

Architecture d'acquisition modulaire basée sur le SoC Zynq de Xilinx

Journées VLSI-FPGA-PCB-CAO de l'IN2P3

Du 31 mai au 2 juin 2016

Nicolas Chevillon
pour l'équipe Imagerie Moléculaire
Département DRHIM

Imagerie pré-clinique



AMISSA: A Multimodality Imaging System for Small Animal

μ TDM-X



Imagerie anatomique

Acquisition/reconstruction 20s→6 min
Résolution spatiale : 150→50 μ m

μ TEMP



Imagerie Fonctionnelle

Résolution spatiale : 800 μ m
Efficacité de détection : 0.014%

μ TEP

Imagerie fonctionnelle

En cours de développement
Résolution spatiale : 1uL
Efficacité de détection : >15%



PhotonImager, Biospace



IRIS, Inviscan, (avril 2014)

Imagerie pré-clinique

Etude des facteurs influençant les performances
pour une nouvelle génération d'imageurs

Tomographie à Emission de Positons (TEP)

- Géométrie radiale vs axiale
- Matrice segmentée vs bloc monolithique
- Modèle à imager (souris, rat, primate)

Tomographie à Emission Mono-Photonique (TEMP)

- Collimateur sténopé vs lames parallèles
- Matrice segmentée vs bloc monolithique
- Champ de vue

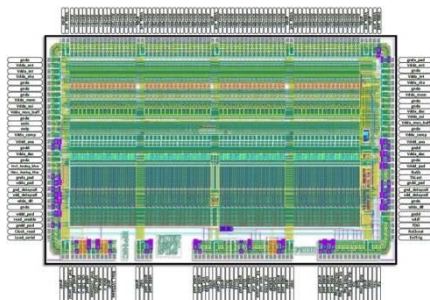
Modules de détection
de rayonnement gamma

- Mesure d'énergie
- Mesure de temps

**Besoin d'une nouvelle électronique d'acquisition qui doit être
fortement modulaire
pour être adaptable à tous nos projets**

Une acquisition modulaire

ASIC **IMOTEP** conçu
par l'équipe Imagerie Moléculaire



System-on-Chip (**SoC**) de Xilinx



Transmission TCP/IP
sur un lien Gigabit Ethernet



+ Expertise de l'équipe sur :

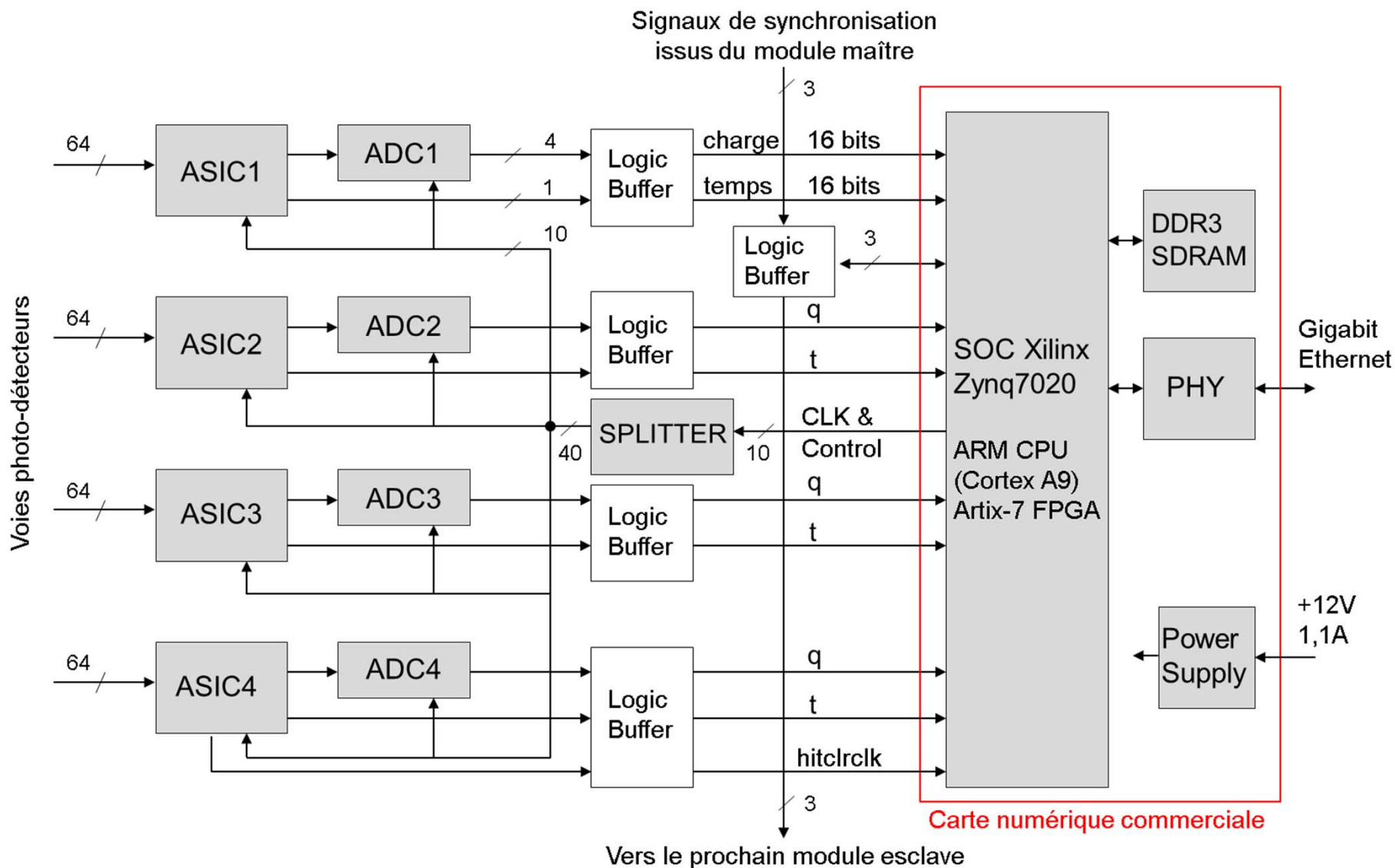
- Conception de carte électronique (schéma, simulation)
- Conception de PCB complexes (multi-couches, micro-vias)
- Sous-traitance électronique
- Micro-connectique
- Banc de test fonctionnel et photo-détecteurs

