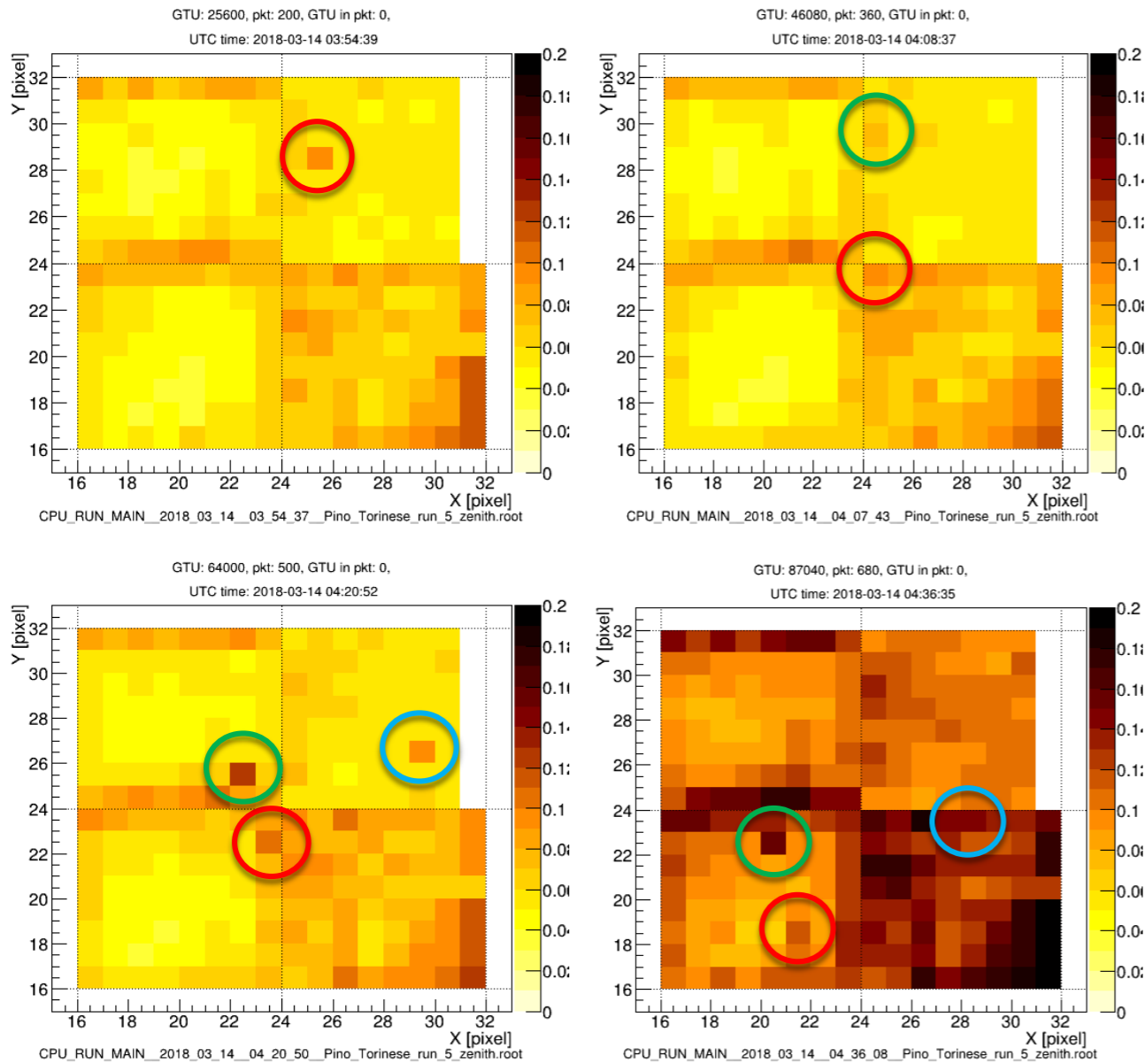


Immagine integrate in 40.96 ms/~10 min

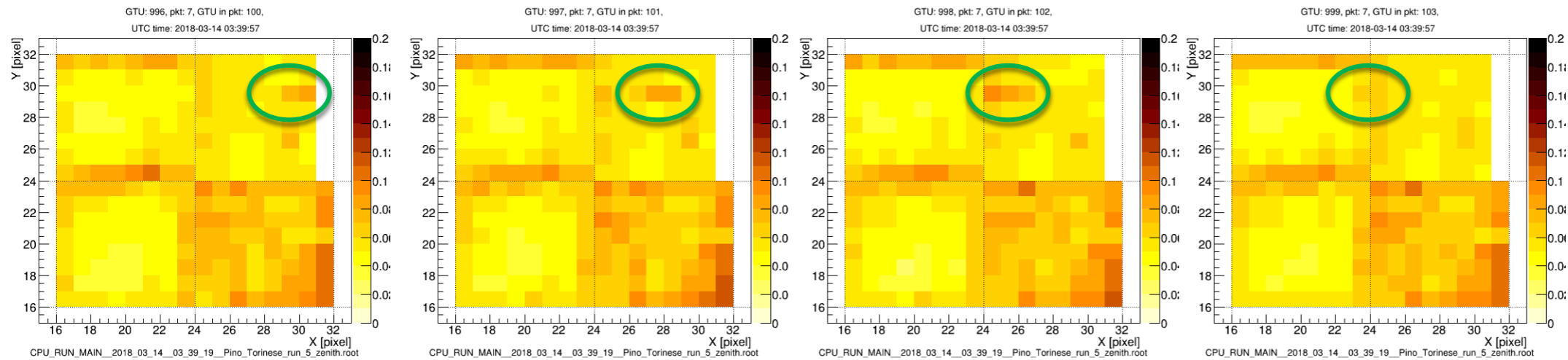
Immagine integrate in 5 s /10 min

Elevazione puntamento Mini-EUSO: $\sim 90^\circ$
(verticale)

phi-Her: $\underline{m_U=3.9}$, $m_B=4.2$, $m_V=4.3$
tau-Her: $\underline{m_U=3.2}$, $m_B=3.7$, $m_V=3.9$
sigma-Her: $\underline{m_U=4.0}$, $m_B=4.2$, $m_V=4.2$

