

DHCAL

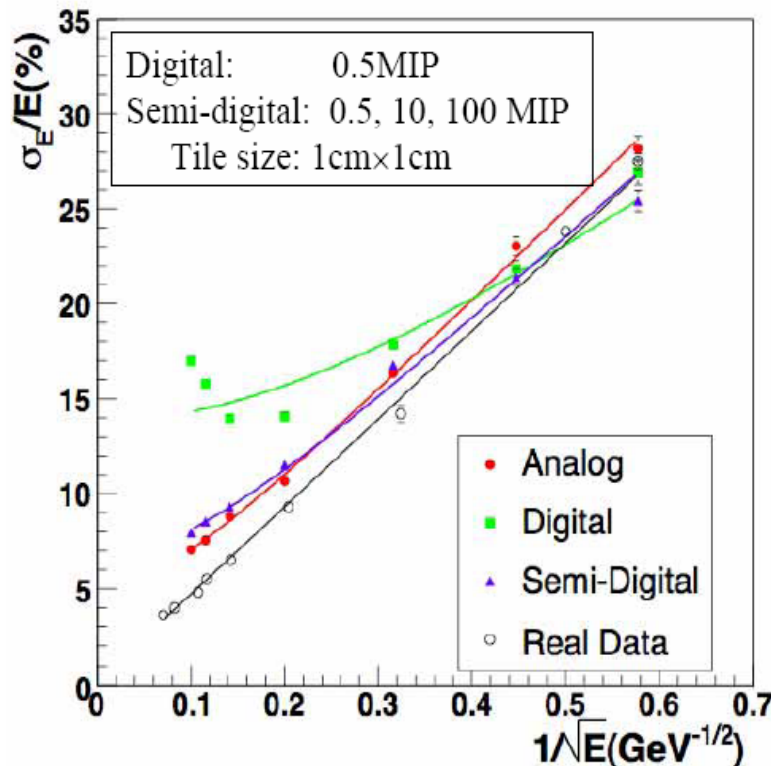
Catherine Adloff
pour :



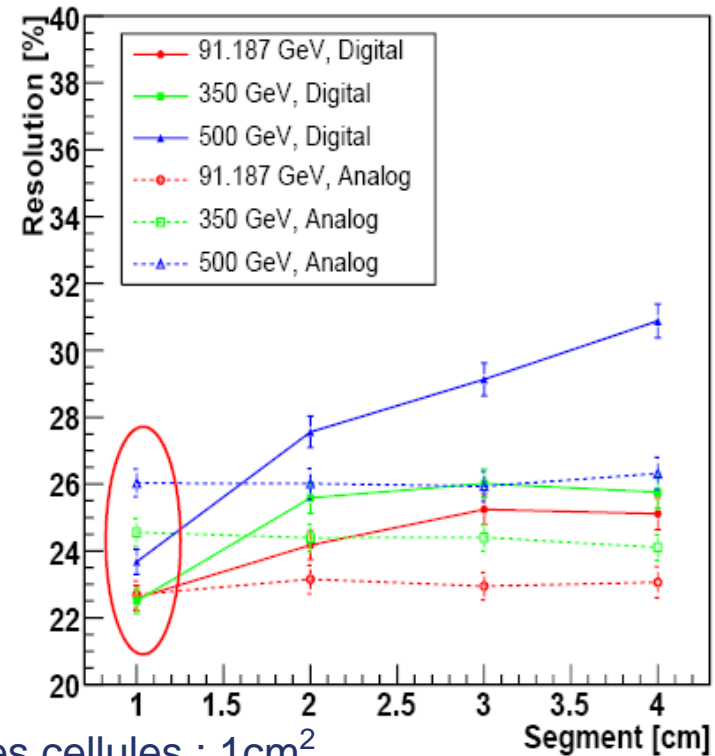
Pourquoi un DHCAL?

