



JEM-EUSO
Séminaire projet du 24 mars 2022

Contexte et enjeux : le programme JEM-EUSO



JEM-EUSO Collaboration :



16 pays
84 instituts
350 membres

EUSO : Observatoire Spatial de l'Univers Extrême (UHECRs)

Objectifs scientifiques principaux :

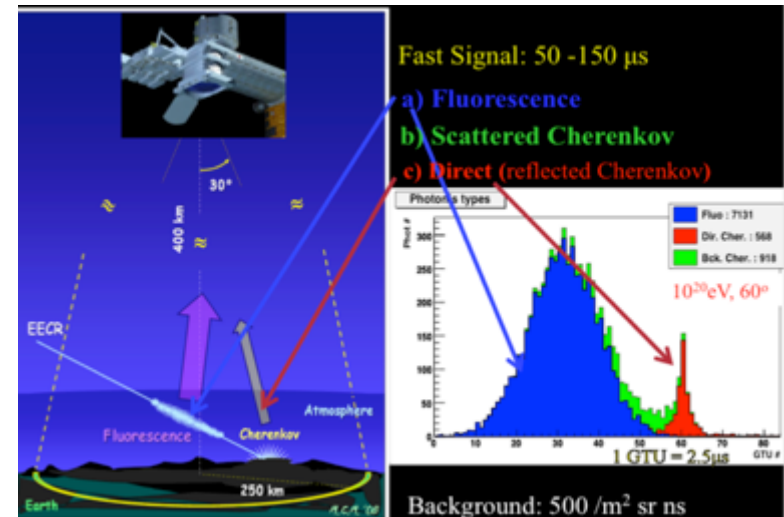
- Découvrir l'origine des UHECR
- Comprendre l'accélération et le fonctionnement des sources
- Utiliser les UHECRs comme messagers

Technique de détection :

Détection spatiale de la fluorescence UV des gerbes atmosphériques des UHECRs

Objectif expérimental :

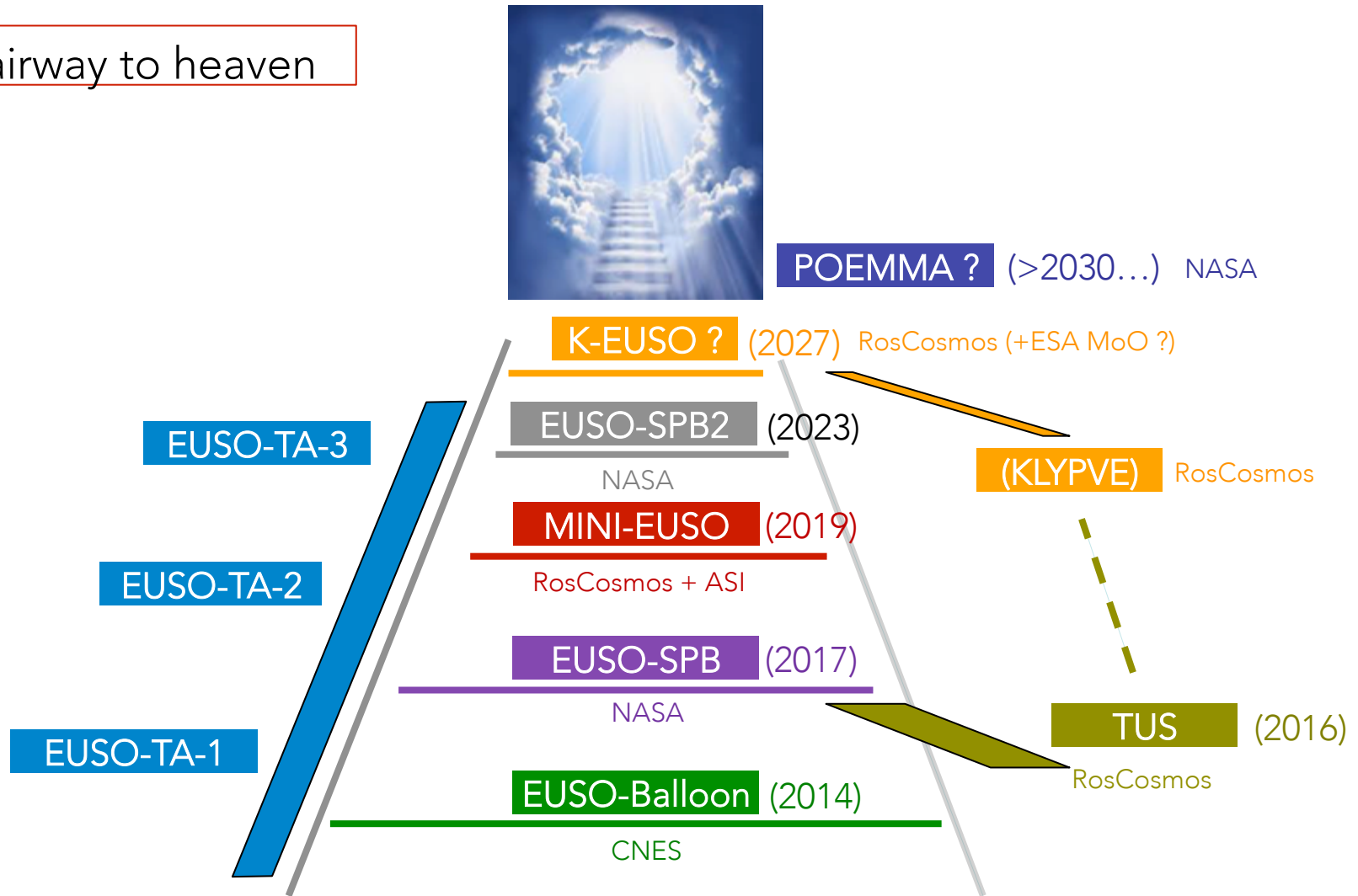
Accroître la statistique des UHECRs
(NB: flux = 1 par m² par milliard d'années)
Couvrir l'ensemble du ciel (enjeu majeur !)