+ un besoin de modularité

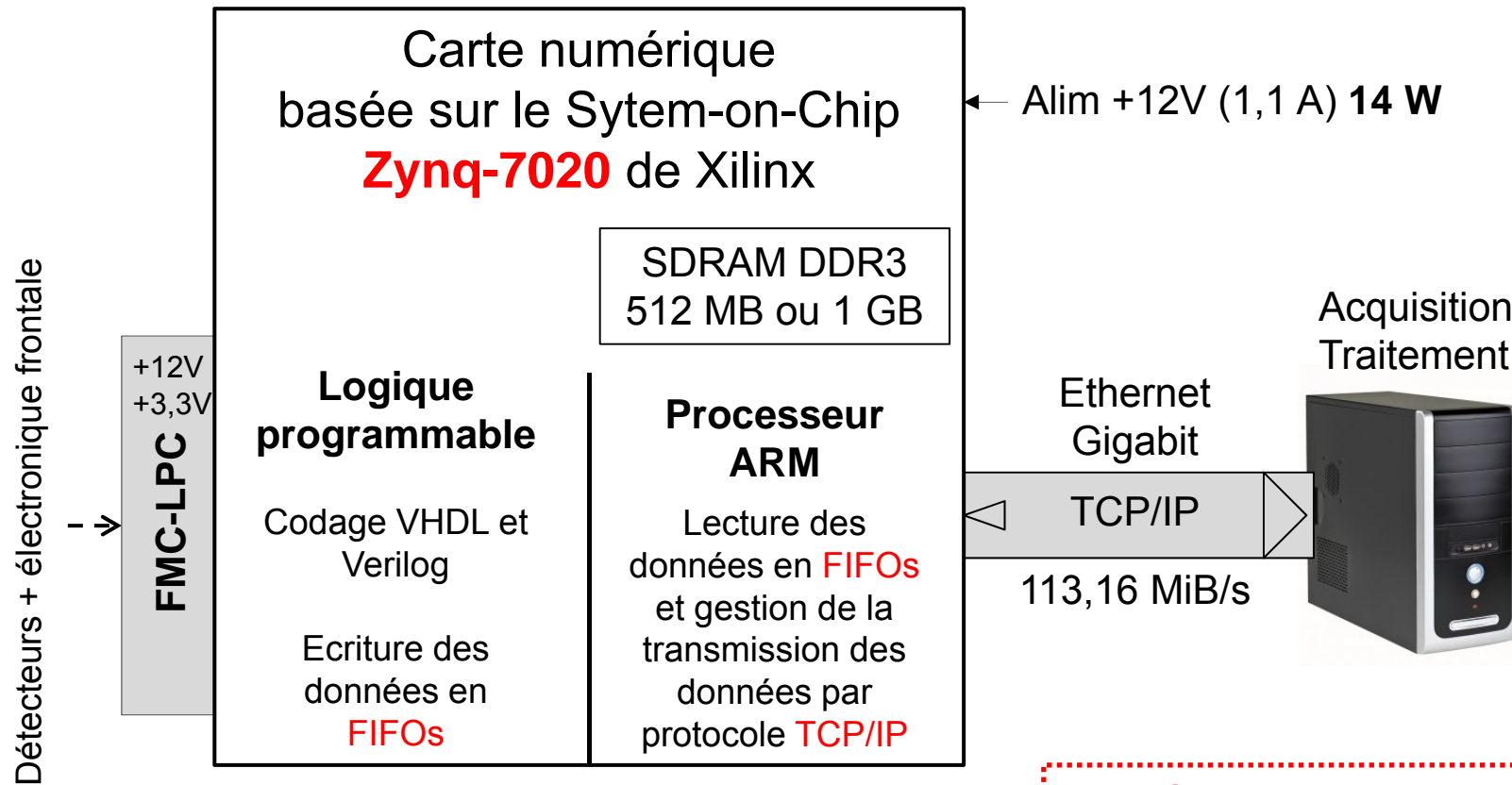
=

Nos réalisations et développement en cours

Diagramme d'un module de la DAQ



Structure de l'interface numérique de lecture



- Lecture périodique
- Protocole TCP/IP standard + ARP, ICMP et DHCP

Come and Kiss
Commercial Element and
Keep It Small and Simple

Cartes numériques commerciales

SOC Zynq-7020 + 512MB-1GB DDR3 + 128-512 Mb QSPi Flash + Gigabit Ethernet

Cartes uniques



ZC702
Xilinx (USA)
183 x 170 mm
720 €