Meteorite

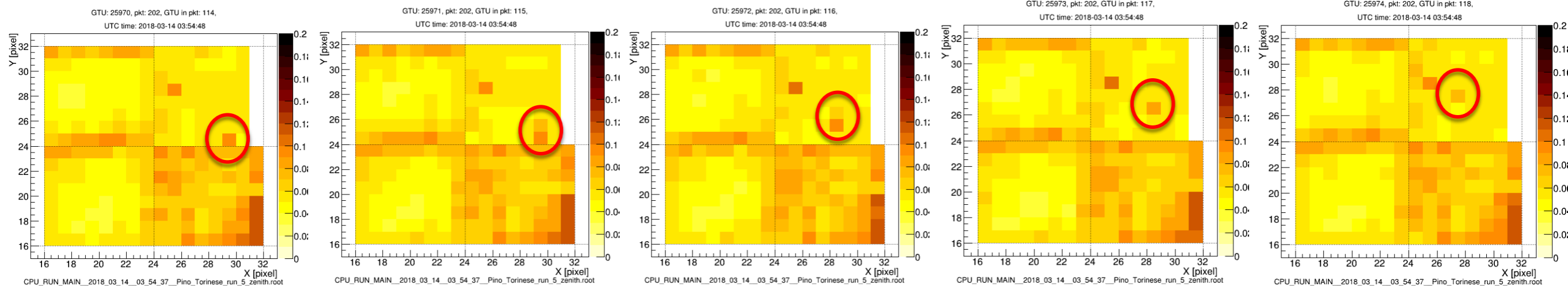
Meteora 1



Osservazioni
e.m. Mini-EUSO
banda UV

Elevazione 90°

Meteora 2



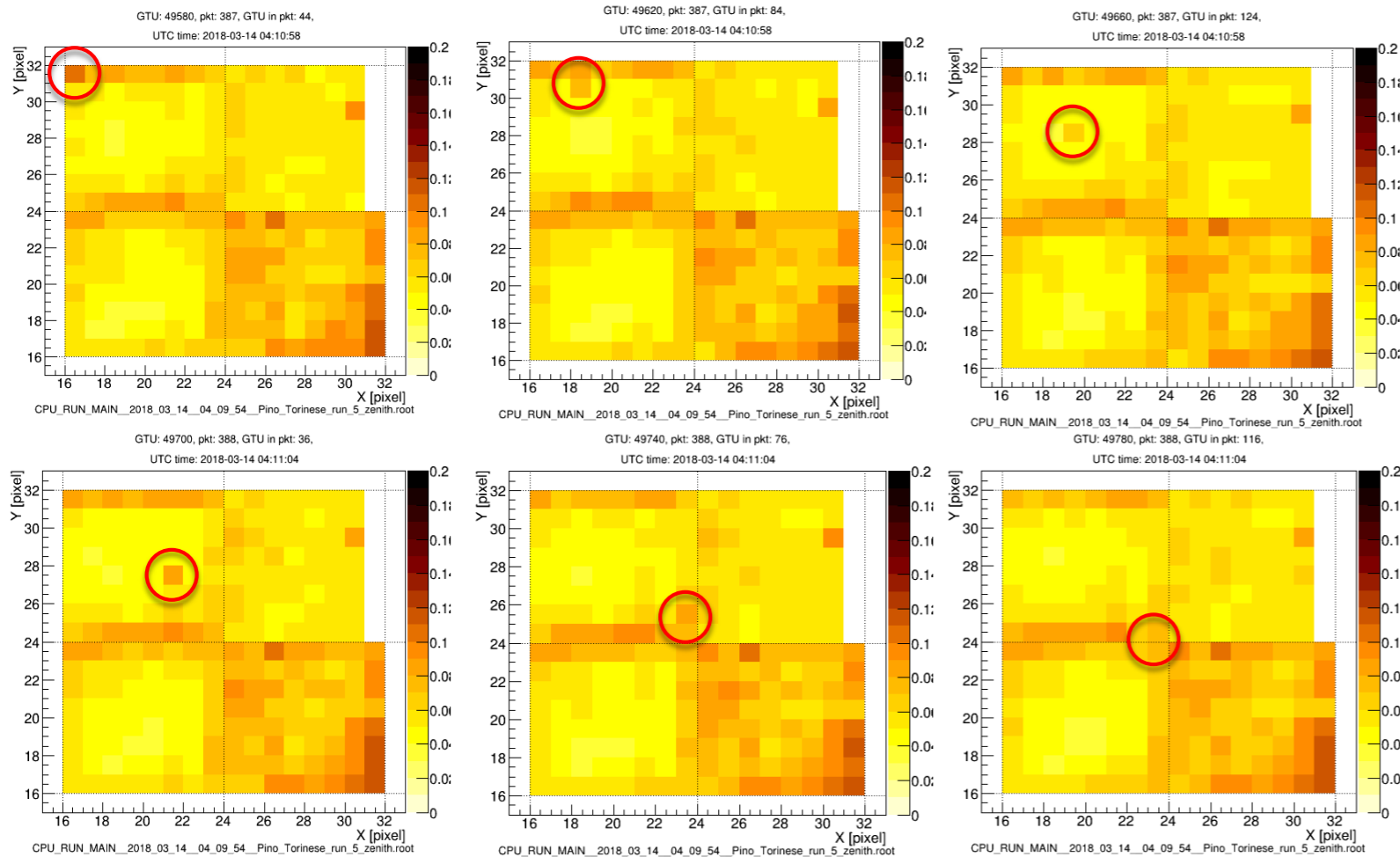
Singole immagini integrate in 40.96 ms in serie

- Componenti orizzontali delle velocità compatibili con quelle tipiche delle meteore
 - Velocità a 100 km di altitudine: 58 km/s
 - Velocità a 30 km di altitudine: 16 km/s
- $m_v > 4$ dal confronto con le stelle osservate da Mini-EUSO
- Non sono presenti controparti nei dati della camera PRISMA a causa della bassa luminosità delle meteore → Coincidenze offrirebbero informazioni in visibile e UV

Satellite artificiale

- Satellite Meteor 1-31 Rocket per le telecomunicazioni
- Non è presente controparte nei dati della camera PRISMA perché eventi lenti come aerei e satelliti vengono scartati