Contexte et enjeux : le programme JEM-EUSO



Stairway to heaven





EUSO-Balloon 2014 (mission CNES)

- ✓ Gestion de projet globale du premier instrument EUSO
- ✓ Workpackages : caméra PDM dont unités de détection de génération 1 & ASIC SPACIROC, calibration



EUSO-SPB 1 2017 (mission NASA)

- ✓ Gestion de la caméra rapide PDM
- ✓ Workpackages : caméra PDM dont unités de détection de génération 2 & ASIC SPACIROC 3, AIV/T, calibration



Mini-EUSO 2019 (mission RosCosmos & ASI)

- ✓ Workpackages : unités de détection de génération 2 & ASIC SPACIROC 3, calibration



EUSO-SPB 2 2023 (NASA) et K-EUSO (RosCosmos) 2024

- ✓ Workpackages : unités de détection de 3^e génération intégrant SPACIROC 3 (pépète technologique), calibration

Equipe EUSO à l'APC (16 membres)



Denis Allard (théorie, analyse de données)

Bruny Baret (théorie, analyse de données)

Sylvie Blin (instrumentation ASIC)

Cédric Champion (électronique numérique, carte ZYNQ)

Fabio Cortavarria (+ Alain Givaudan) (design mécanique CAO)

Alexandre Creusot (photodétection)

Guy Monier (câblage et design électronique CAO)

Andrii Neronov (théorie)

Étienne Parizot (responsable scientifique)

Lydie Pavili (gestionnaire)

Guillaume Prévôt (chef de projet, photodétection)

Paul Sakharov (base de données)

Sahbi Selmane (bancs de test)

Dmitri Semikoz (théorie)

Pei Yu (base de données)

Olivier Lelong (logistique & qualité de vie)

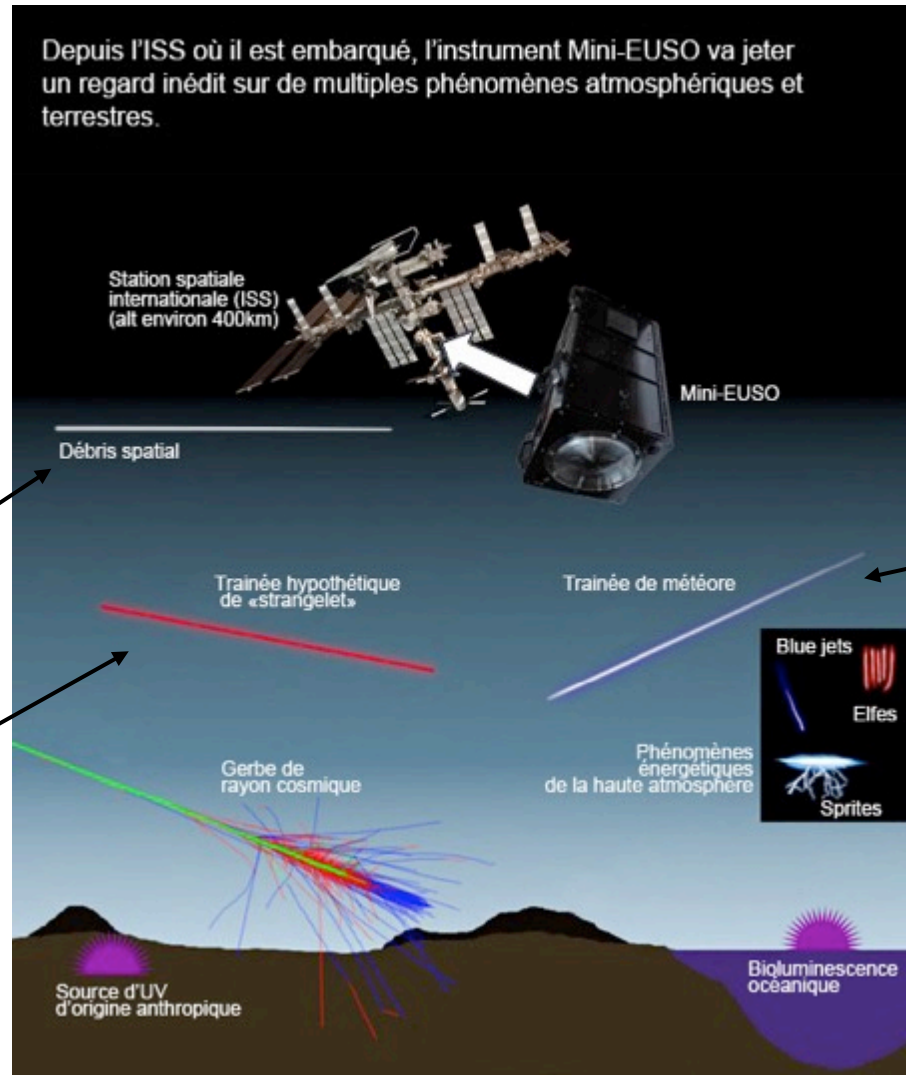
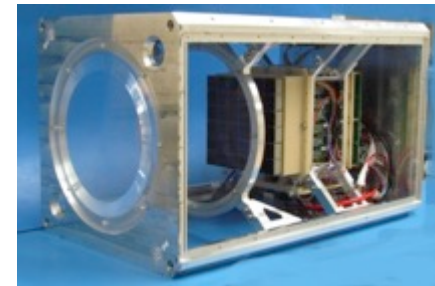