Zedboard
Avnet (USA)
156 x 132 mm
320 € (512 MB DDR3)



TB-7Z-020-EMC
Inrevium (JPN)
130 x 69 mm
750 €

System on Module : SOM (nécessite l'emploi d'une carte «Support»)



MicroZed
Avnet (USA)
102 x 57 mm
Connectique I/O: 2 x FCI
265 € (402 € avec carte «Support»)



ZX3
Enclustra (CH)
68 x 30 mm
Connectique I/O: SODIMM200
257 € (507 € avec carte «Support»)

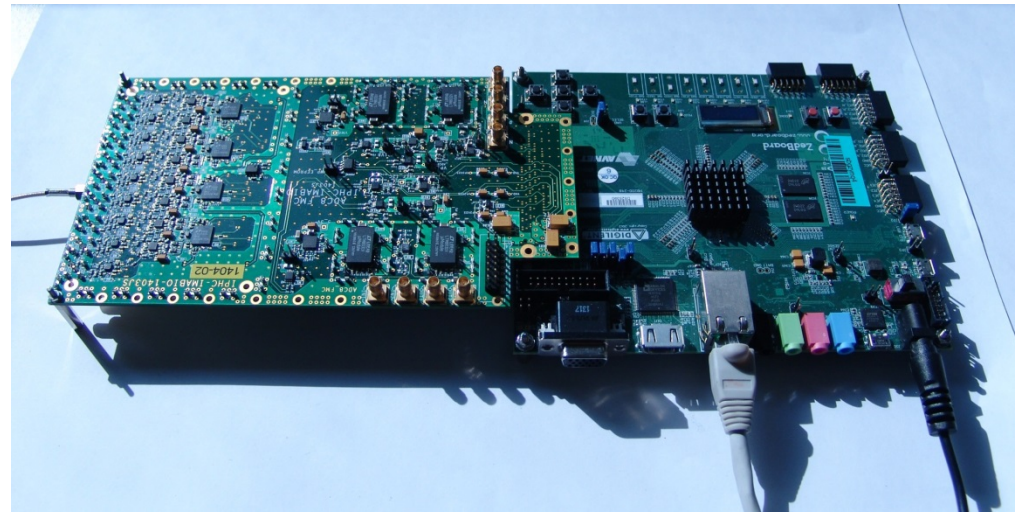


TE0720
Trenz (D)
50 x 40 mm
Connectique I/O: 3 x Samtec LSHM
289 € (589 € avec carte «Support»)

