

Visite du CNES à l'APC

30 janvier 2026

Probe Of Extreme Multi-Messenger Astrophysics

POEMMA Balloon with Radio

EUSO-PBR

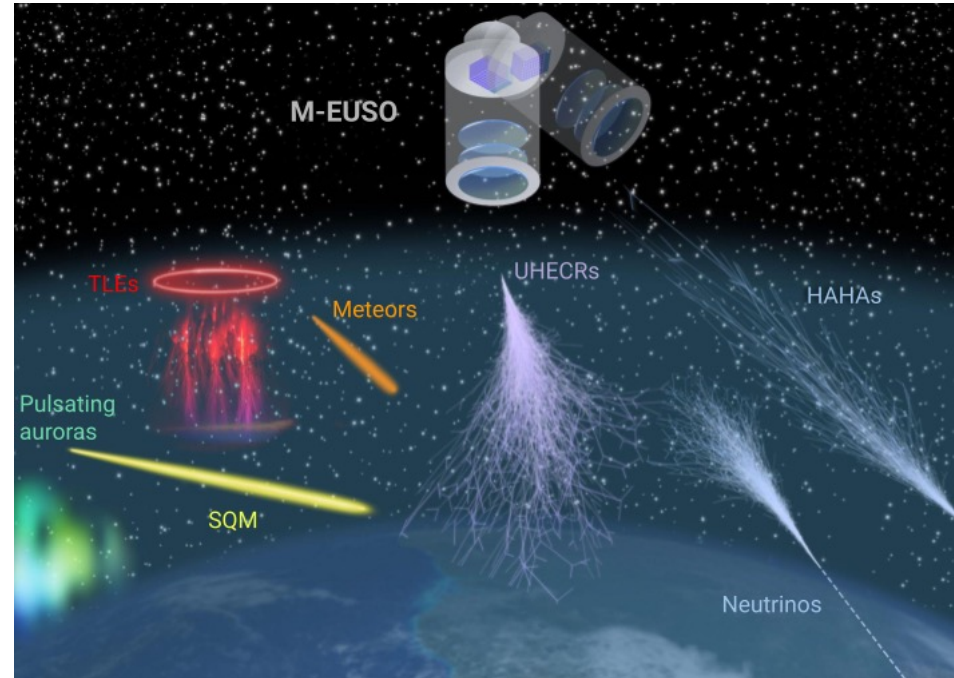
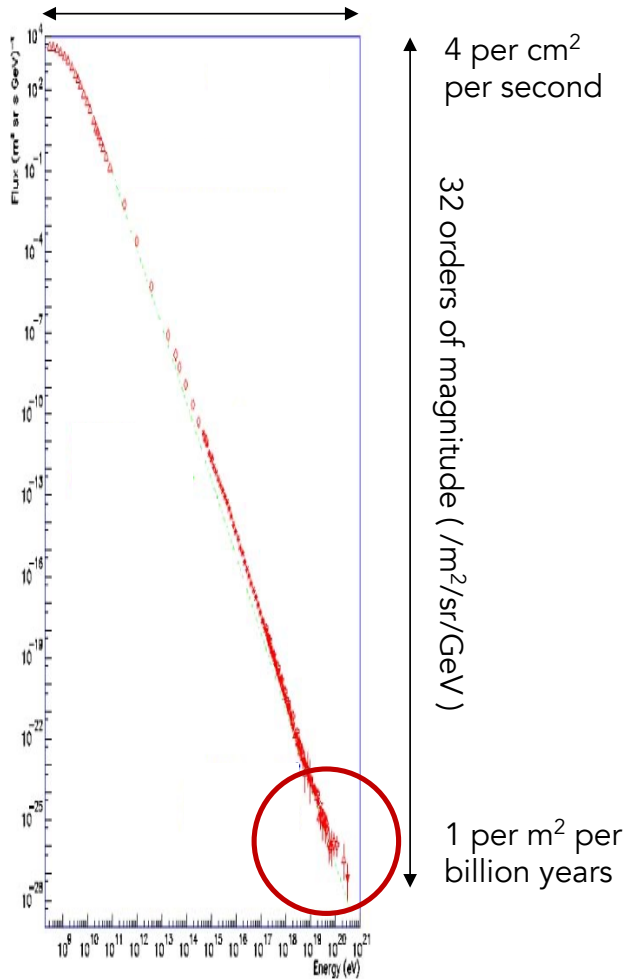
Avancement du projet et APR 2026

(Etienne Parizot, APC, University of Paris, Institut Universitaire de France)

