

SPACIROC4

ASIC de lecture pour un photodétecteur multi-anode pour une application spatiale

Fatima Mehrez pour l'équipe SPACIROC

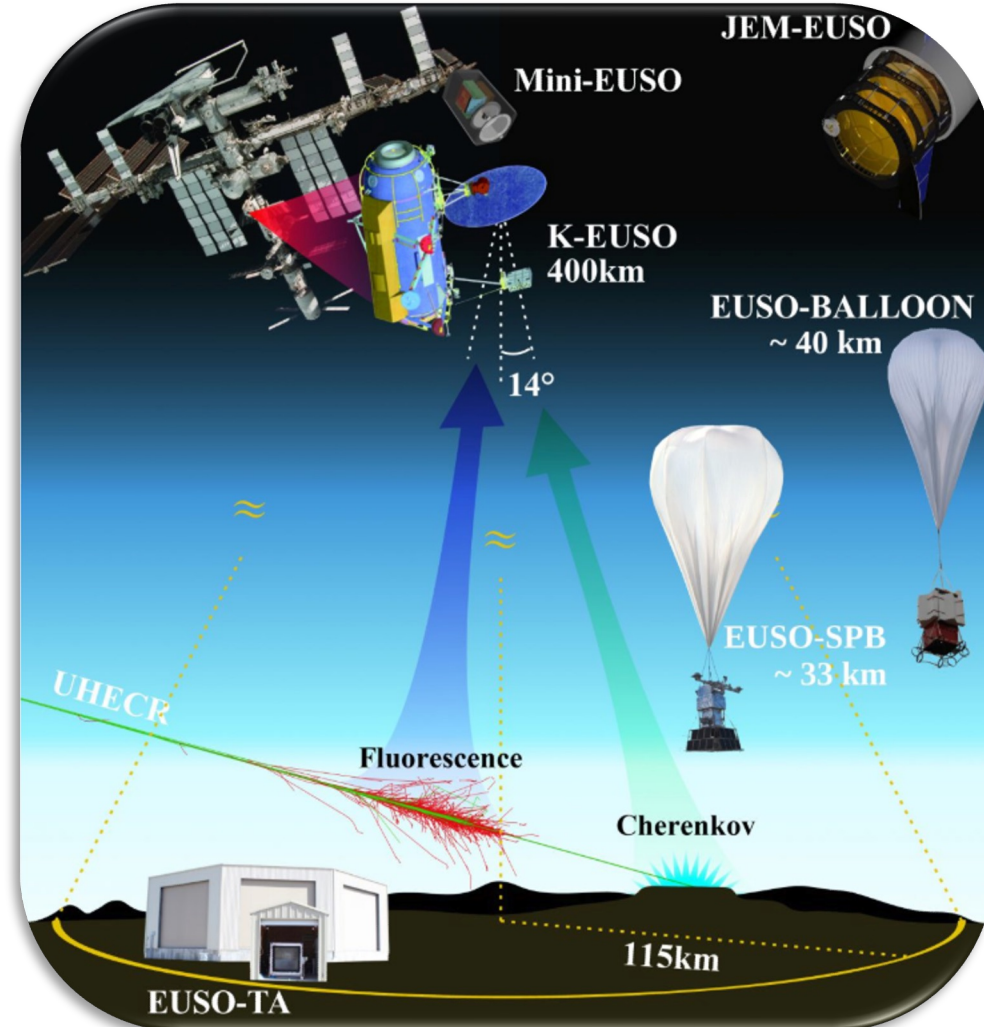
R&T Développement D'ASIC Pour Une Application Spatiale

- Application spatiale vs application terrestre:
 - Environnement (contraintes de radiations, thermiques et mécaniques)
 - Tenue aux radiations (reste moins exigeant que pour celle des collisionneurs des particules)
 - Températures variables (sévérement)
 - Phase de lancement: vibrations
 - Consommation (budget restreinte)
 - Mécanique (dimensions, masse)
 - Qualification selon normes spécifiques
 - ESA (ECSS, ESCC, ...) , NASA (MIL-PRF, MIL-STD,...) etc.
- Héritage:
 - SPACIROC V1,2,3 (AMS 350nm)
 - SPACIROC V4 (simulation) (TSMC 130nm)
 - Blocs d'autres chips validés à disposition (CALOROC, HKROC, MAROC4, HGCROC, etc.)
- Autres applications:
 - Médecine nucléaire (MCP-PMT: Multi-Channel Plate PMT), CZT
 - Calcul quantique