- Choix pour atteindre des mesures de précision au ILC : PFA

Résolution sur l'énergie des hadrons



Résolution sur l'énergie des Jets (PFA parfait)



Groupe KEK pour GLD

Taille typique des cellules : 1cm²

Lecture *semi-digitale* (2bits) plus appropriée au PFA

Un prototype de 1m³

- **Les défis**

- Minimiser l'épaisseur du milieu actif (<6mm)
- Technologie appropriée pour couvrir quelques milliers de m²
- Basse consommation de l'électronique Front-End
- Lecture de ~ 400 000 canaux (m³)

- **Etapes préalables**

- Etudes des détecteurs composant la partie active
- Démonstration de principe
- Réalisation et tests de 1m²

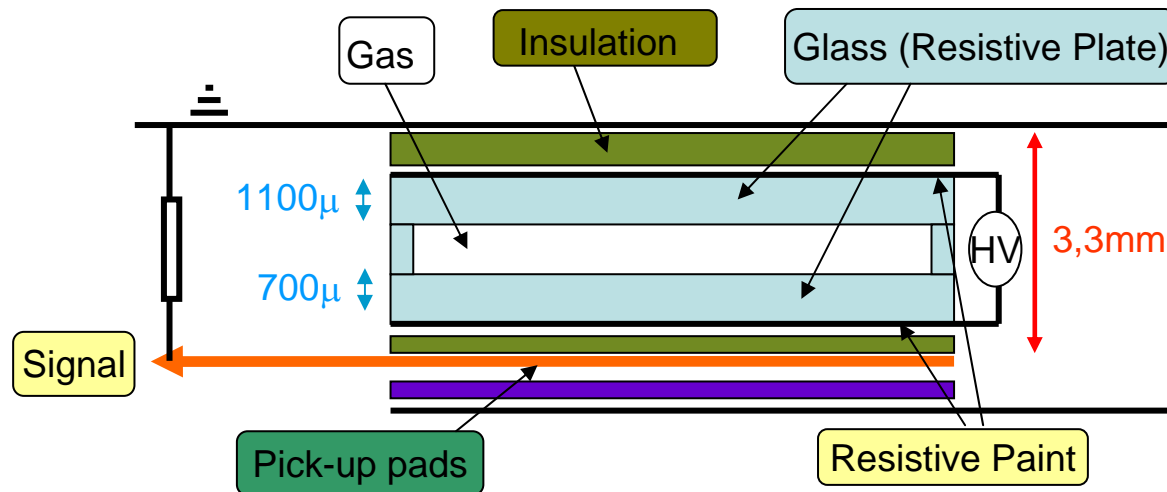
- **La collaboration DHCAL-CALICE européenne :**

- IPNL, LAL, LAPP, LLR, CIEMAT, IHEP, INFN-BOLOGNE
- Leadership français (I. Laktineh, IPNL)
- Equipes françaises financées par CNRS/IN2P3 + EUDET + ANR
2008-2010

Quels Détecteurs?