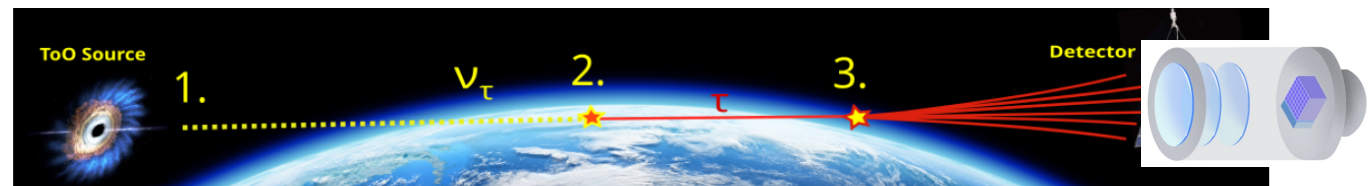


Contexte : rayons cosmiques d'ultra haute énergie... et davantage !

> 12 orders of magnitude!



neutrinos
atmosphère (elfes)
physique des particules
météores
Nuclearites, q-balls, SQM
débris spatiaux



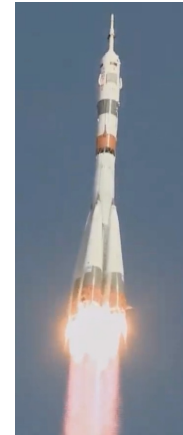
Développement du programme JEM-EUSO



EUSO-Balloon (CNES, 2014)

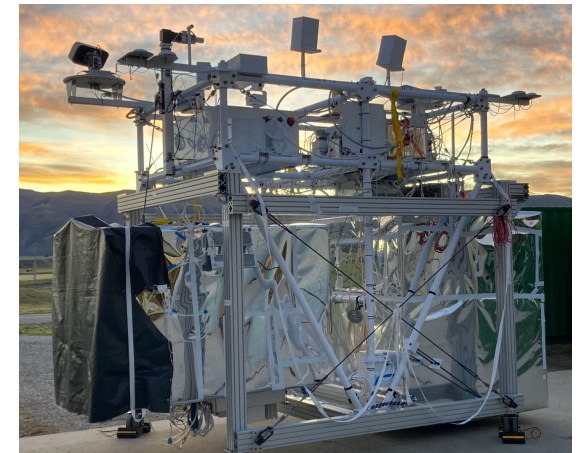


EUSO-TA (1, 2 & 3)



MINI-EUSO (ROSCOSMOS, ASI, 2019)

EUSO-SPB1 (NASA, 2017)