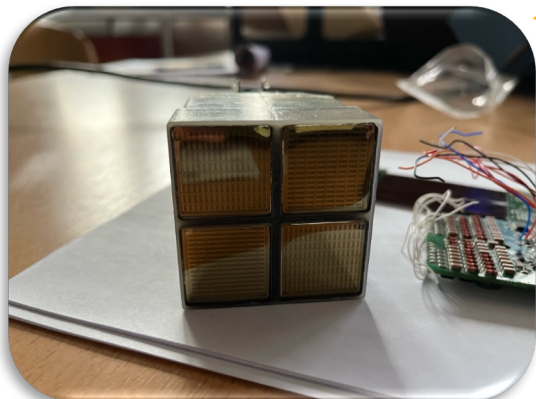
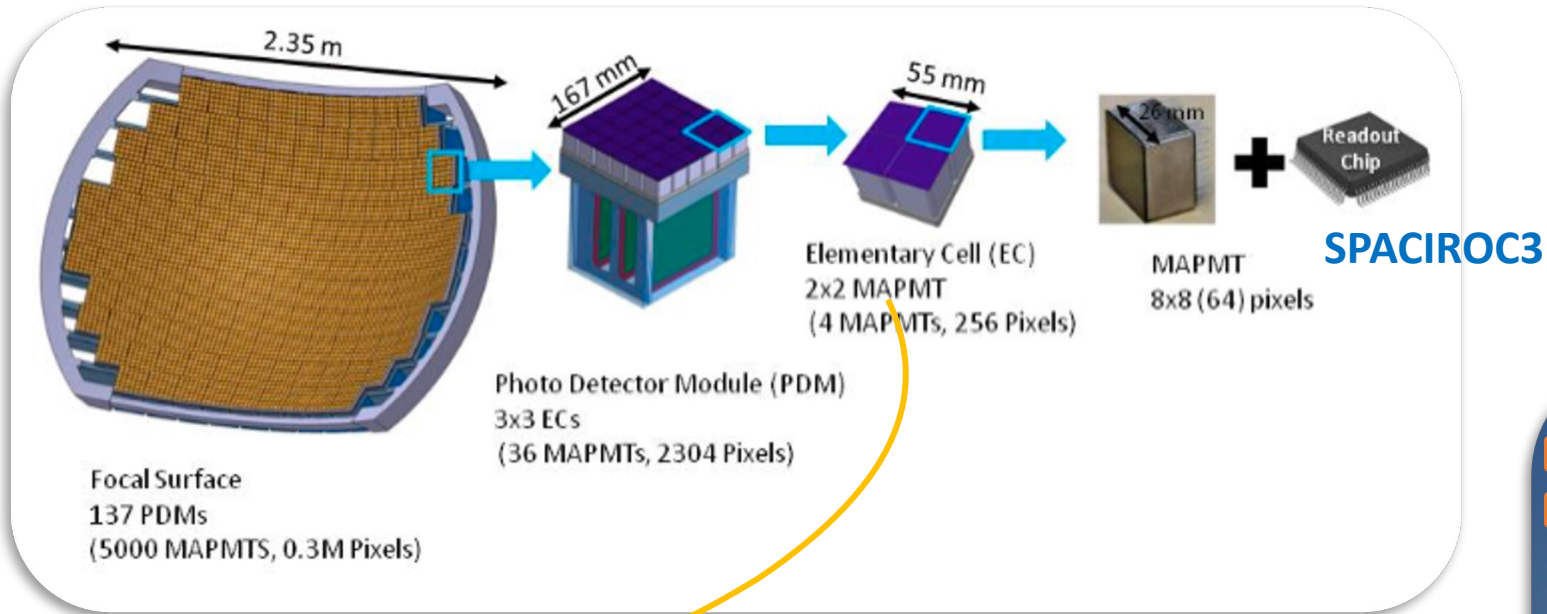


Contexte & Héritage - Le Programme JEM-EUSO

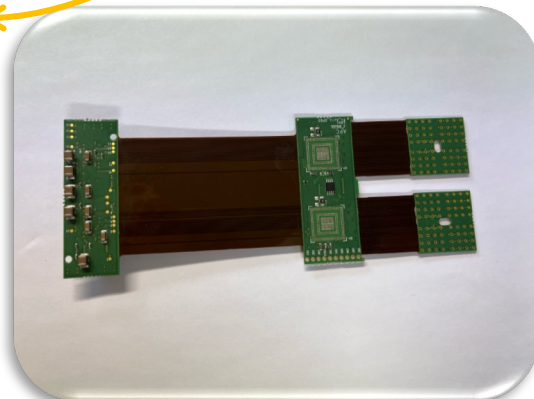
- Extreme Universe Space Observatory (EUSO)
 - Détecteur de la fluorescence des rayons cosmiques
- Observation depuis l'espace
 - L'atmosphère terrestre comme détecteur
 - Rayons cosmiques ultra énergétiques (UHECR)
 - Neutrinos de haute énergie
- Caméra pour la détection de la lumière
 - Fluorescence
 - Cherenkov