Trois équipes de recherche (1 UHECR & 2 neutrinos)

- ✓ Développement, caractérisation et calibration de photodétecteurs
- ✓ Télescopes sous-marins, souterrains, sols et spatiaux
- ✓ Equipements, compétences et budgets spécifiques



EUSO : Principal fait marquant 2019



projet avec Gérard Mourou + Japon

Physique fondamentale

Planétologie, petits corps

sciences de l'atmosphère (dans l'UV, avec résolution et sensibilité sans précédent)

Biologie, sciences de l'environnement, climatologie...

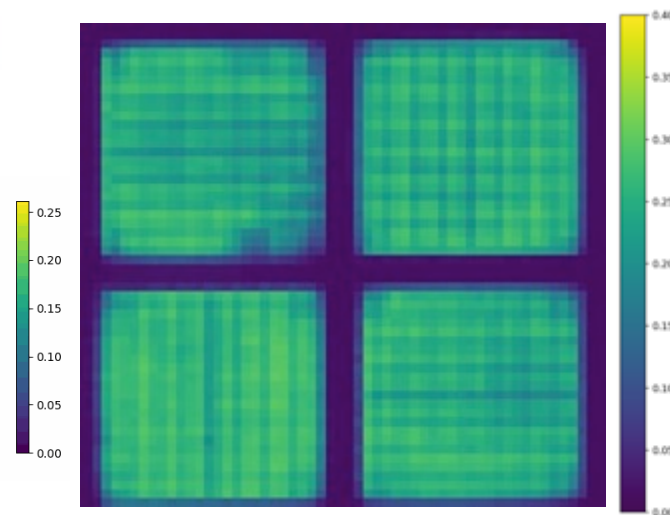
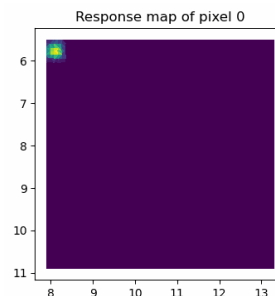
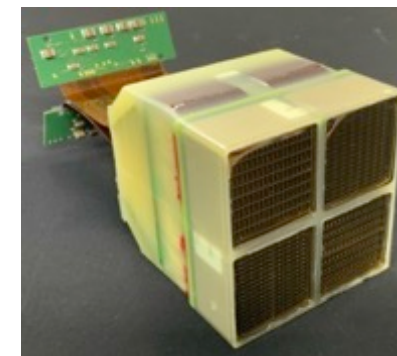


- ❖ Une pépite technologique, financée par le CNES (projet et R&T), par l'IN2P3 (programme DEFI instrumentation aux limites et par le Campus spatial, au cœur de nos participations aux missions EUSO

8 ans de développement

- multi-channel (256 pixels)
- ultra-sensible (photon counting)
- UV + visible
- rapide (1 μ s, comptage à 6 ns)
- ultra-compacte (55 x 55 x 60 mm)
- basse conso (< 450 mW)
- léger (255 g)
- spatialisable
- reproductible et calibrée

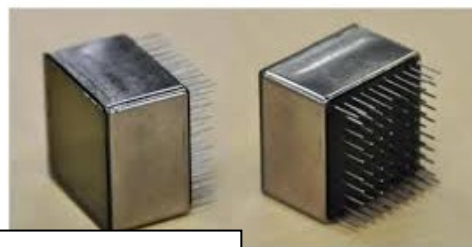
Expertise en photodétection :
Partenariat avec Hamamatsu Japon



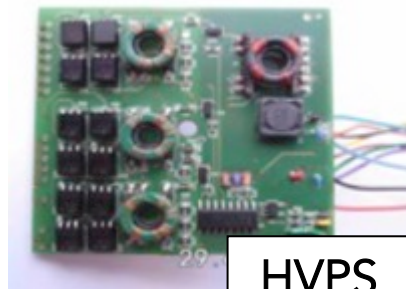
Production des EC (FM) de EUSO-SPB2



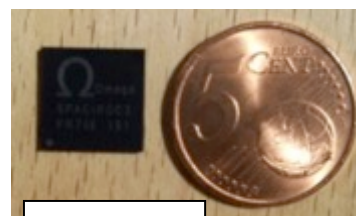
- ❖ 2020 : développement, caractérisation, tri des sous-systèmes (MAPMT, cartes HVPS, ASIC, PCB ASIC...)