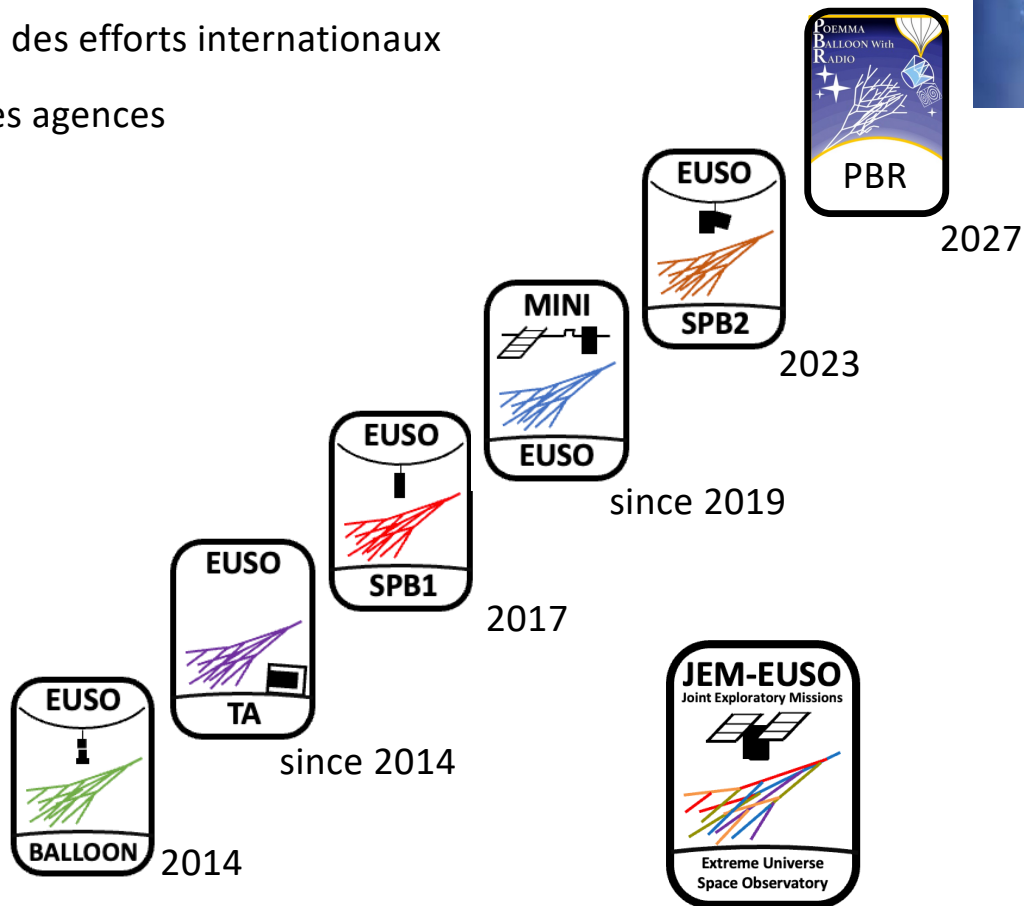


EUSO-SPB2 (NASA, 2023)

JEM-EUSO's stairway to heaven!

Continuité des efforts internationaux

Soutien des agences



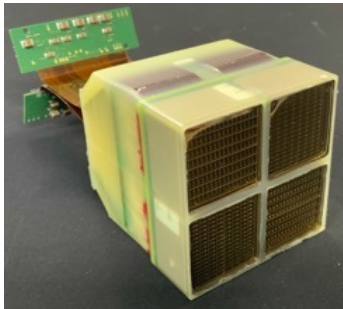
PBR : 1 caméra de fluorescence
1 caméra Cherenkov
1 système radio
1 détecteur X, g

2026 : année clé !

Caméra de fluorescence : 4 modules de photodétection

=> 4 fois 2304 pixels !

- Livraison des dernières unités de détection (EC) par Matra



42 ECs à livrer au total

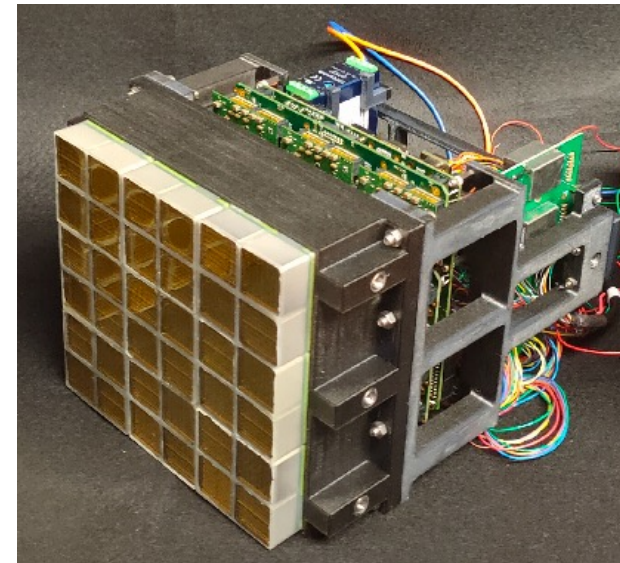
$4 \times 9 = 36 \Rightarrow 6$ spares

NB: 7 EC défectueuses sur 18 livrées (et 21 câblées) !

⇒ Réparation ?

⇒ Commande de quelques ECs supplémentaires

- Intégration électronique et mécanique de la caméra de fluorescence
- Tests « thermo-vac »
- Livraison de la caméra de fluorescence
- Tests sur le terrain (été – automne)
- « Hang test » au CSBF (automne) => Envoi de l'instrument complet vers Wanaka (fin 2026) [Vol au printemps 2027]






1^{er} semestre

Beaucoup de travail, mais très bien cadré côté français

WP1 : Production des unités de détection (EC) de la caméra de fluorescence de la mission PBR (EUSO-SPB3).