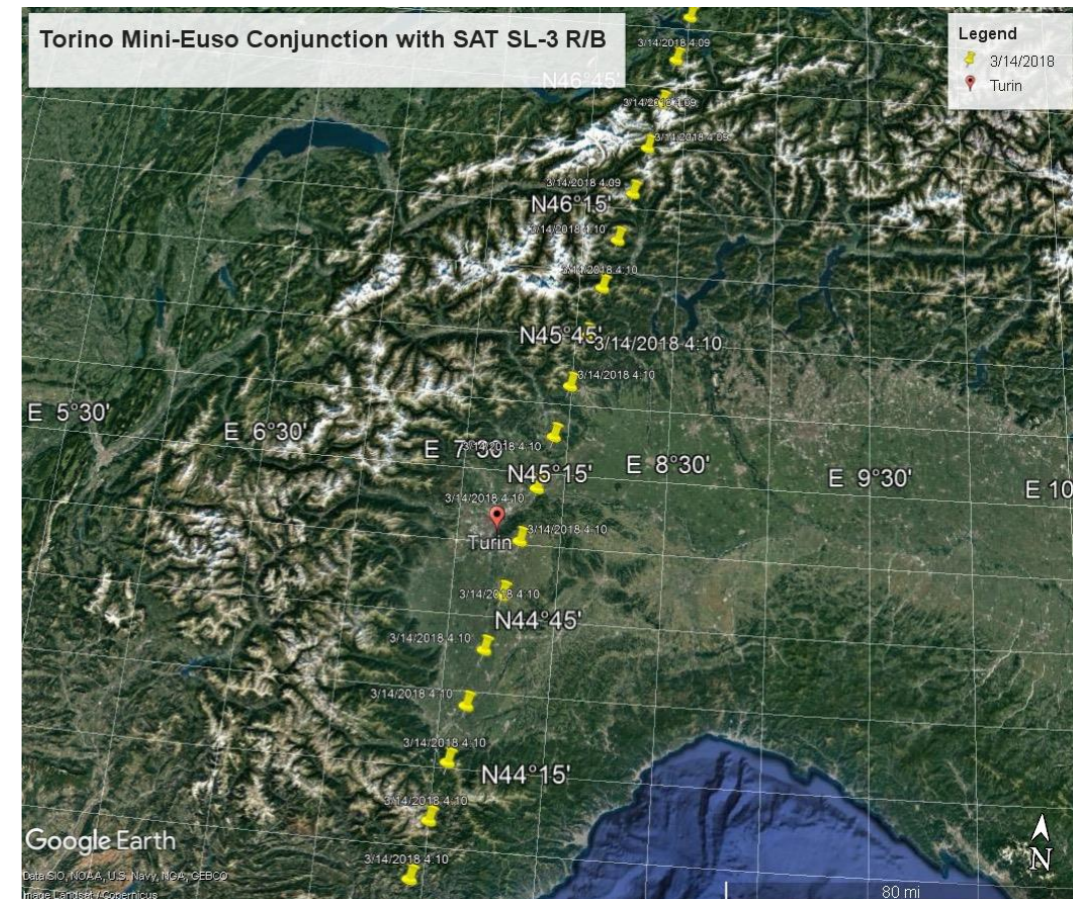
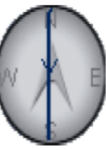
Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV



31 Rocket
(12586 1981-065-B)
→Ground track
→Star chart

CalSky - the Daily Astronomical Calendar

Culmination	4h10m18s	3.5mag	az:103.1° ESE
	h:86.9°	distance: 552.2km	height above Earth: 551.8km
	elevation of Sun: -17°	angular velocity:	0.78°/s
at Meridian	4h10m35s	3.4mag	az:180.0° S h:76.3°
Disappears	4h14m41s	6.1mag	az:192.9° SSW h:7.5°



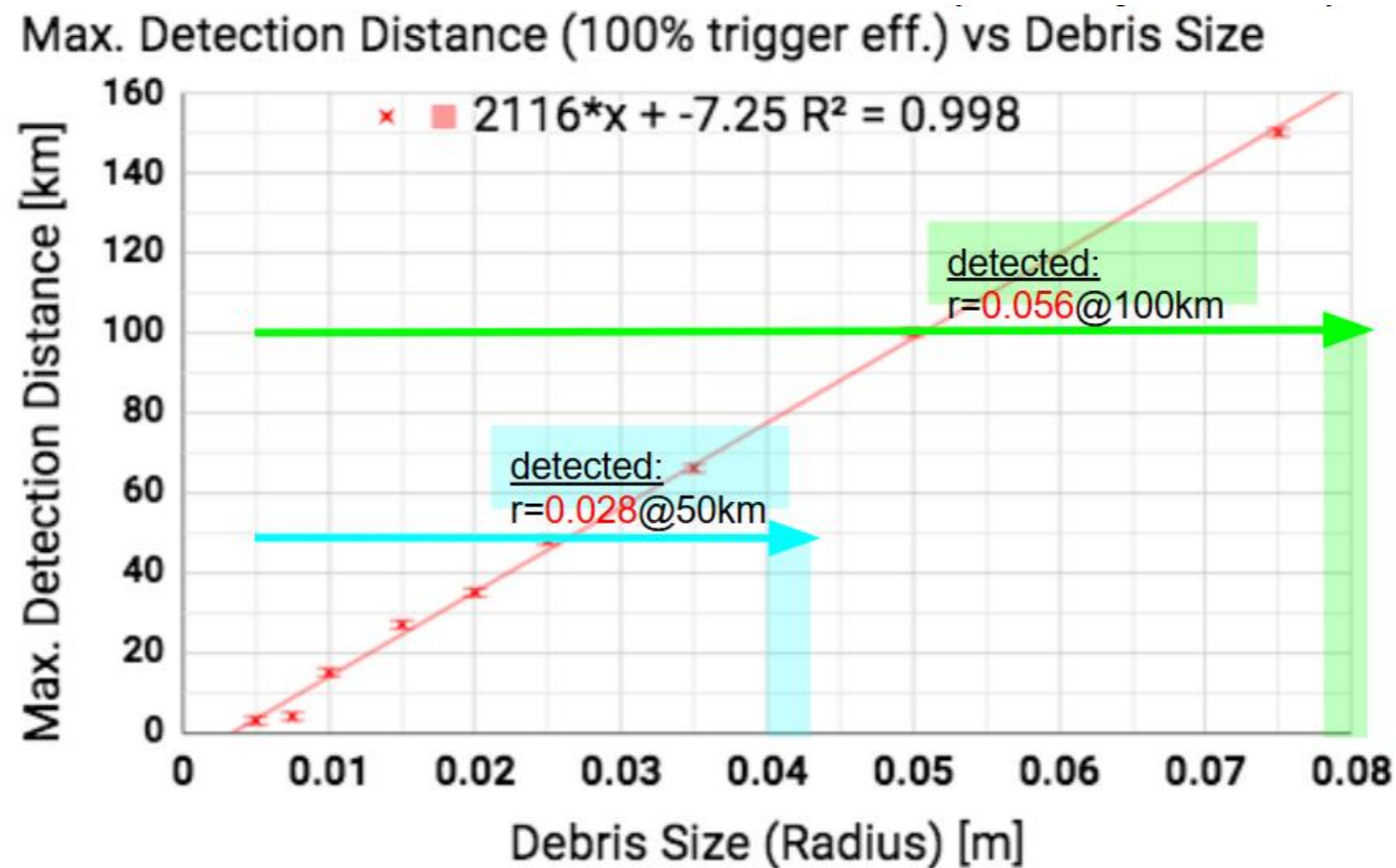
Singole immagini integrate in 40.96 ms/~1.6 s

Elevazione 90°

Stima dei detriti spaziali osservabili da Mini-EUSO sulla ISS in funzione della dimensione e distanza