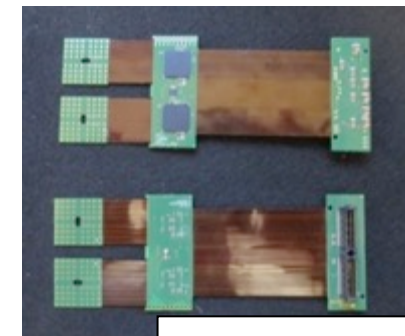
MAPMT



HVPS

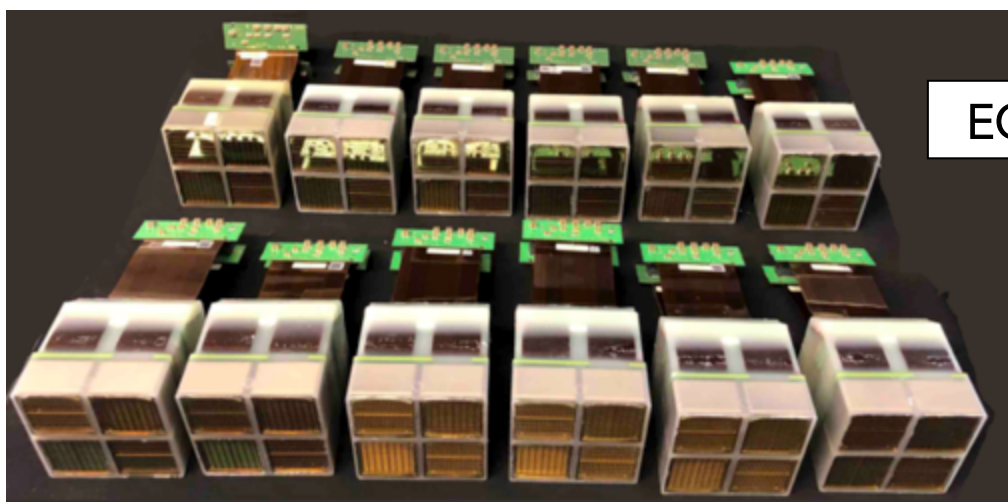


ASIC



PCB ASIC

- ❖ 2020 - 2021 : développement des unités (en partenariat avec MATRA) et caractérisation des unités de détection

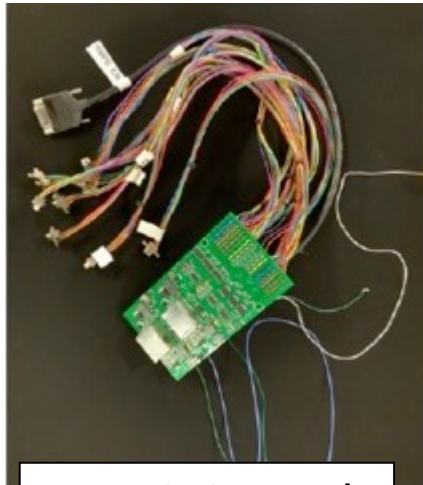


EC

AVT des 3 PDM (FM) de EUSO-SPB2 (1PDM = 9EC)