Il s'agissait de réaliser les actions suivantes :

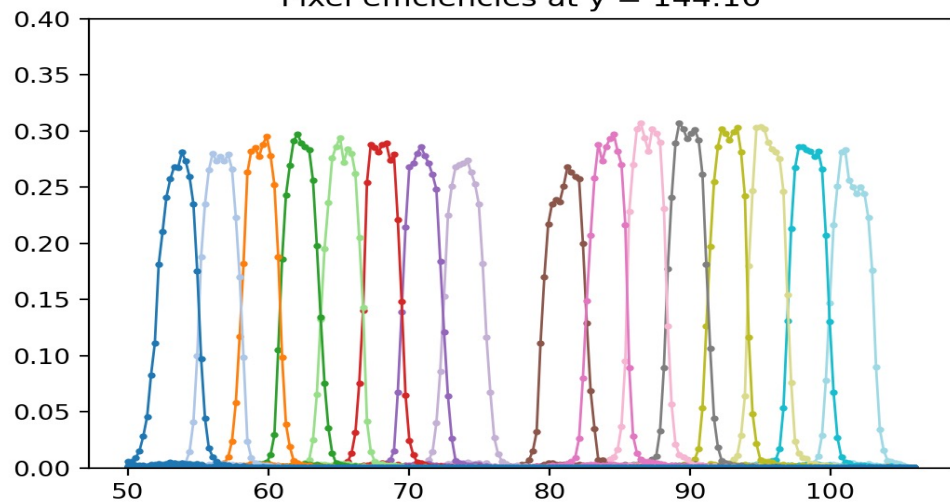
- Approvisionnement des ASIC SPACIROC 3 nus : **réalisé**.
- Packaging des ASIC : **réalisé**.
- Production des cartes ASIC : **réalisé**.  Problème inattendu : 6 cartes OK sur 46 !!!
- Production des PCB dynodes : **réalisé**.  Mitigation : carte « débris » japonaises
Mais il manque ~10 cartes
- Approvisionnement des cartes HVPS : **réalisé**.
- Approvisionnement des MAPMTs depuis le Japon (Hamamatsu) : **réalisé**.
=> échange d'ASIC sur les cartes ASIC défectueuses
(2 OK sur 4 essayées)
- Production des ECs (unités de détection) : **en cours**. NB : un délai important par rapport au calendrier contractuel initial est attendu. Les dernières ECs ne seront probablement pas livrées avant la fin du printemps 2026.  Cf. page précédente !

WP2 : Calibration de la caméra de fluorescence de la mission PBR (EUSO-SPB3)

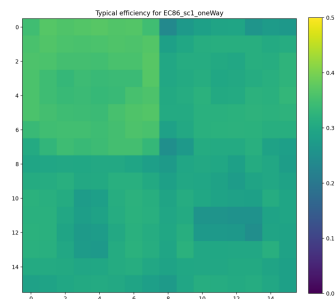
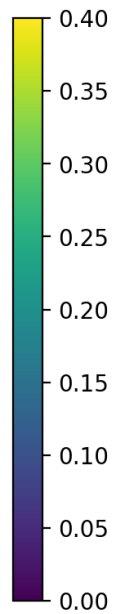
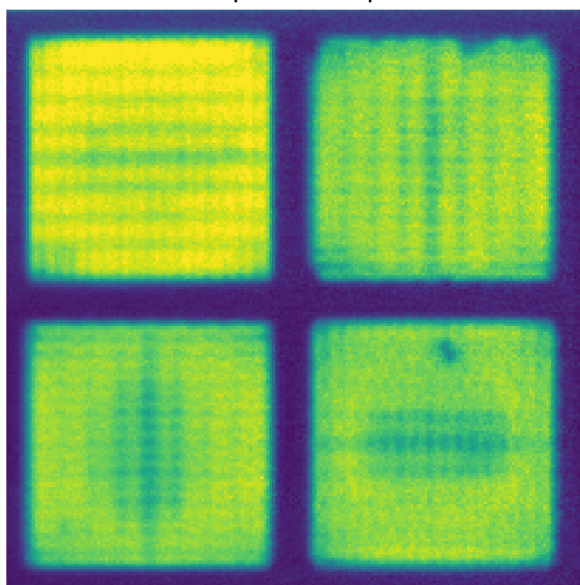
Le workpackage WP2 impliquait également :

- La recalibration des photodiodes à bas gain (« NIST ») et des « powermeters » utilisés pour le contrôle de la lumière : **effectué**.
 - La réalisation d'une seconde boîte noire : **effectué**.
 - L'achat d'un nouveau système de moteurs x-y : **effectué**.
- Calendrier réduit, mais
pas de problème anticipé