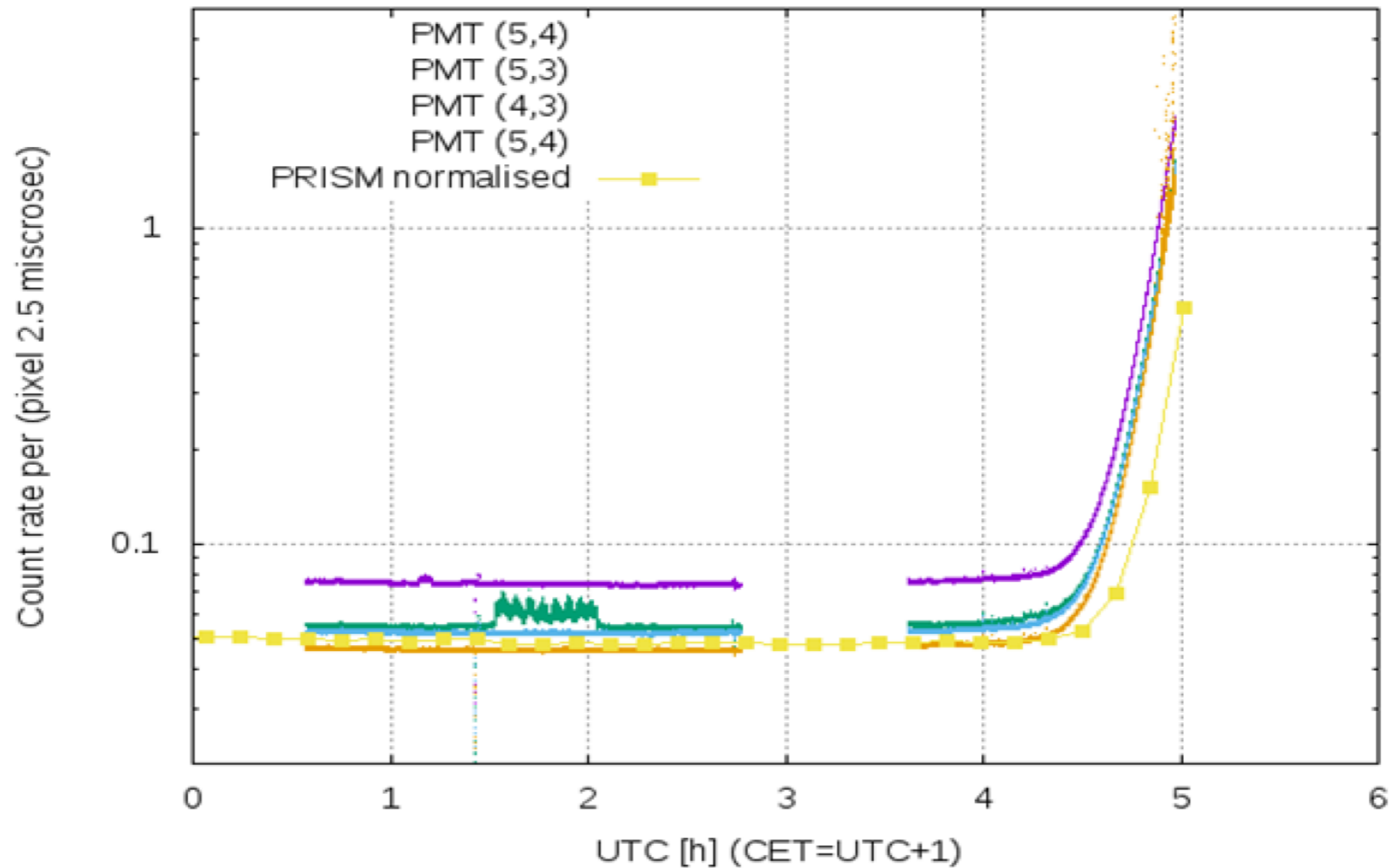
Progetto a Torino per lo sviluppo di un rivelatore di detriti spaziali con la tecnologia dei rivelatori di raggi cosmici

→ Capire le capacità di rivelazione di Mini-EUSO è fondamentale



Risultato di simulazioni per scalare il rapporto segnale/rumore del satellite Meteor 1-31 Rocket a diverse distanze e dimensioni, visto da Mini-EUSO sulla ISS.

Studi sul fondo in UV e ottico



Confronto tra l'intensità del fondo UV osservato da Mini-EUSO e quello nel visibile osservato dalla camera PRISMA. I dati di PRISMA sono stati rinormalizzati al valore medio di 3 MAPMT. L'alba è evidente prima in UV che nel visibile. I picchi nella linea verde corrispondono al passaggio attraverso otto MAPMT di una stella