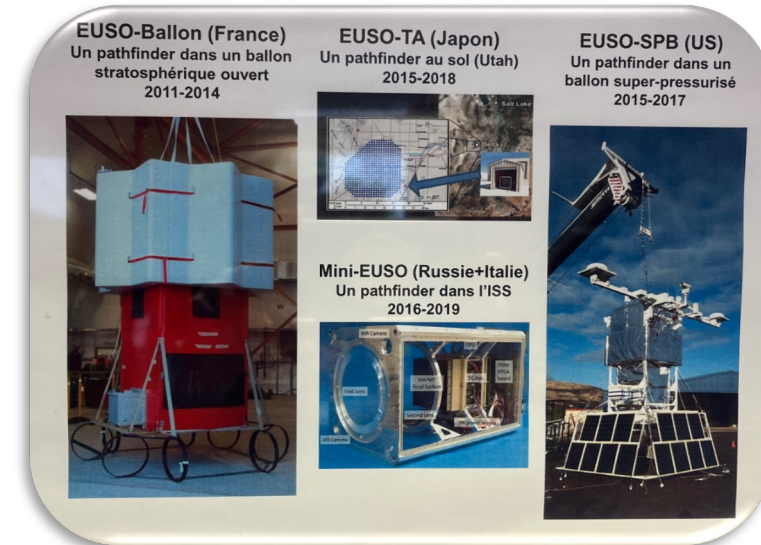
Contexte & Héritage: EUSO



19/06/2026

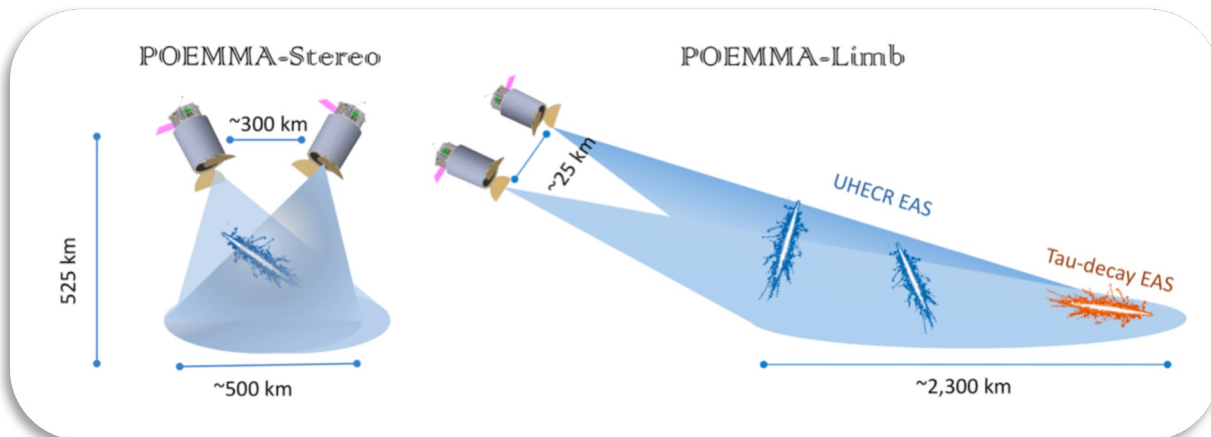


F.M - SPACIROC4 - GDR-DI2I

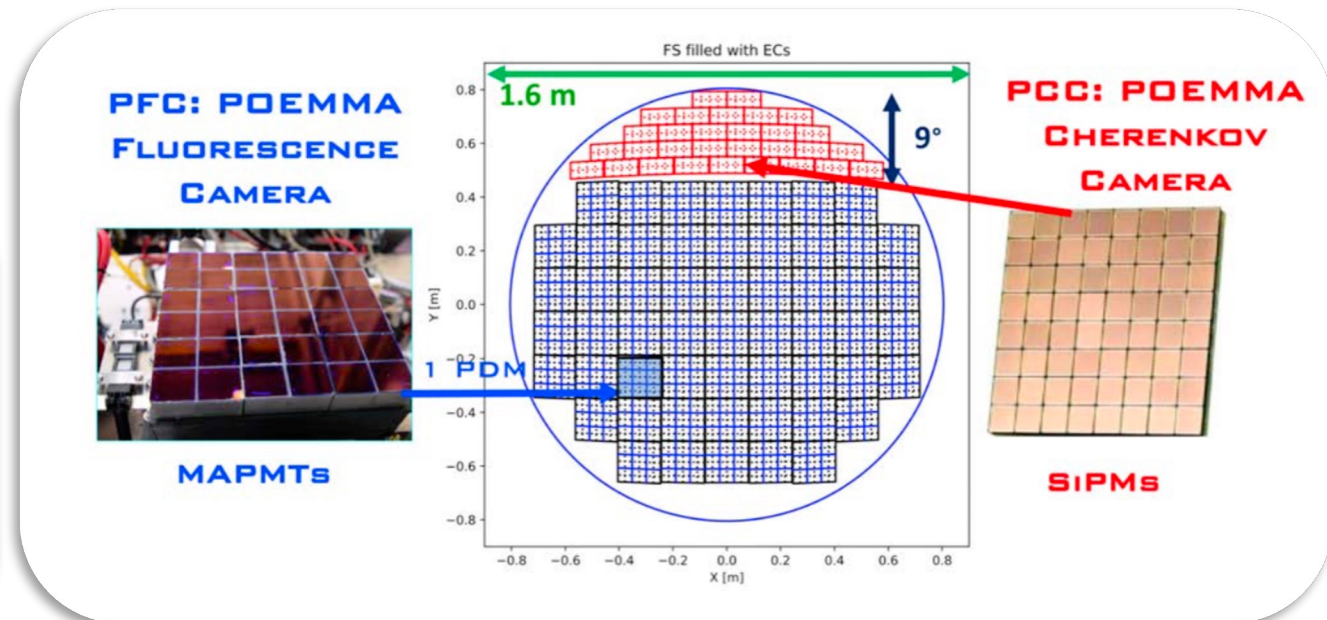


Contexte & Perspective: POEMMA

- Le programme POEMMA (Probe Of Extreme Multi-Messenger Astrophysics)
 - Fluorescence camera (MA-PMT)
 - Cherenkov camera (SiPM)
- Demonstrateur
 - PBR (vol ballon 2028)