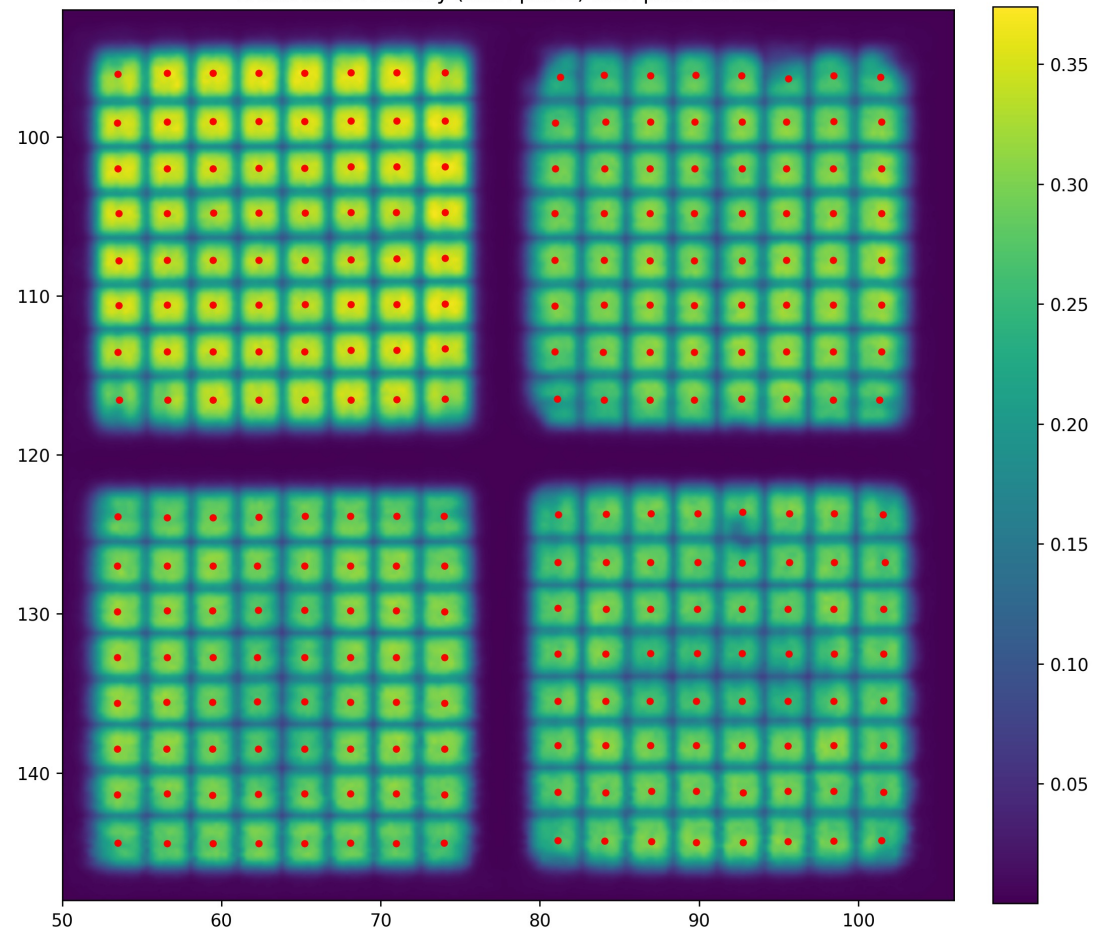
Pixel efficiencies at $y = 144.16$










Total response map (in %)



Dominant efficiency (scan plane) with pixel centers



APR 2026 prévue en 2024 :

| | fabrication | | Transfert techno (HVPS) | Triggers | Tests terrains | ToO | Mini-EUSO | JEM-EUSO Collaboration | |
|-------|---|-----|---|--|---|---|---|---|---------|
| |  | |  |  |  |  |  |  | |
| Année | WP1 | WP2 | WP3 | WP4 | WP5 | WP6 | WP7 | WP8 | Total |
| 2025 | - | - | 4.5 k€ | - | - | - | 1 k€ | 30 k€ | 35.5 k€ |
| 2026 | - | - | - | - | 15 k€ | - | 1 k€ | 30 k€ | 46 k€ |
| 2027 | - | - | - | - | 10 k€ | - | 1 k€ | 30 k€ | 41 k€ |

Rapport 2025 (décembre) :

WP3 : 4.5 k€
=> reliquat : 0 k€

WP4 : 3 k€ (report 2024)
=> reliquat : 3 k€

WP7 : 0.5 k€
=> reliquat : 0.5 k€

WP8 : 29 740 €
Meeting de collaboration :
économie en juin (Paris) et à l'ICRC (juillet)
=> forte présence en décembre
=> reliquat : 0.26 k€