Cartes de test

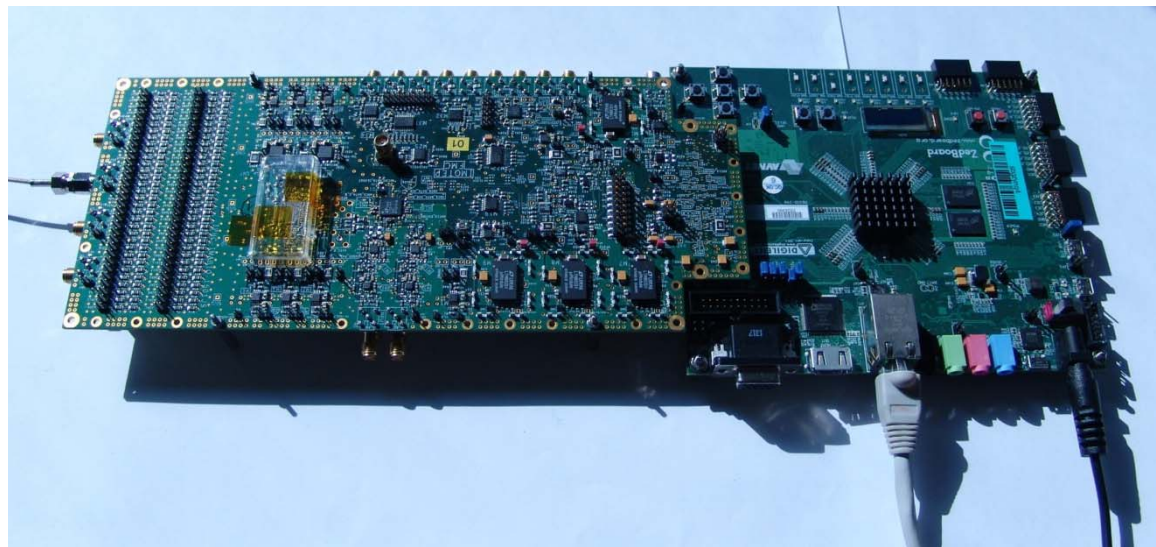
Carte de test ADC
ADC8_FMC

8 voies ADC - 125 MHz
(LTC2195, Linear Technology)

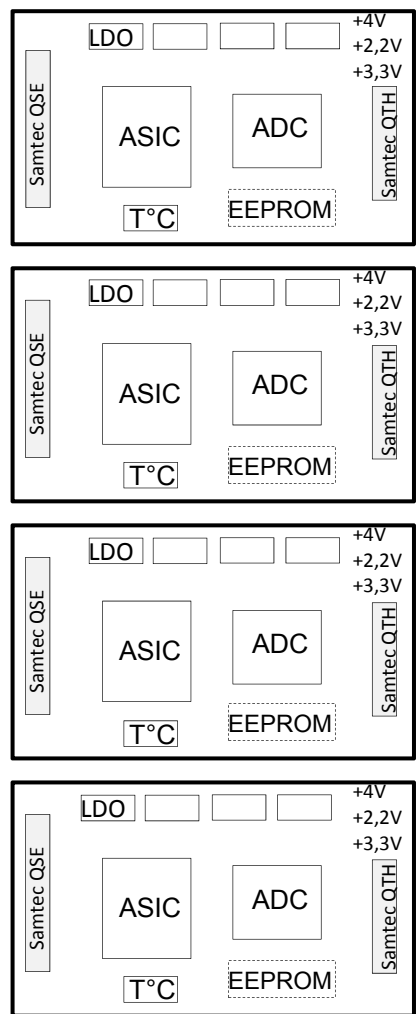


Carte de test ASIC
IMOTEP_FMC

1 ASIC IMOTEP



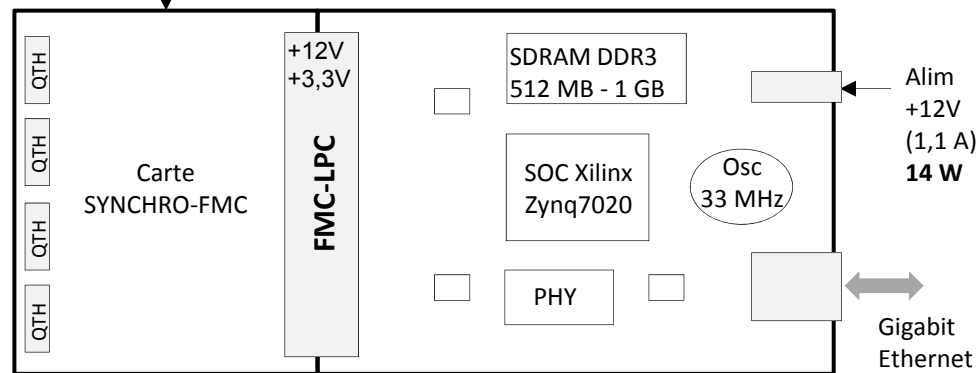
Architecture d'un module de la DAQ



4 cartes filles « front-end »
(développement interne)

carte SYNCHRO_FMC (développement interne)