19/06/2026

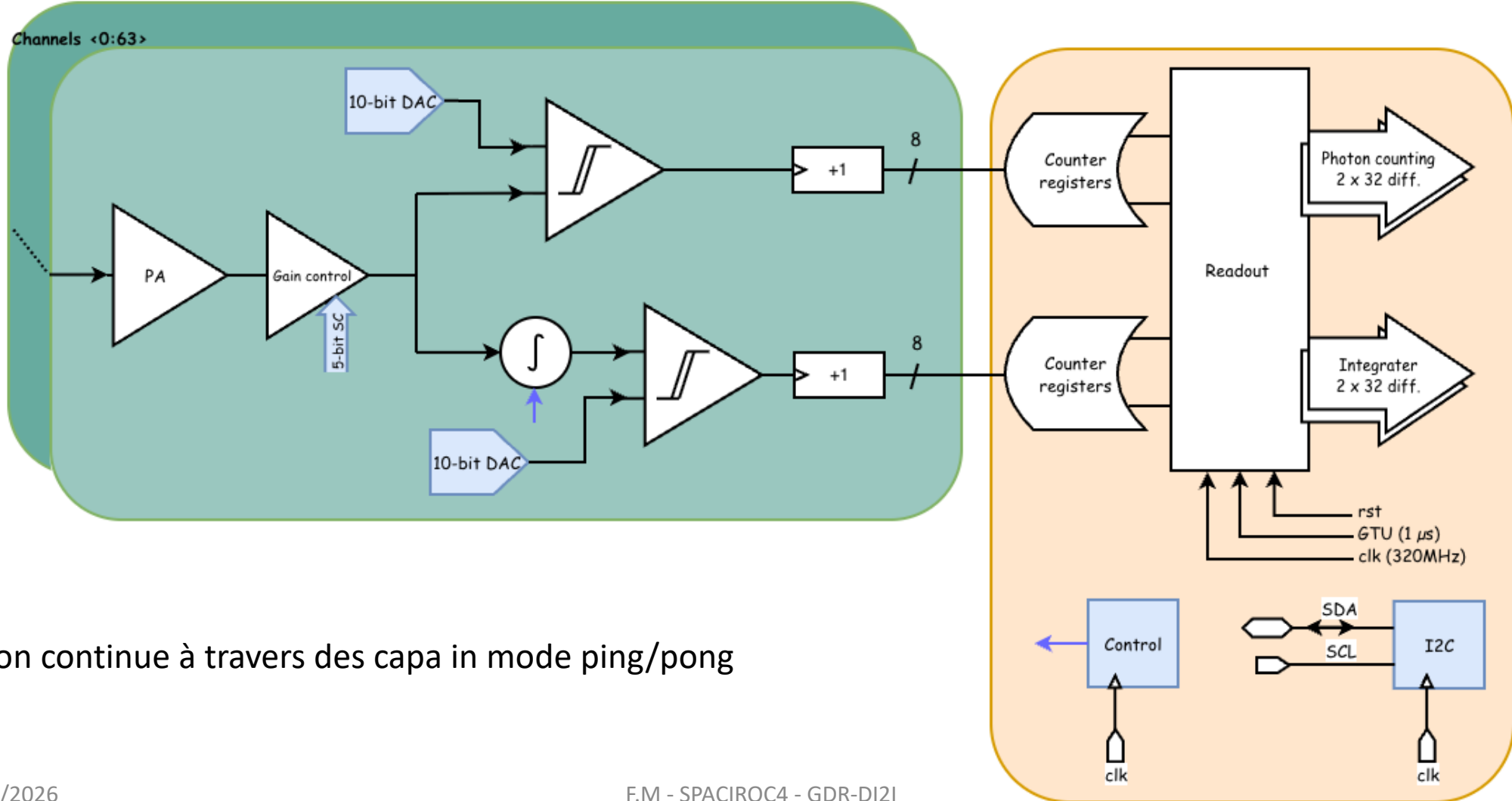


F.M - SPACIROC4 - GDR-DI2I

Optimisations Pour La V4 De SPACIROC

		SPACIROC V3	SPACIROC V4
Généralités	• Technologie • Taille • Consommation • Taux de lecture (GTU) • Taux de transmission de données	• AMS SiGe 350nm • 64 voies • 1 mW/voie • 400 kHz (2.5µs) • 80 MHz	• TSMC 130nm • 64 voies • < 1mW/voie • 1MHz (1 µs) • 320 MHz
Comptage des photons	• Gamme dynamique • Résolution (double-pulse séparation) • Codage (data buffer) • Sortie (format, nombre)	• 0.33 – 30 pe • 10 ns • 8-bit / voie • 8 sorties: 8 voies / ligne (64 bits + 1 / sortie)	• 0 - 100 pe • < 3ns • 8-bit / voie • 2 sorties différentielles: 32 voies /ligne diff. (256-bits)
Mesure des charges	• Gamme dynamique • Nombre d'intégrateurs • Codage (data buffer) • Sortie (format, nombre)	• 0 – 100 pe / pixel • 8 voies (Σ8 voies) • 6-bit / voie • 1 sortie: 8 voies / ligne (48 bits + 1 / sortie)	• 30 – 800 pe / pixel • 64 voies indépendantes • 8-bit / voie • 2 sorties différentielles : MUX 32 voies /ligne diff. (256-bits)

SPACIROC – L'évolution Du Schéma



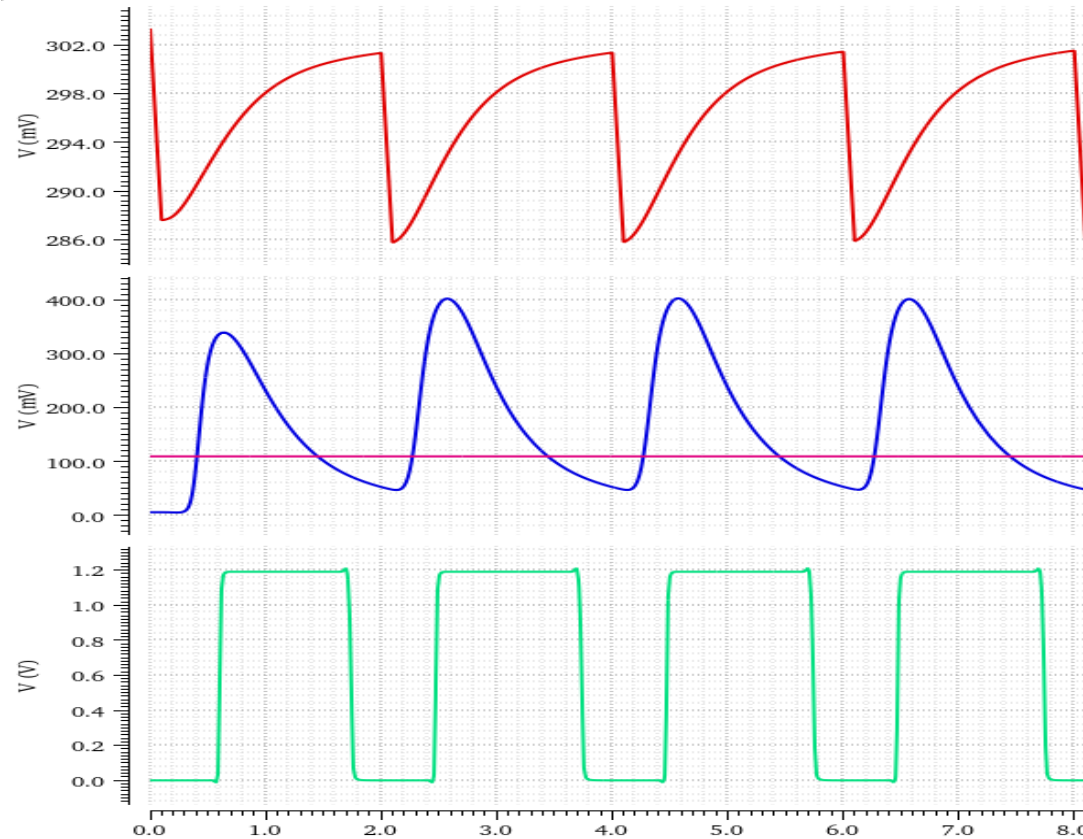
Intégration continue à travers des capa in mode ping/pong