=> Reliquat total : 3.8 k€

Demande 2026 anticipée en 2024

| Année | WP1 | WP2 | WP3 | WP4 | WP5 | WP6 | WP7 | WP8 | Total |
|-------|-----|-----|--------|-----|-------|-----|------|-------|---------|
| 2025 | - | - | 4.5 k€ | - | - | - | 1 k€ | 30 k€ | 35.5 k€ |
| 2026 | - | - | - | - | 15 k€ | - | 1 k€ | 30 k€ | 46 k€ |
| 2027 | - | - | - | - | 10 k€ | - | 1 k€ | 30 k€ | 41 k€ |

Demande APR 2026 (réévaluée en 2026)

| Année | WP1 | WP2 | WP3 | WP4 | WP5 | WP6 | WP7 | WP8 | WP9 | Total |
|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|------|-------|---------|---------|
| 2026 | - | - | - | - | 15 k€ | - | 1 k€ | 30 k€ | 13.4 k€ | 59.4 k€ |
| 2027 | - | - | - | - | 10 k€ | - | 1 k€ | 30 k€ | | 41 k€ |

WP supplémentaire proposé

“Light Drop / Data Drop”

- Flasher et électronique associée : 3 k€
- Détecteur/caméra sensible et légère : 3 k€
- Gratification du stage de M2 (6 mois) : 5.4 k€
- Mission à Aire-sur-l'Adour : 2 k€

- augmenter significativement le volume de données récupérables en vol par descente physique
- assurer une **calibration end-to-end en vol** de l'instrument à l'aide d'une source lumineuse calibrée.

Développements menés en collaboration avec l'IRAP et impliquant des étudiants du Master TSI de Toulouse

=> seront validés par un essai ballon dédié avant leur déploiement opérationnel.

(Peter von Ballmoos, Hassan Sabbah)

17 articles (journaux à comité de lecture)

18 articles ICRC 2025

9 contributions à ASAPP 2025 (Advances in Space AstroParticle Physics)

(Article sur le point d'être soumis)

Search for nuclearites with the Mini-EUSO space experiment

Prospective APPEC

Prospective UHECR : GCOS workshop

Mission M8: M-EUSO

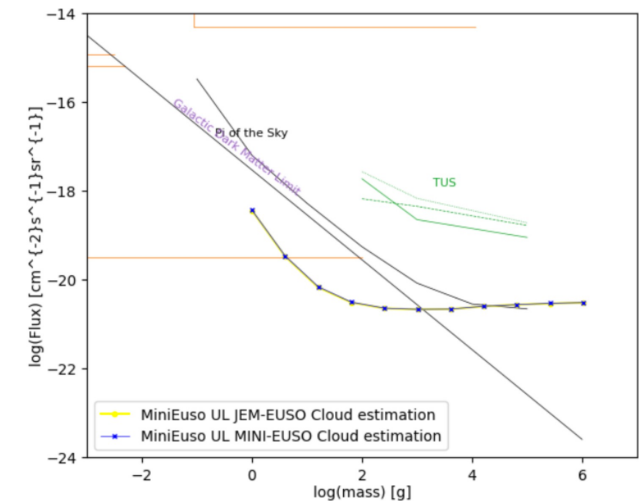
Valorisation de la technologie JEM-EUSO

+ SQM-ISS + PANDORA...

ELVES (record: 5 anneaux, record distance: 900 km, résolution sans précédent, réflexion au sol : contrairement à Auger...)

PAIPS (aurores boréales pulsées)

DISCARD (débris spatiaux)



RÉSUMÉ

Difficultés d'approvisionnement essentiellement surmontées

Urgence : échange d'ASIC sur les cartes ASIC
(=> absorbable dans les reliquats ?)

Retard chez Matra => optimisme retrouvé !

=> Commande de « spares » supplémentaires => à notre charge ? (~ 10 k€)

Demande 2026 conforme aux prévisions initiales

Reliquat mineur (3.8 k€)