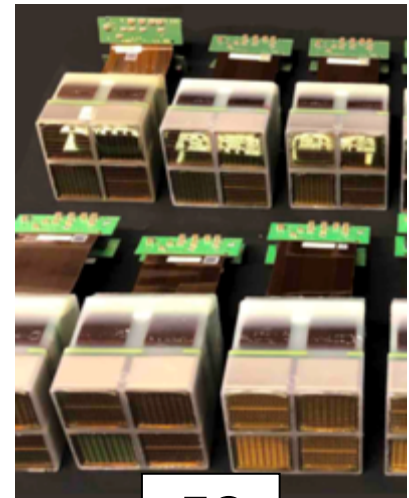
ZYNQ Board



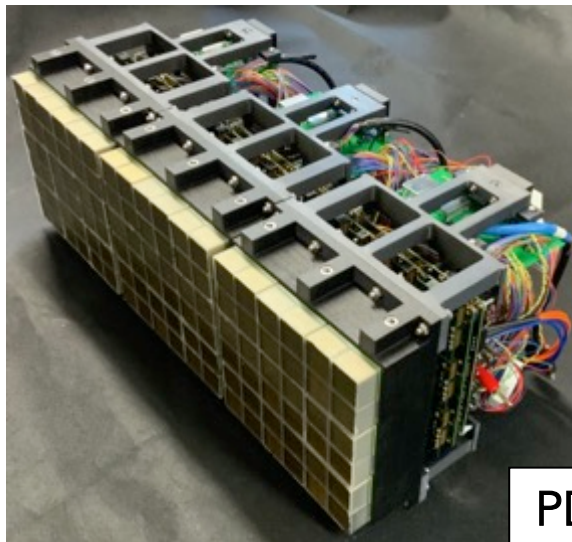
HVPS Control



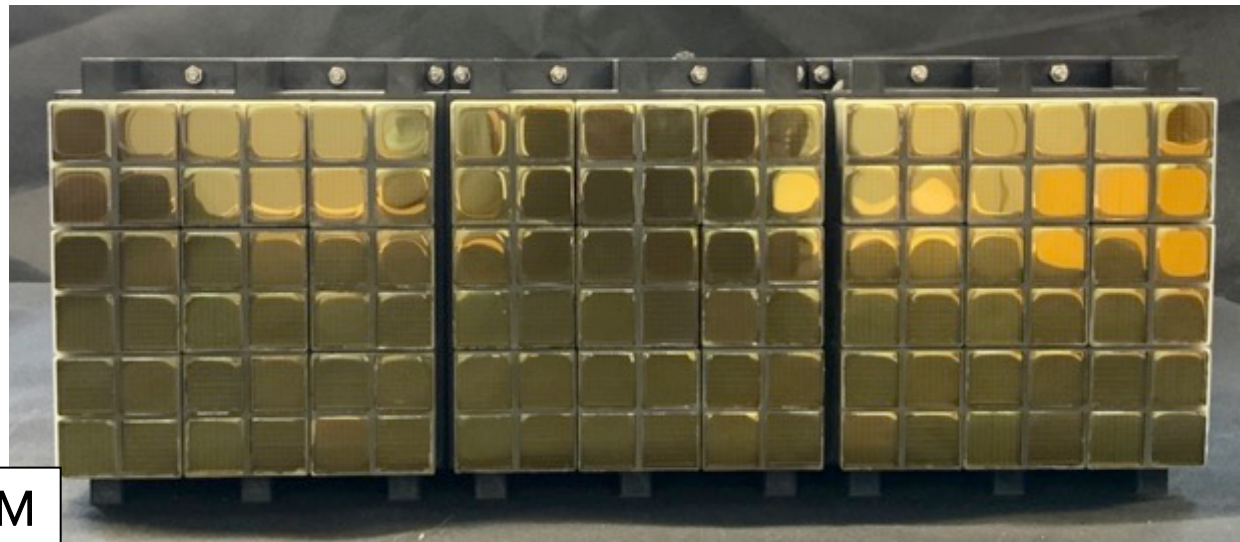
PDM Frame



EC



PDM

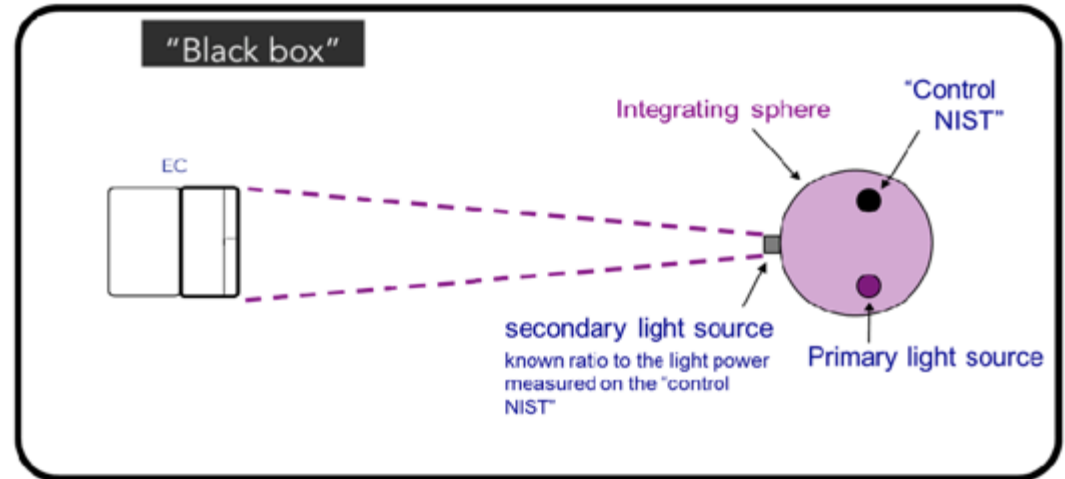




Mode « full illumination »

- ❖ Illumination quasi-uniforme des pixels

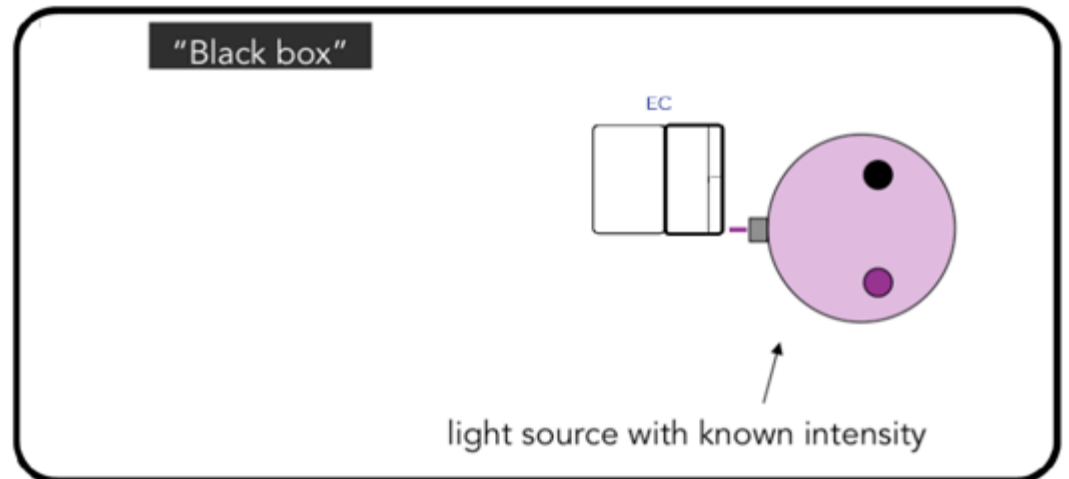
Comparaison directe de la sensibilité des différents pixels