Simulation – Comptage De Photons

1pulse = 1pe (160 fC)

Séparation 2 pulses = 2ns

- x5 Plus rapide
- $\lesssim$ Consommation



Input_PA

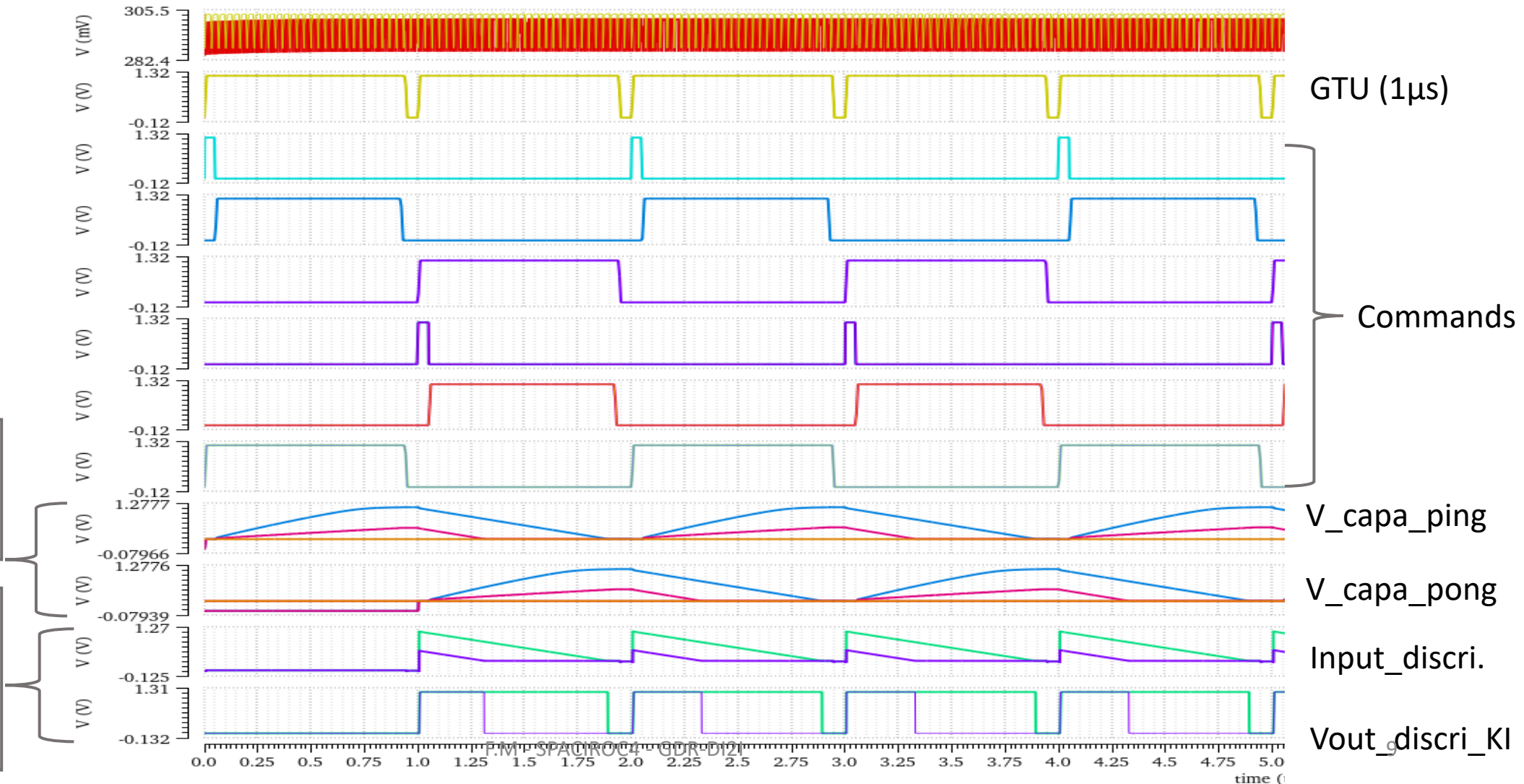
Input_PhC
Vth

Output_PhC_discri.