- 50Mhz (in)
- Rst_time (in)
- Start_run (in)
(en provenance d'une autre
carte SYNCHRO-FMC)



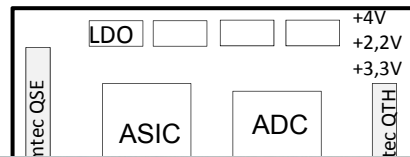
Carte numérique à base de SoC Zynq (carte commerciale)

- 50Mhz (out)
- Rst_time (out)
- Start_run (out)
(à destination d'une autre
carte SYNCHRO-FMC)

- 256 voies indépendantes / module
- 100 kHz / voie
- 55 mW / voie

- Chaîne d'acquisition fonctionnelle
- En exploitation pour les besoins expérimentaux du groupe

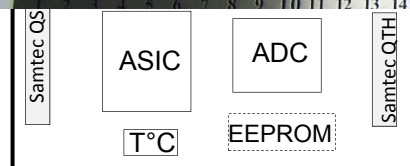
Architecture d'un module de la DAQ



carte SYNCHRO_FMC
(développement interne)

- 256 voies indépendantes / module
- 100 kHz / voie
- 55 mW / voie

- 50Mhz (in)

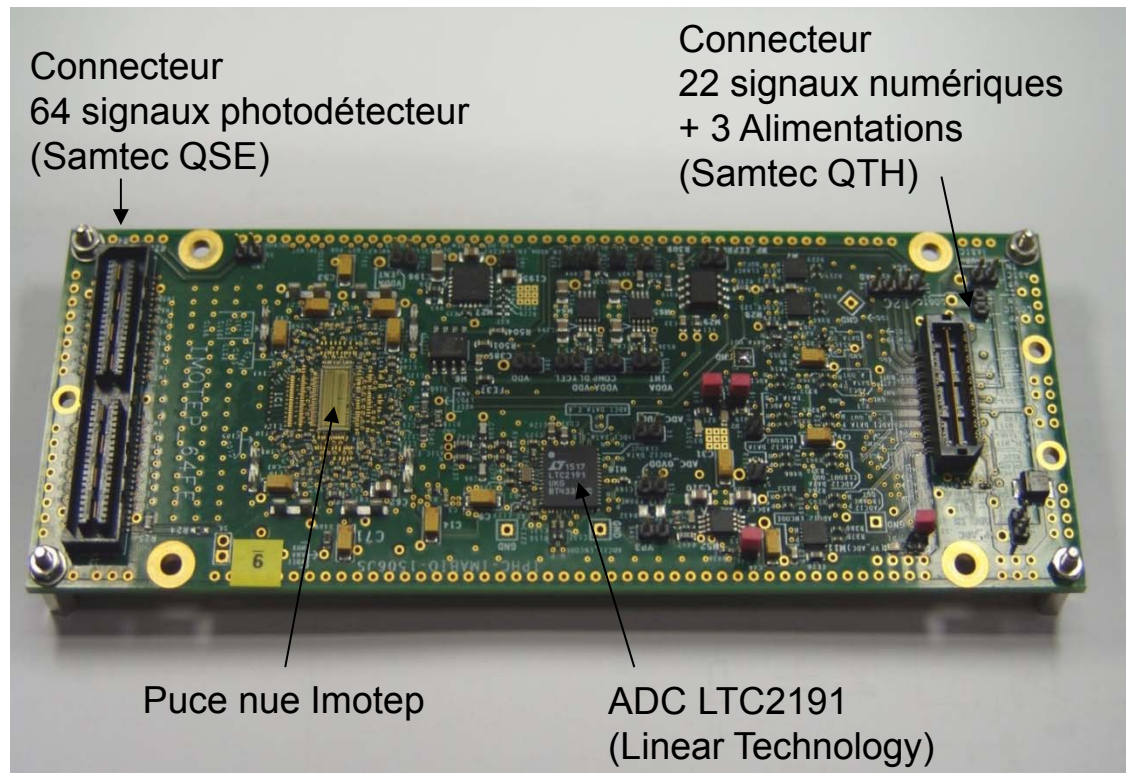


4 cartes filles « front-end »
(développement interne)

- Chaîne d'acquisition fonctionnelle
- En exploitation pour les besoins expérimentaux du groupe