WP supplémentaire proposé : Data drop / Light drop

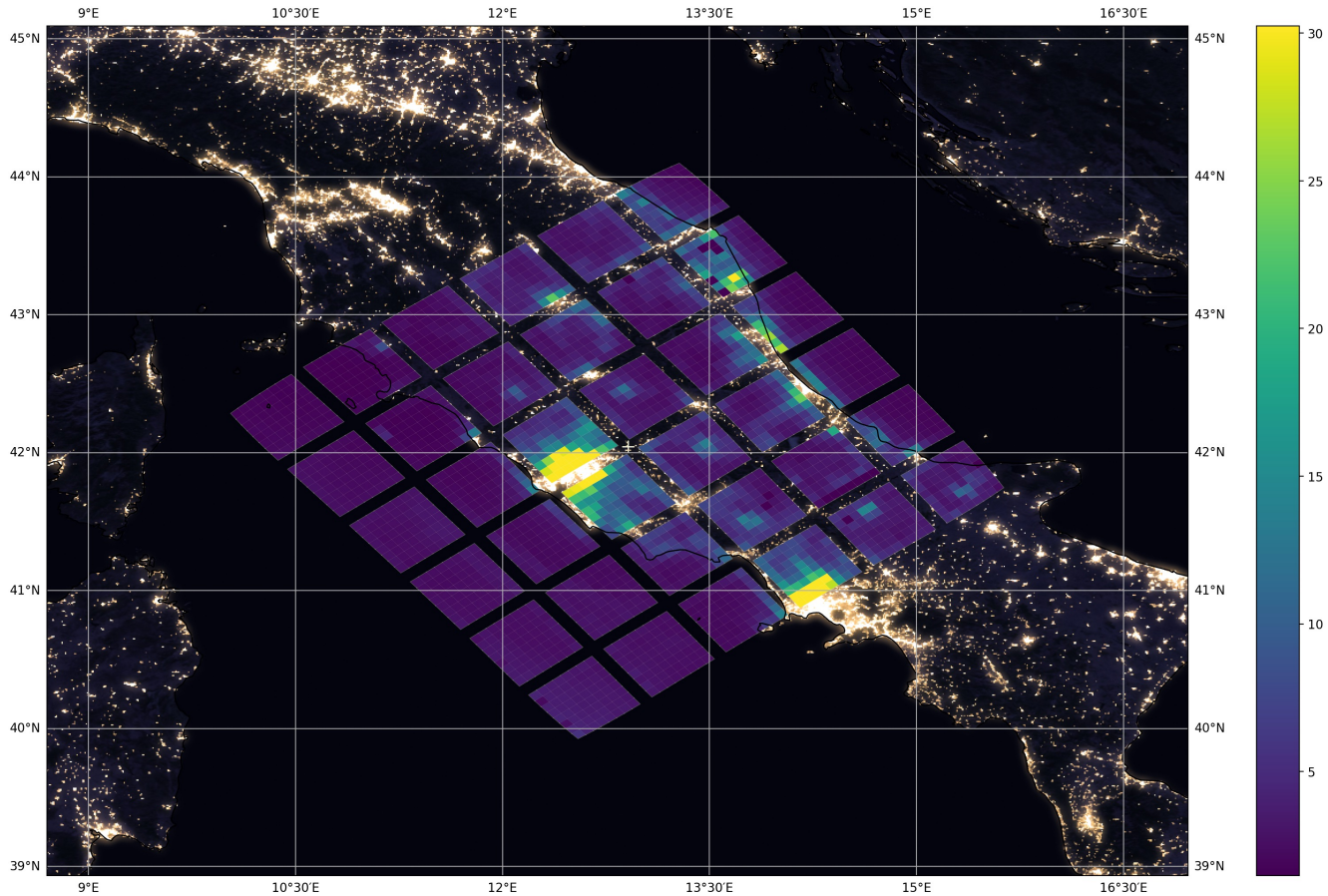
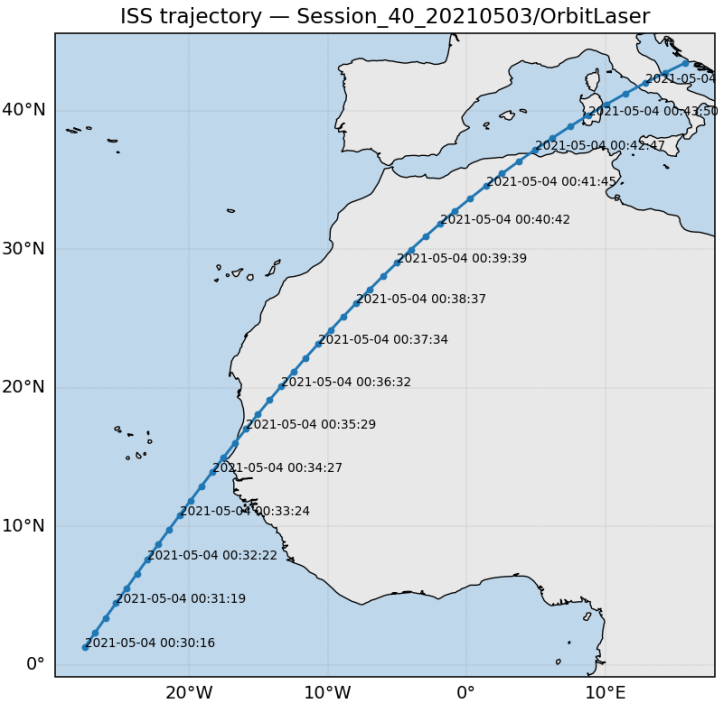
=> financement du WP : supplément non anticipé demandé au CNES