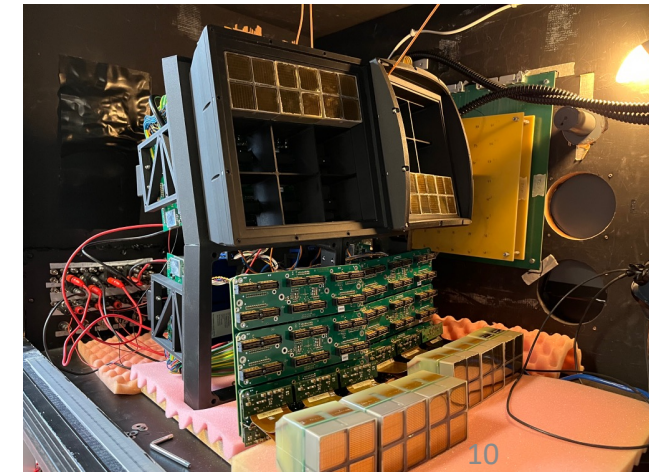
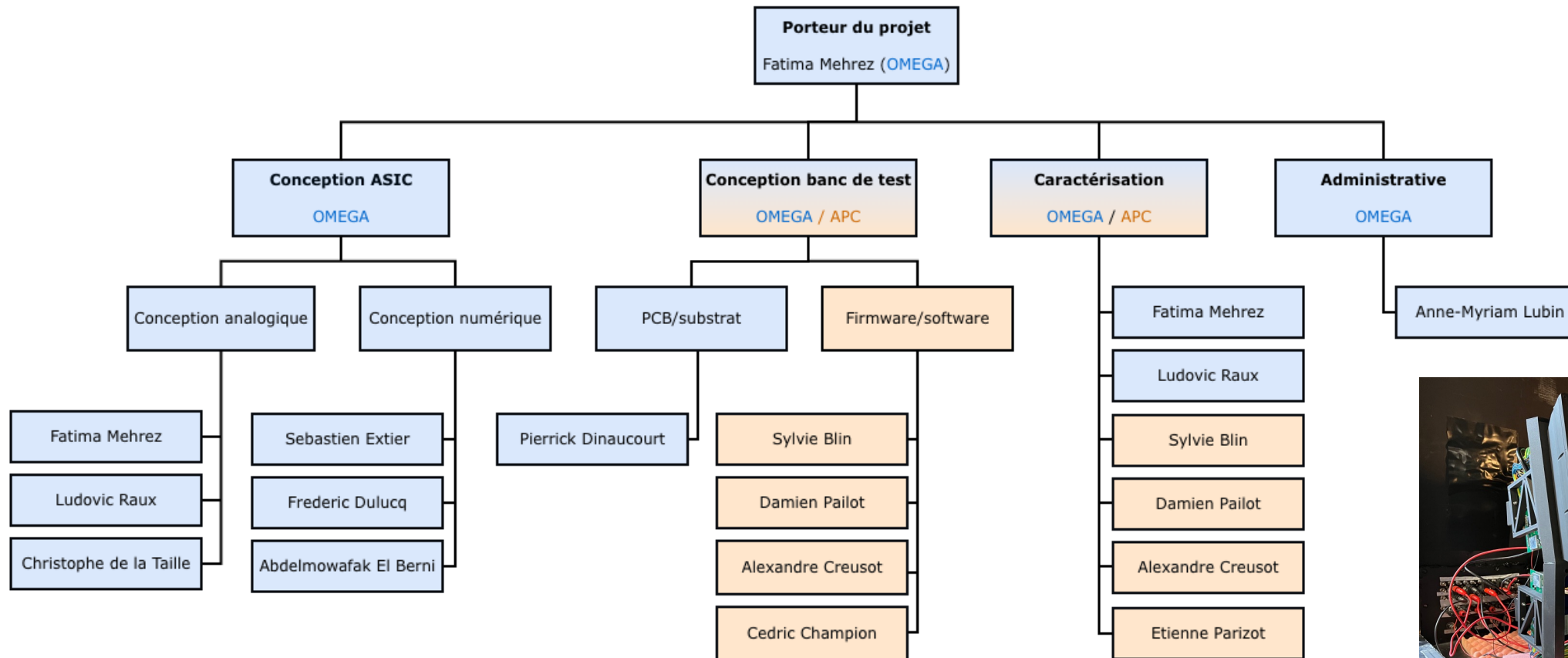
Simulation - Mesure Des Charges