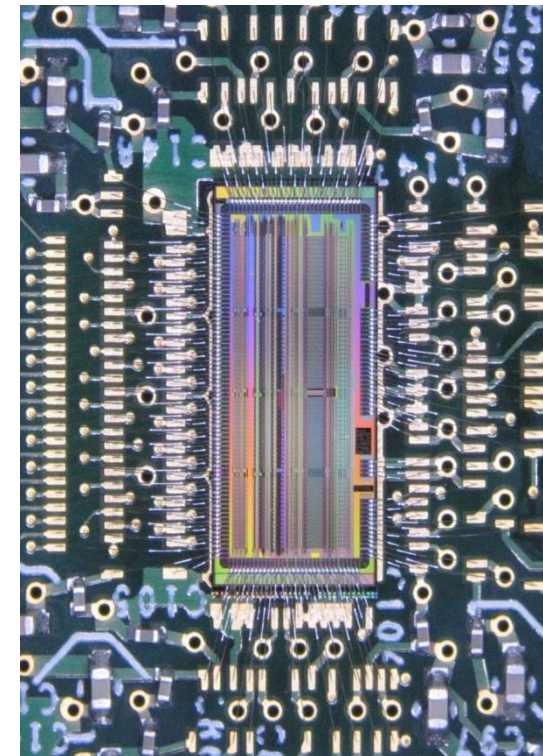


Carte « front-end »



Montage de la puce IMOTEP sur le PCB:

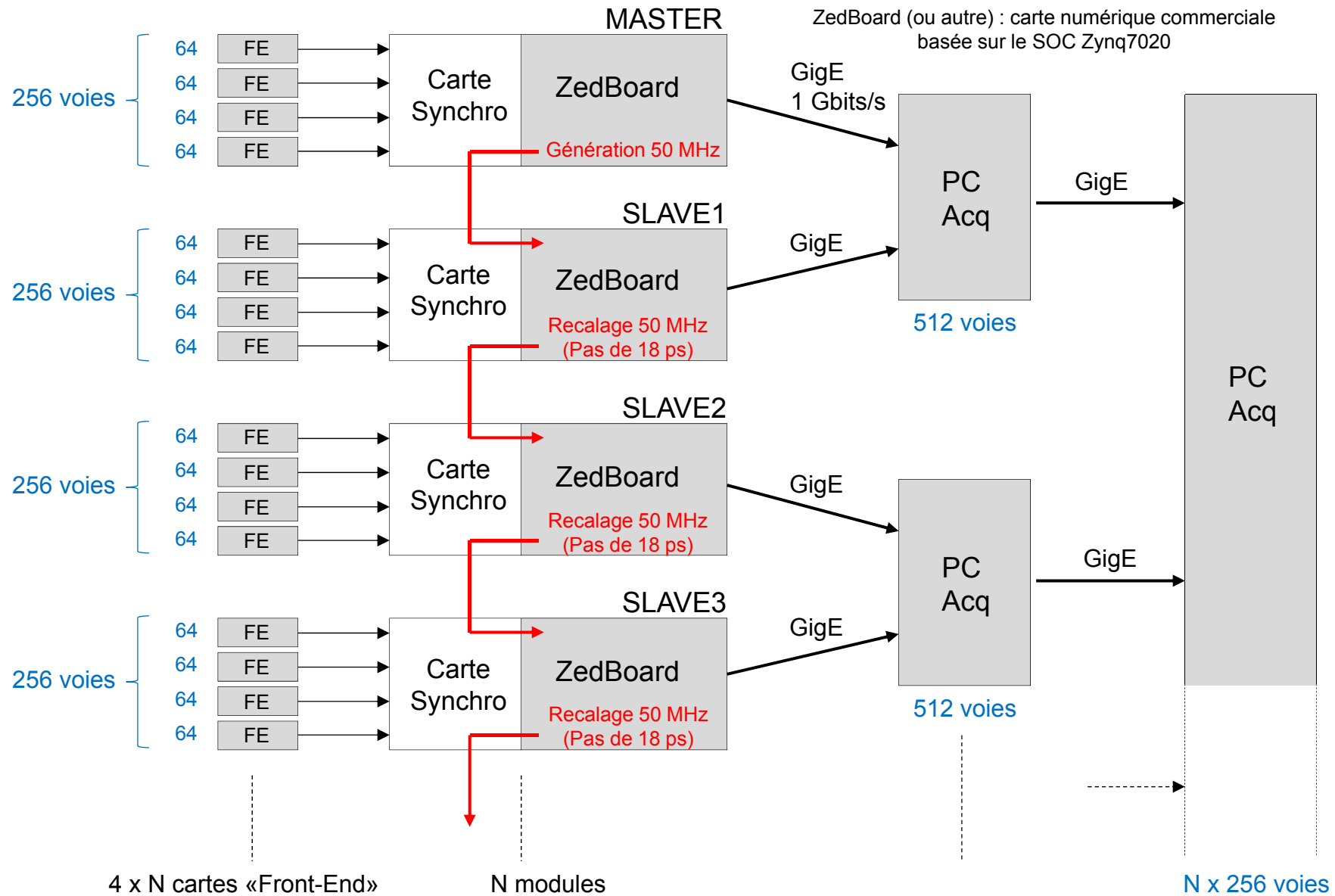
- Fabrication de la puce: Austria Micro Systems (AMS)
- Technique de montage: « Chip On Board » (COB)
- Bonding: service MicroTechnique (IPHC)
- Fils de bonding: aluminium