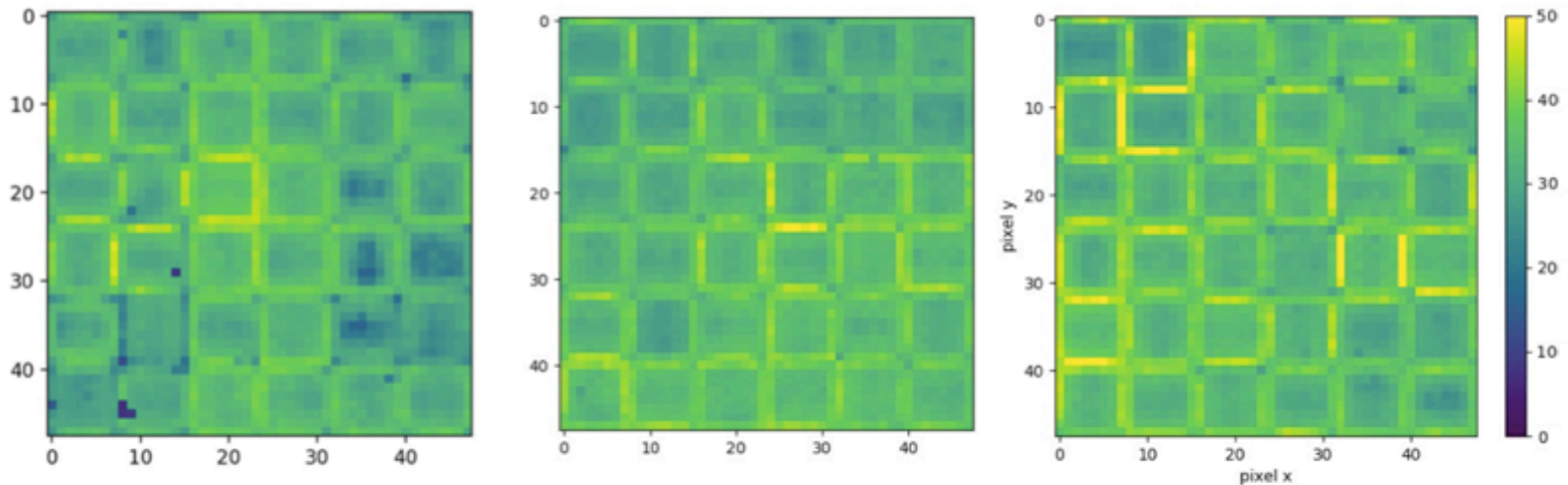
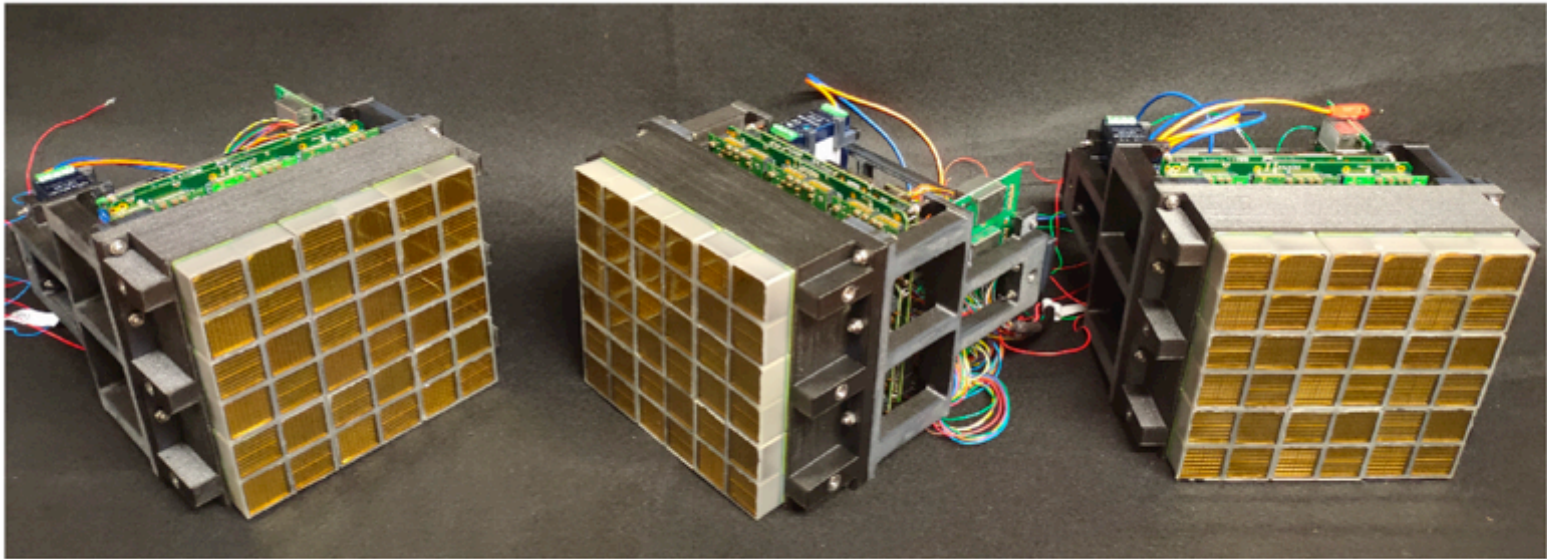
Mode « balayage »