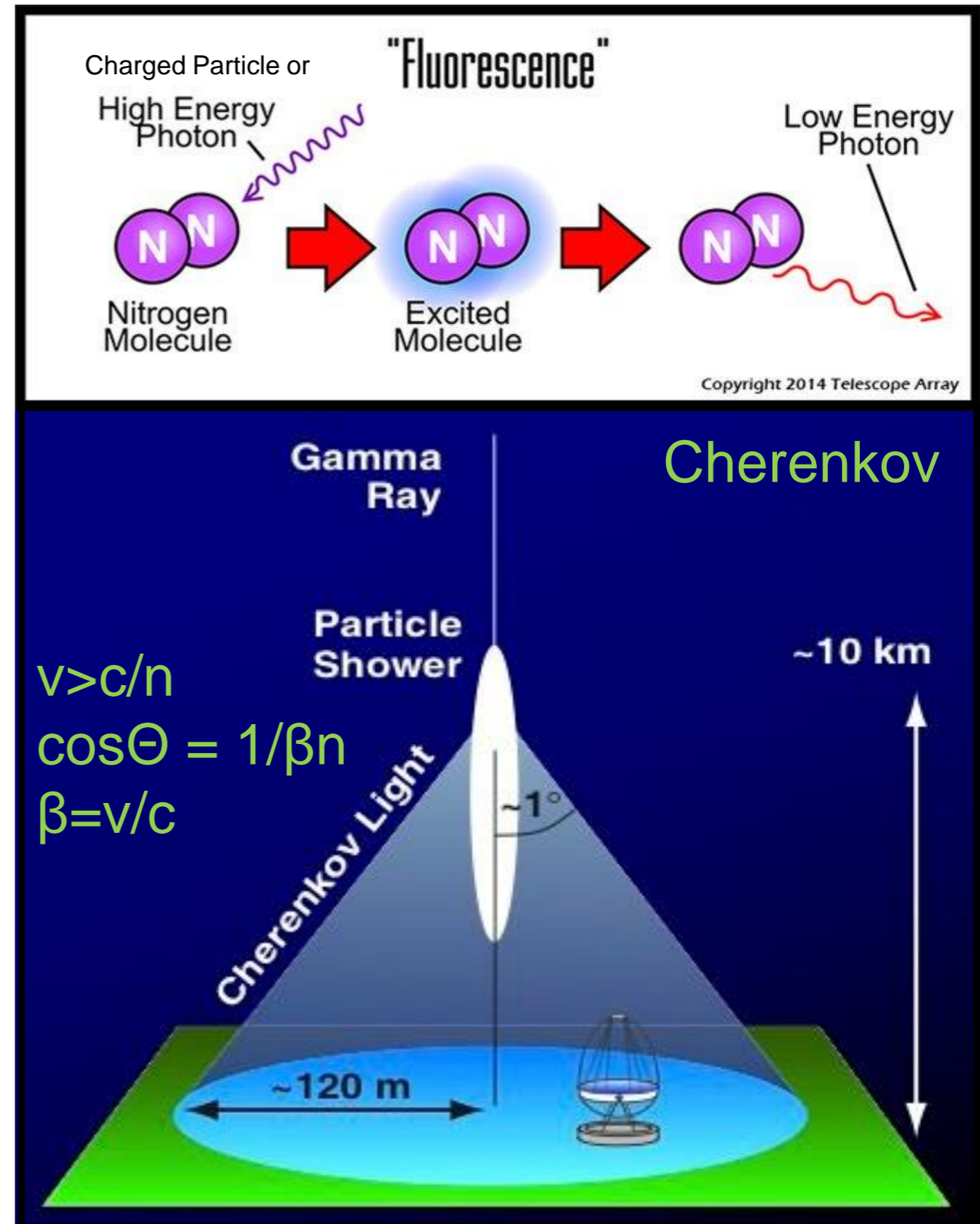
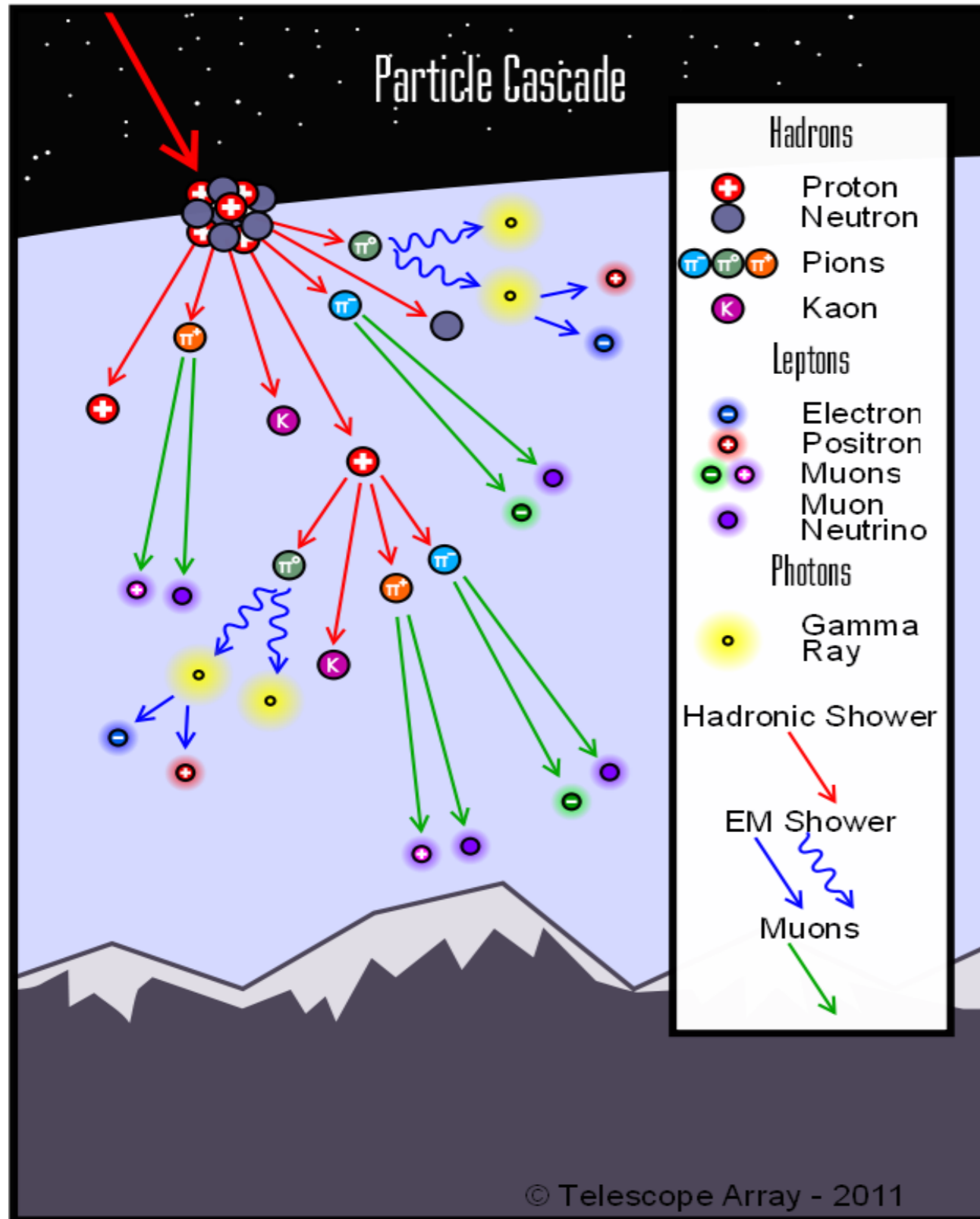
Conclusioni

- I **test sull'engineering model** di Mini-EUSO effettuati a Torino e all'Osservatorio Astronomico di Pino Torinese per verificare il funzionamento del detector e l'efficienza degli algoritmi di trigger per l'osservazione di eventi luminosi a velocità variabili hanno **confermato le previsioni sul funzionamento del detector**
- Il confronto tra **stelle** osservate con Mini-EUSO e dalla camera PRISMA rivelano una maggior sensibilità di Mini-EUSO ad eventi luminosi molto deboli:
 - **Mini-EUSO** ideato per osservare nell'**UV sorgenti deboli dallo spazio**
 - **PRISMA** ideato per osservare nel **visibile meteore molto luminose e bolidi**
 - **Osservazioni in coincidenza tra la versione finale di Mini-EUSO sulla ISS e le camere PRISMA potrebbero dare interessanti informazioni sui processi di disintegrazione delle meteore nell'atmosfera**
- Analisi del **fondo cielo** osservato da Mini-EUSO e la camera PRISMA rivela differenze nella rapidità con cui sorge il Sole all'alba in **banda UV e visibile**
- La spedizione sulla ISS di Mini-EUSO è prevista per metà 2019
- Se possibile, ulteriori test sulla versione finale potrebbero essere svolti nuovamente a Torino
- **Ringraziamo l'OATo e la rete PRISMA**
- **Siamo aperti a possibili idee di collaborazione.**

GRAZIE
per l'attenzione!