Carte « Front-End » 64 voies:

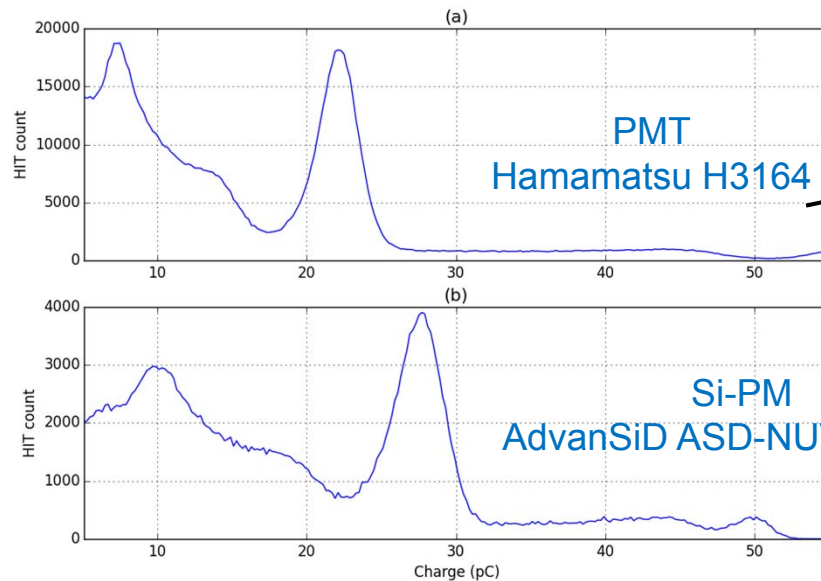
- Dimension: 135 x 50 mm
- PCB: 12 couches / Classe 7 (isolement mini 100 µm) / Microvias 150 µm
- Fabricant PCB: CSI Sud-Ouest (Toulouse)
- 400 composants Top et Bottom
- Taille mini de boîtier CMS: 0402
- Câblage des prototypes: service de MicroTechnique de l'IPHC