- ❖ Eclairage d'une petite région de la surface photosensible

Réponse d'un pixel individuel



Illumination homogène des 3 PDM (FM) de EUSO-SPB2



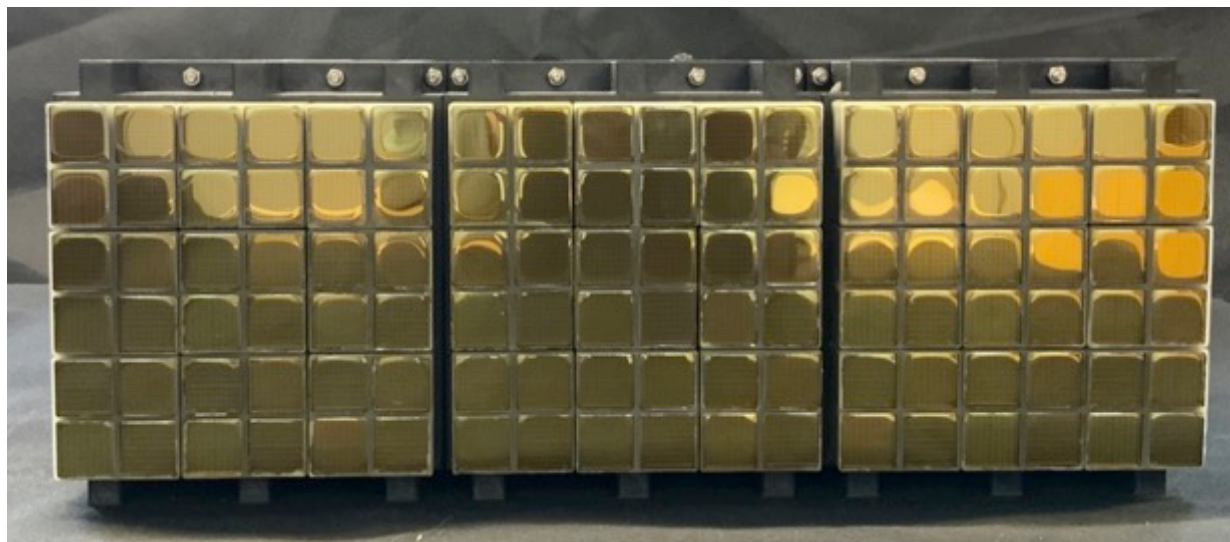
Efficiency map of the Photodetector modules (36 MAPMT x 64 pixels)

Top 9 channels response map (in %)

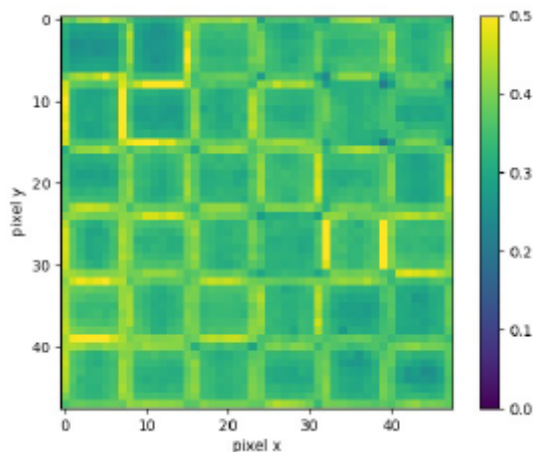
Caractérisations des 3 PDM (FM) de EUSO-SPB2



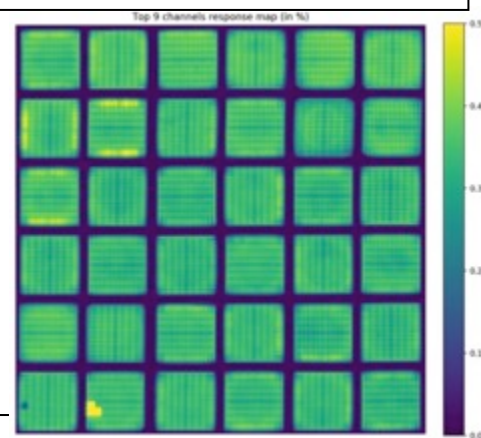
Caractérisations $\neq \lambda$ (375nm, 405nm), \neq HV (900V-1100V), \neq modes K, \neq GTU (1 μ s, 2.5 μ s)