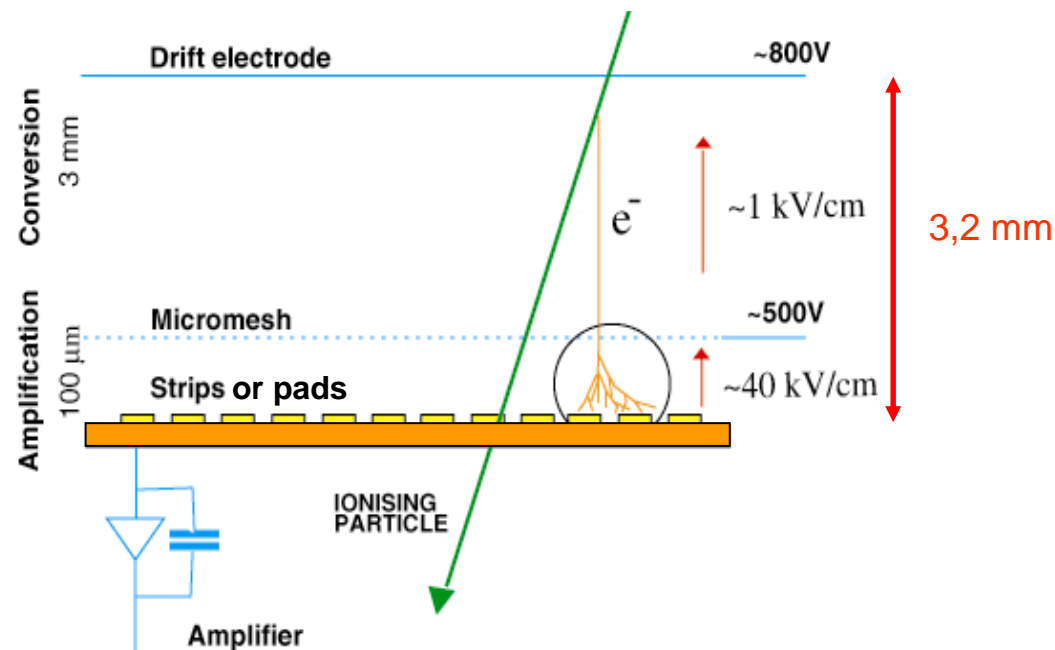
- **GlassRPC (IPNL):**

- Mélange : TFE+Isobutane+SF6
- HT : 6-9 kV
- Mode avalanche
- Taux de détection $< 100\text{Hz}/\text{cm}^2$
- Epaisseur : 3,3 à 3,7 mm
- Détecteur simple, verre borosilicate mais assemblage délicat (épaisseur verre = 700μ)



Quels Détecteurs?

- MicroMegas (LAPP):
 - Mélange : Argon+Isobutane
 - HT < 500 V
 - Taux de détection très élevé
 - Robuste, bon marché pour grande quantité (procédé industriel)
 - Epaisseur : 3,2 mm
 - Fonctionnement délicat : problème des claquages



Quelle électronique?

- Puces intégrées au détecteur, chaînées entre elles

- **HARDROC1(2)** (LAL)

- 64 voies, 16mm² (**19mm²**)
- sortie digitale et analogique
- **2(3) seuils sur 10 bits**
- Consommation faible
< 10 μ W/ch (power pulsing 0,5%)
- Technologie AMS SiGe 0,35 μ
- Mémoire digitale : 128 evts.
- 2⁶ (**2⁸**) gains \Rightarrow 10 fC à 1pC
(**5 fC à 10pC**)
- Xtalk <2%

HARDROC2 : parti en fonderie en Juin 2008

- **DIRAC** (IPNL)

- 64 voies, 7mm²
- sortie digital (**et analogique**)
- **3 seuils sur 8 bits**
- Consommation faible
< 10 μ W/ch (power pulsing 1,0%)
- Technologie AMS CMOS 0,35 μ
- Mémoire digitale : 8 evts.
- 2 Gains (**3+1 gains**) \Rightarrow 6 fC à 200 fC
100 fC à 10 pC