Valorisation scientifique et technologique

NB: renouvellement comme PI/spokesperson de la Collaboration JEM-EUSO (décembre 2025)

BACK - UP

MINI-EUSO data explorer (Enzio M'sihid)



=> La NASA propose un nouveau vol :
EUSO-SPB3 alias PBR

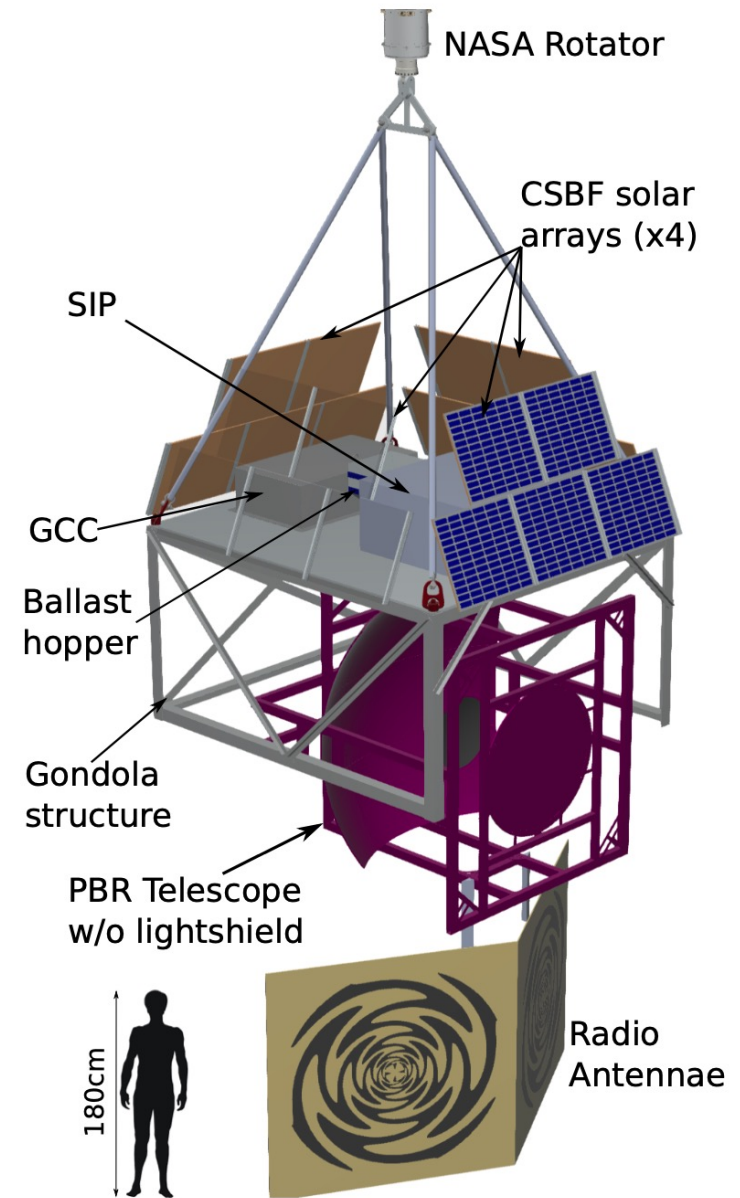
PBR = POEMMA Balloon with Radio

Surface focale mixte : caméra Cherenkov (SiPM) et
caméra de fluorescence (MAPMTs) au foyer d'un
même télescope de Schmidt

Orientation nadir: UHECRs et “anitons”-like

Orientation horizontale: neutrinos + HAHAs !

- Caractérisation des gerbes de haute altitude
- Cherenkov, Fluorescence, Radio, X et Gamma !
+ SQM (option TBC)



POEMMA-Balloon with Radio (PBR)

**Ultra-High-Energy
Cosmic Rays
(UHECRs)
UV Fluorescence**

High Altitude Horizontal Airshowers (HAHAs) Optical+Radio

Cosmic Rays $E > \text{PeV}$

Cherenkov Emission

EAS

Tau Neutrino Optical+Radio

Tau Neutrino

Tau lepton decay

Atmosphere

EAS

Southern Ocean