Backup

Sciami estesi di raggi cosmici



Spettro dei raggi cosmici

Flusso ($10^9 - 10^{20}$ eV)

- 1 particella $m^{-2} s^{-1}$ a $E \sim 10^9$ eV
- 1 particella $m^{-2} anno^{-1}$ a $E \sim 10^{15}$ eV
- 1 particella $km^{-2} anno^{-1}$ a $E \sim 10^{19}$ eV
- 1 particella $km^{-2} secolo^{-1}$ a $E \sim 10^{20}$ eV

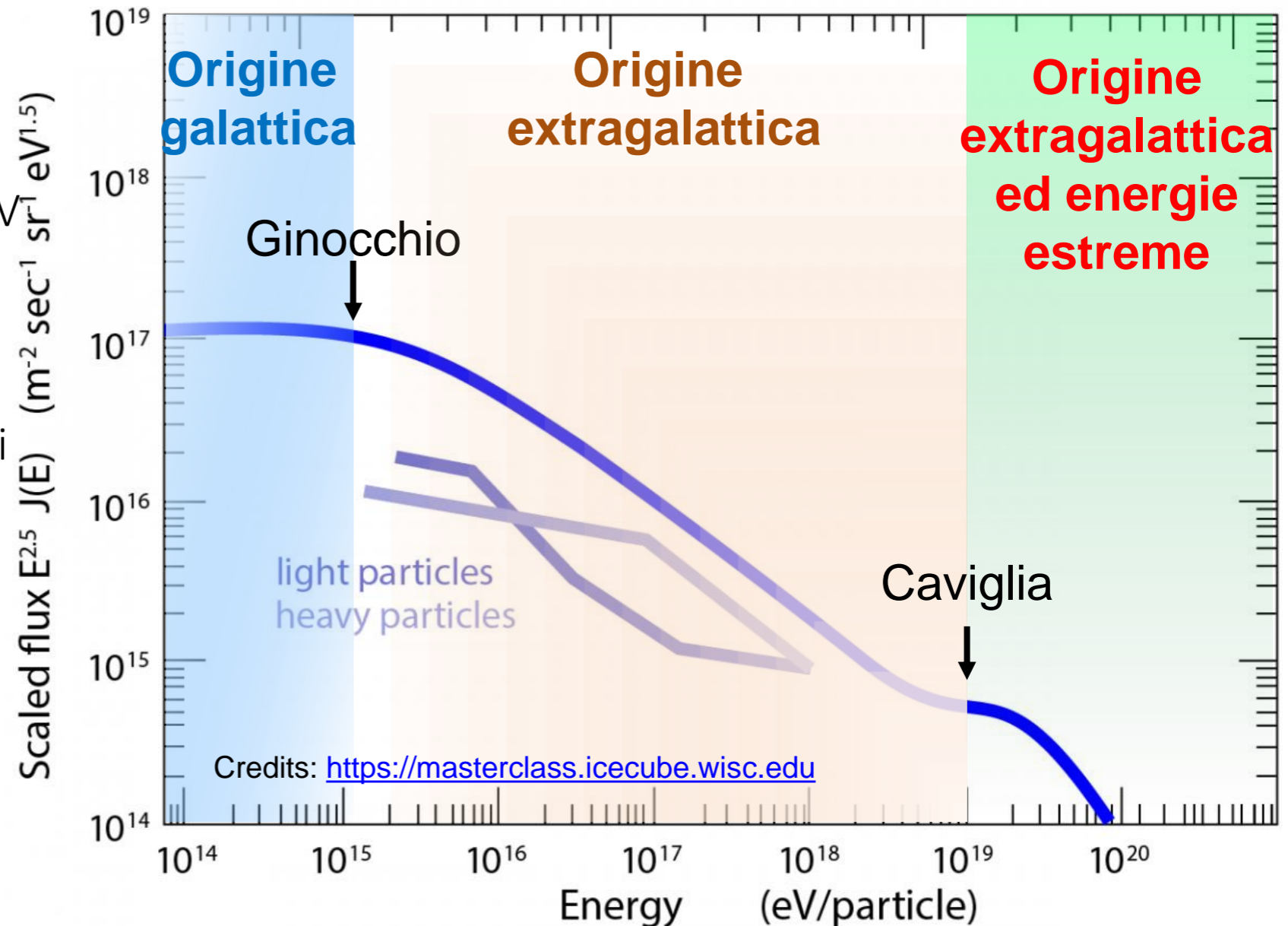
→ circa 100000 particelle originate dai raggi cosmici ci attraversano ogni ora...

Origine

- Galattica per $10^9 < E < 10^{15}$ eV
- Extragalattica per $10^{15} < E < 10^{19}$ eV
- Extragalattica ed energie estreme $E > 10^{19}$ eV

electronVolt: l'energia guadagnata (o persa) da un elettrone che si muove nel vuoto tra due punti tra i quali vi è una differenza di potenziale elettrostatico di 1 Volt

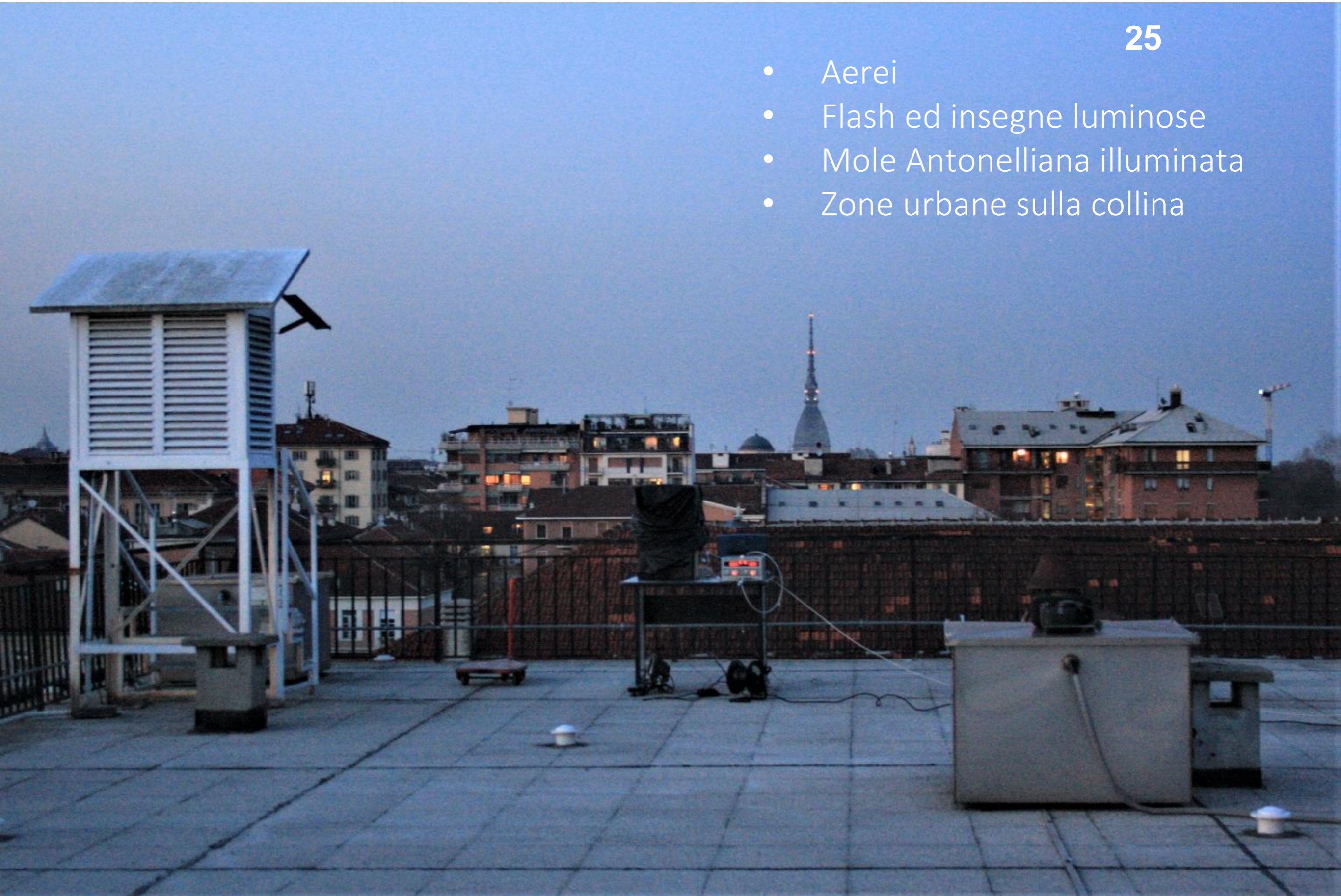
- Una molecola atmosferica ha un'energia di circa 0,03 eV
- L'espulsione di un elettrone dallo stato più profondo di un atomo di argento richiede una radiazione di 2.5×10^4 eV