LIVE MODE K3

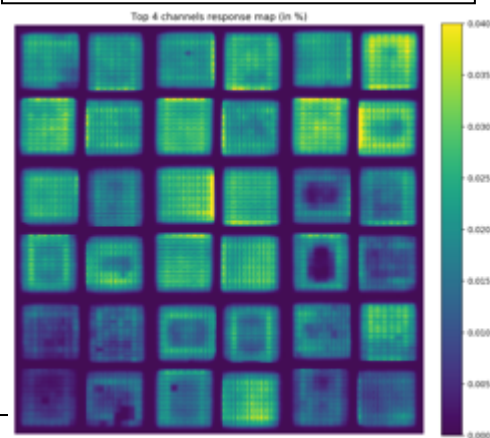


SCAN MODE K3



Séminaire projets APC

SCAN MODE K2



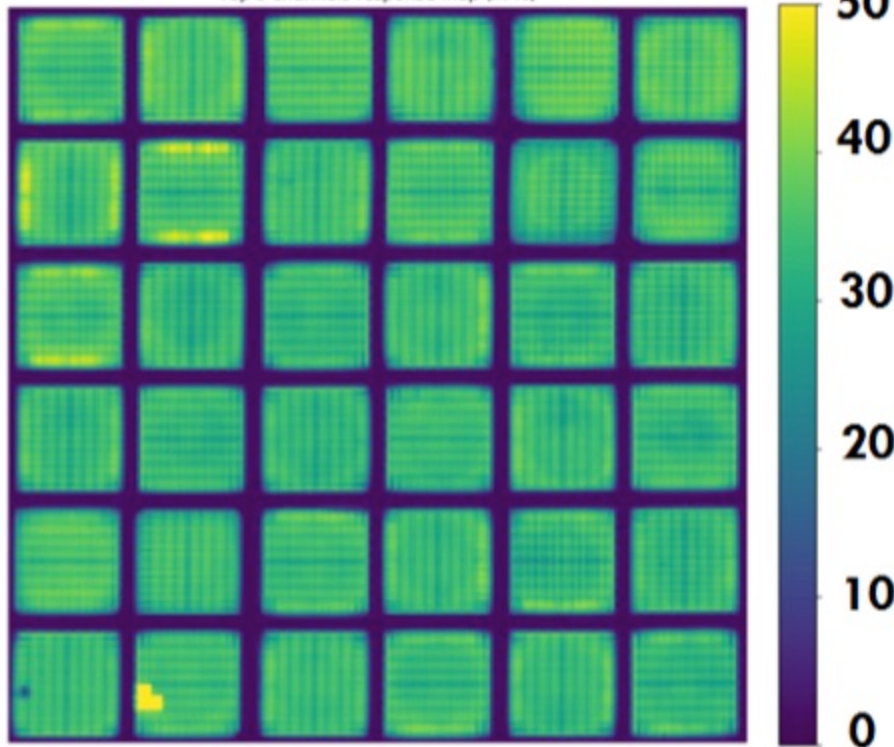
AIVT des 3 PDM (FM) de EUSO-SPB2 (1PDM = 9EC)



Caractérisations $\neq \lambda$ (375nm, 405nm), \neq HV (900V-1100V), \neq modes K,
 \neq GTU (1 μ s, 2.5 μ s)

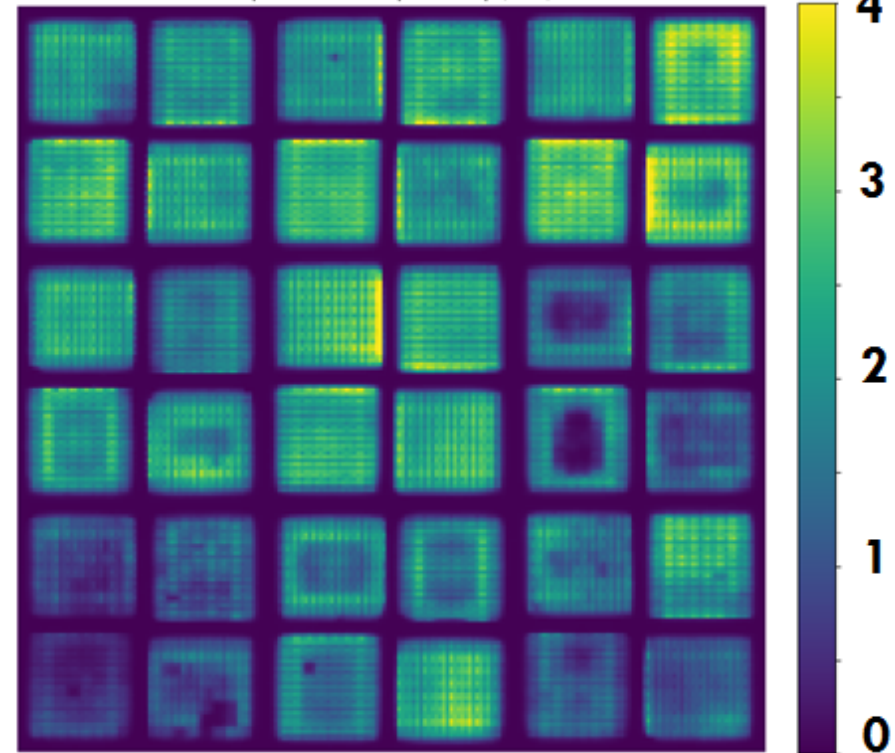
SCAN MODE K3

Top 9 channels response map (in %)



SCAN MODE K2

Top 4 channels response map (in %)





- Tests thermiques à Naples en avril 2022
- Campagnes sol (sur le site de *Telescope Array, Utah US*) en mai 2022
- Meeting de collaboration au Colorado en juin 2022
- Campagne de vol en Nouvelle-Zélande en mars 2023