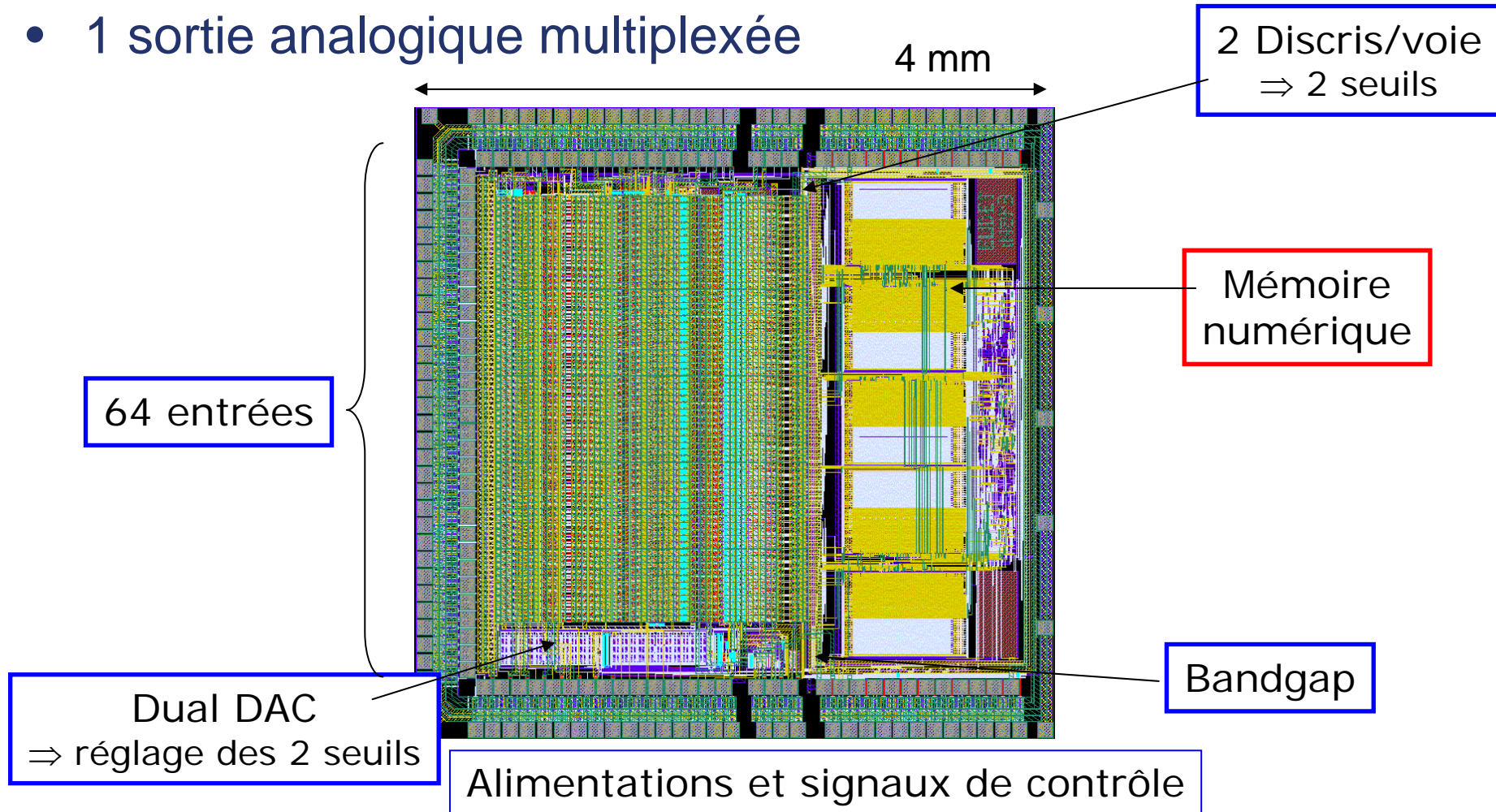
**prochain prototype DIRAC :
fonderie pour automne 2008**