Association de modules



Résultats de mesures de photo-détecteurs

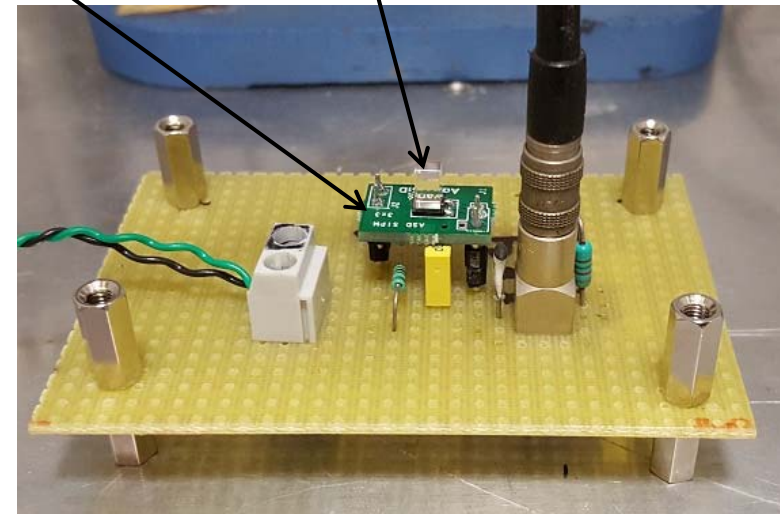
Spectres en charge



Source ^{22}Na

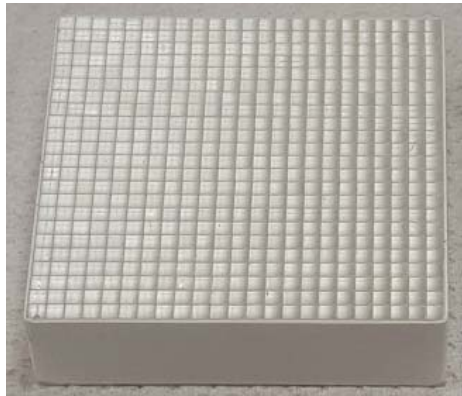


Cristal LYSO

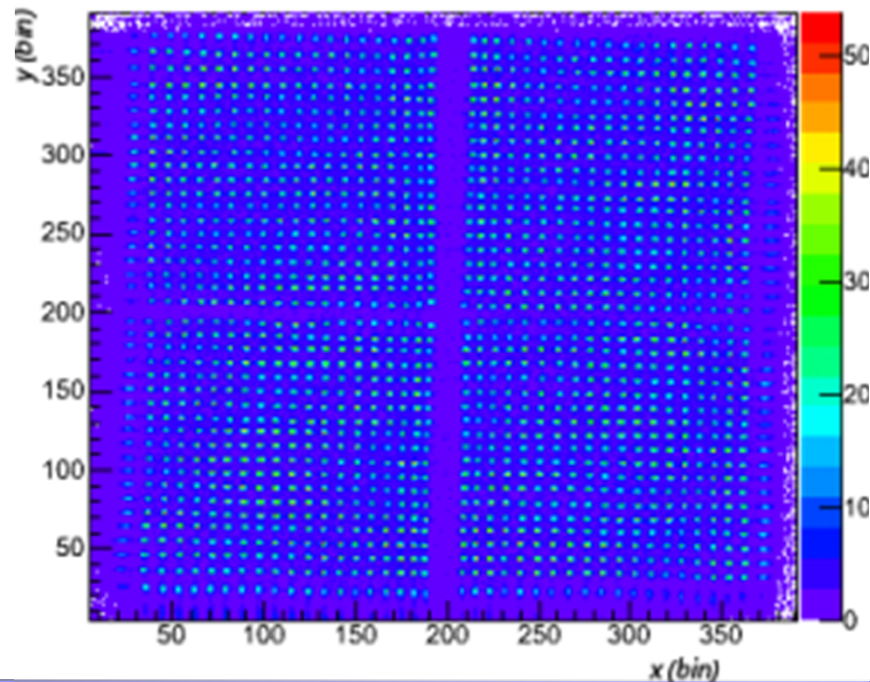
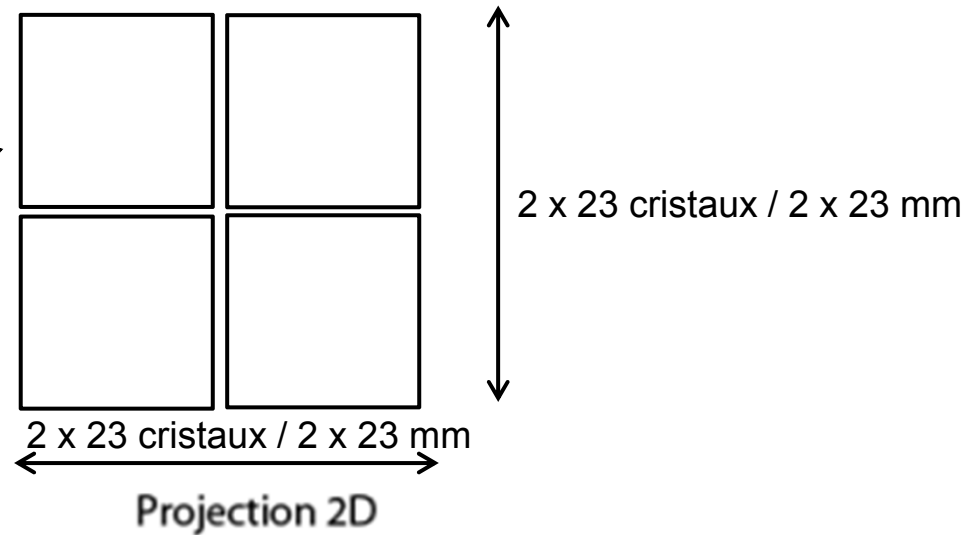


- Source ^{22}Na
 - Cristal LYSO $3 \times 3 \times 5 \text{ mm}^3$
 - Résolution en énergie du PMT : 14,5 %
 - Résolution en énergie du Si-PM : 11,2 %
- En accord avec l'état de l'art...*

Résultats de mesures de photo-détecteurs



Matrice de 23 x 23 cristaux de LYSO
de $0,98 \times 0,98 \times 6 \text{ mm}^3$ (pitch = 1 mm)



Mesure
sur les **256** voies
d'un MA-PMT
Hamamatsu H9500





Conclusions

- Carte numérique d'interface de lecture performante et économique
- Transfert technologique de la carte numérique à la société Inviscan
- Exploitation à venir de 30 modules dans le projet « DigiPET » porté par la société Inviscan en collaboration avec l'équipe Imagerie Moléculaire et la société Streb&Weil, et financé par la région, la BPI et l'eurométropole