Mini-EUSO @Tetto del dipartimento di fisica

25

- Aerei
- Flash ed insegne luminose
- Mole Antonelliana illuminata
- Zone urbane sulla collina

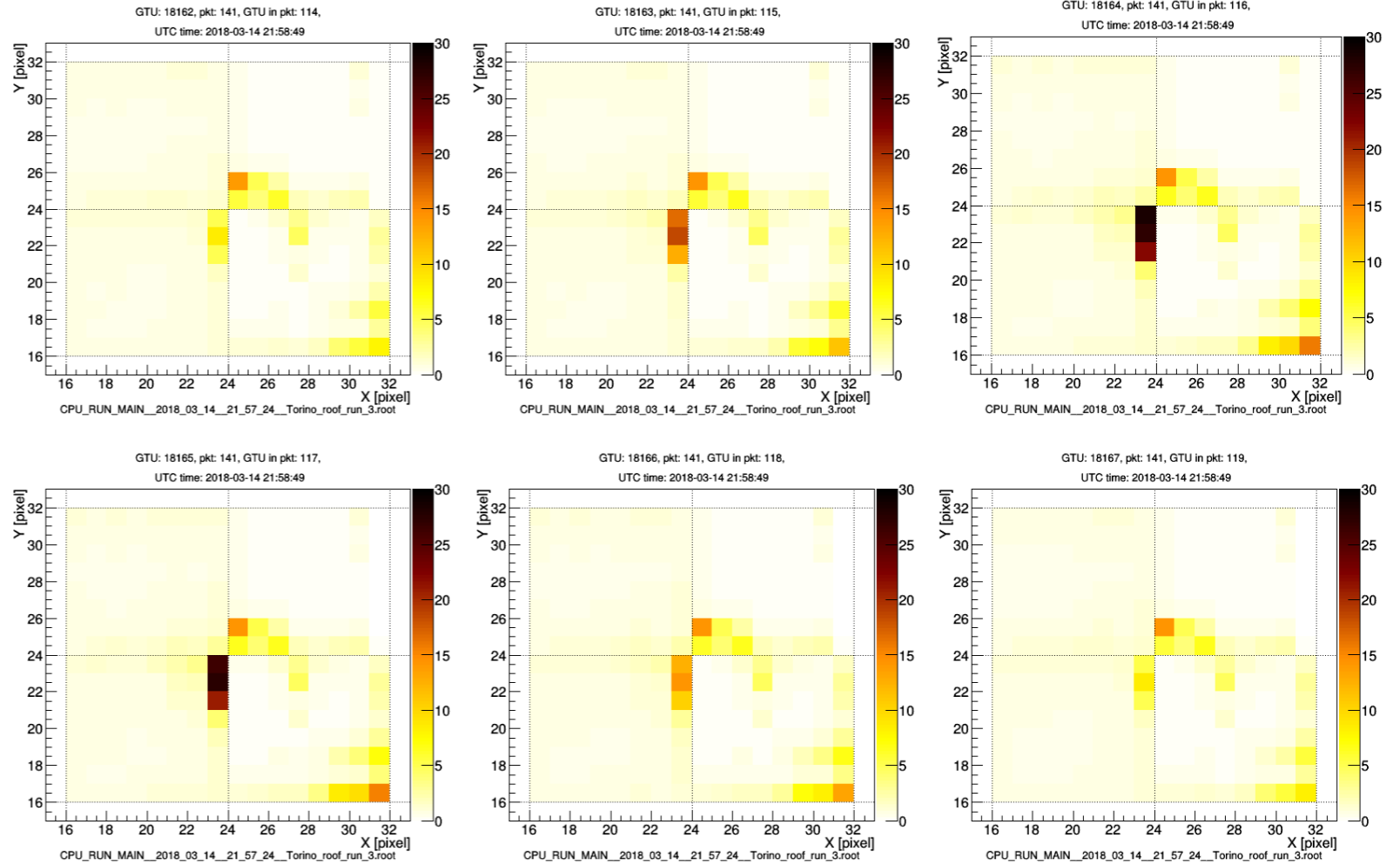


Luci intermittenti grattacielo

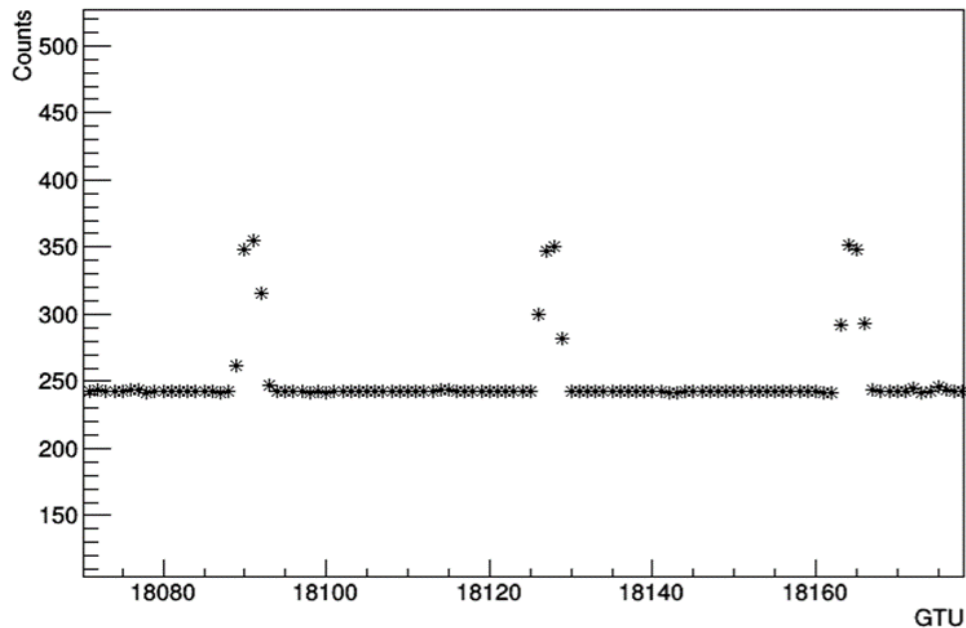
Grattacielo Intesa Sanpaolo
Torino



Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV



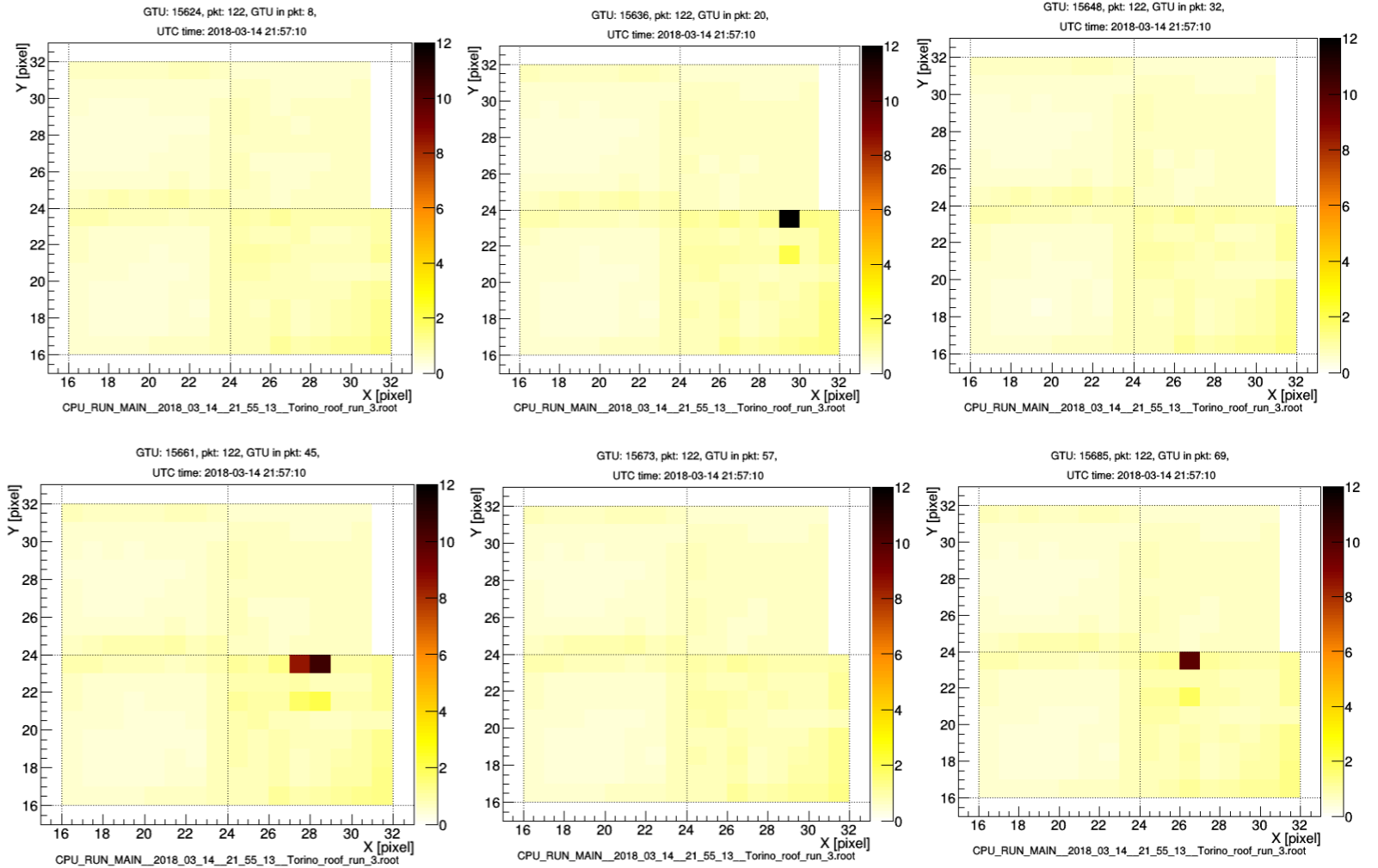
Curva di luce



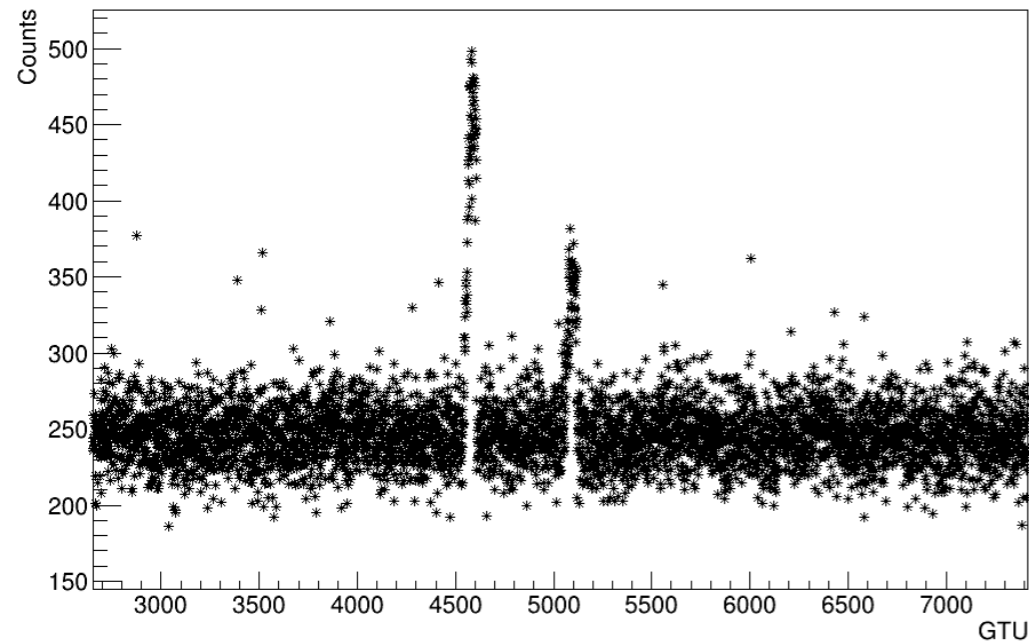
Singole immagini integrate in 40.96 ms
Immagini in serie, una ogni 40.96 ms

Luci intermittenti aereo

Osservazione e.m. Mini-EUSO - banda UV



Curva di luce



Singole immagini integrate in 40.96 ms
Una immagine ogni ~0.5 s

Salvataggio dati

The data gathering is made with encapsulated packets. The amount of data contained in a packet increases with the level of processing.

A single packet of information contains counts for all photon counting channels (pixels) read from the EC-ASIC boards, integrated on three time scales (L1, L2, L3):

- **L1** – 128x2.5 μ s frames; μ s scale phenomena, such as cosmic rays
- **L2** – 128x320 μ s frames (sums of 2.5 μ s frames); TLEs, lightnings, etc.
- **L3** – 128x41 ms frames (sums of 320 μ s frames); UV background, meteors, stangelets