Input = 30 pe
Input = 800 pe
Vth

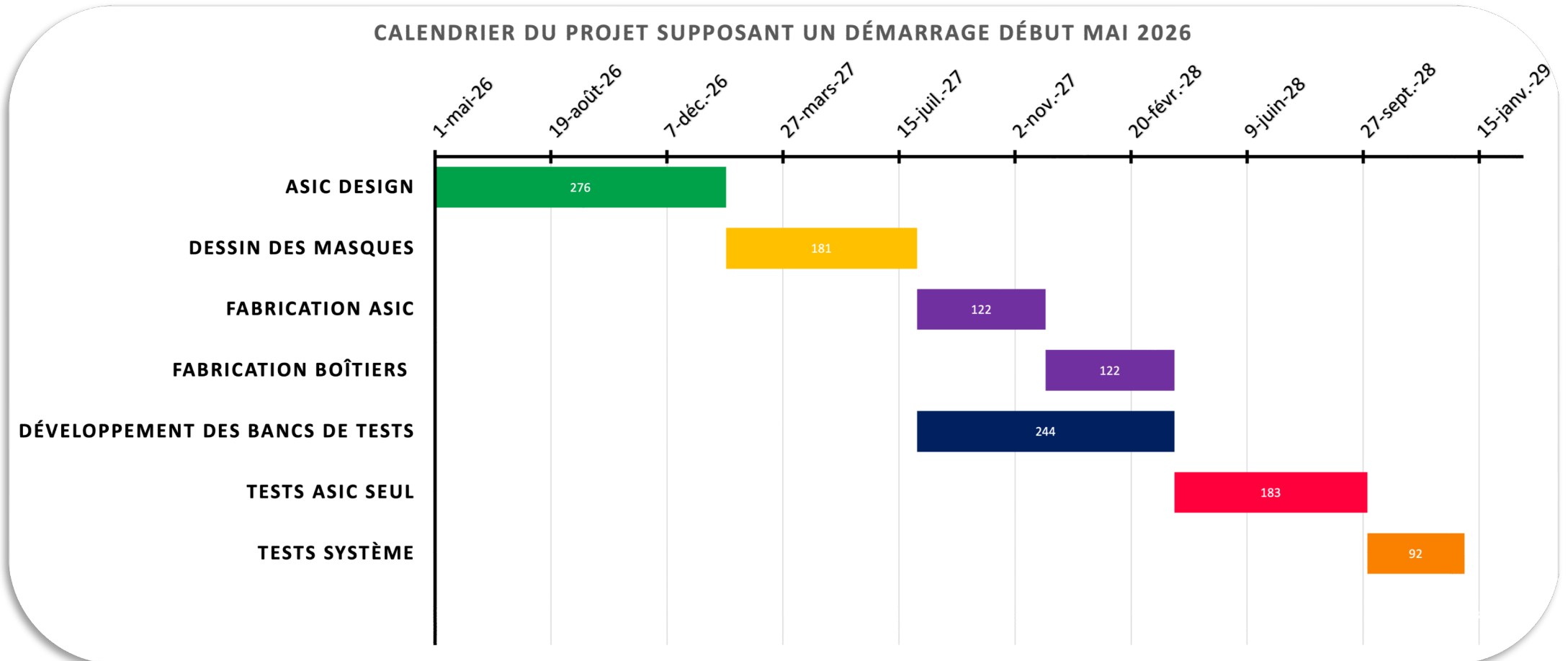
Vin_discri_30pe
Vin_discri_800pe
Vout_KI_30pe
Vout_KI_800pe



Collaboration



Schedule - Préliminaire



Défis

- Spécifications exigeantes:
 - 100MHz -> 320MHz
 - Taux de lecture élevé (rapidité, résolution)
 - La consommation < 1mW/voie avec la technique de durcissement aux radiations
- Technologies TSMC 130nm, ou autres
 - Pérennité
 - Coût
- Engineering run

Financement

- CNES - R&T « Systèmes Orbitaux»
 - En cours d'analyse
 - Réponse ?
- IN2P3 – R&T 2027
 - Suivant la réponse du CNES
- Proposition de thèse
 - ?



**NUCLÉAIRE
& PARTICULES**

Conclusion

- Demande croissante d'ASIC dans le domaine spatial
- Besoins de SPACIROC4 pour la suite de program JEM-EUSO/POEMMA
 - Anticiper la spatialisation de l'ASIC (qualification préliminaire)
- Savoir faire dans la conception d'ASIC complexes et durcis aux radiations à OMEGA
- Amélioration d'un facteur 5 des performances par rapport à SPACIROC3