**BASELINE : pour la démonstration de principe
pour les protos m² et m³**

**R&D : pas de calibration
faible coût
adapté à l'intégration sur le détecteur
orienté MicroMegs**

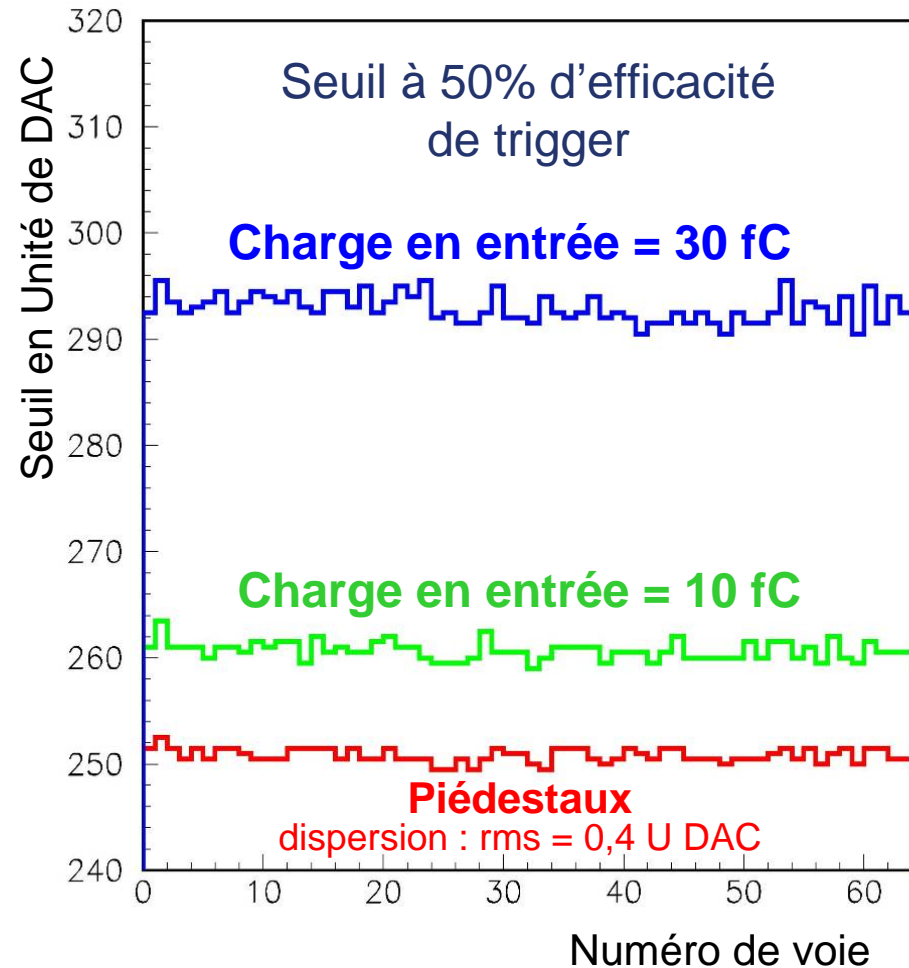
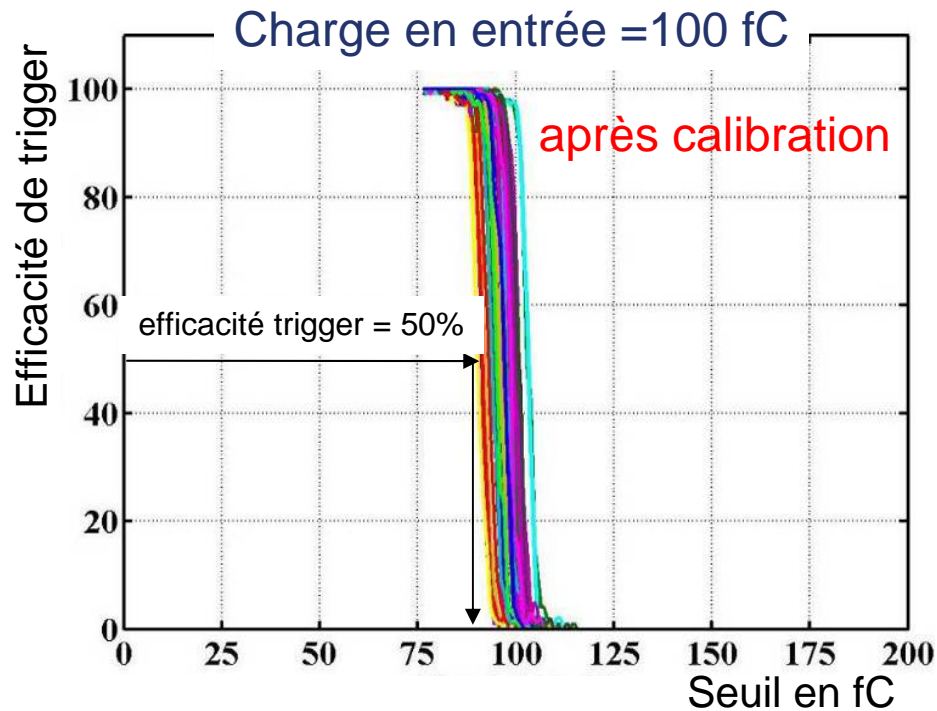
HARDROC1 (LAL)

- 64 voies : preamp + shaper+ 2 discris + mémoire + Full power pulsing
- 1 sortie numérique série (chainage)
- 1 sortie analogique multiplexée



HARDROC1 (LAL)

- Bruit : rms \sim 1 Unité de DAC (2mV, 1fC)
- Dispersion des gains : rms = 3%
- Testé avec succès sur table :
 - Power pulsing
 - Auto-trigger + mémoire + lecture série

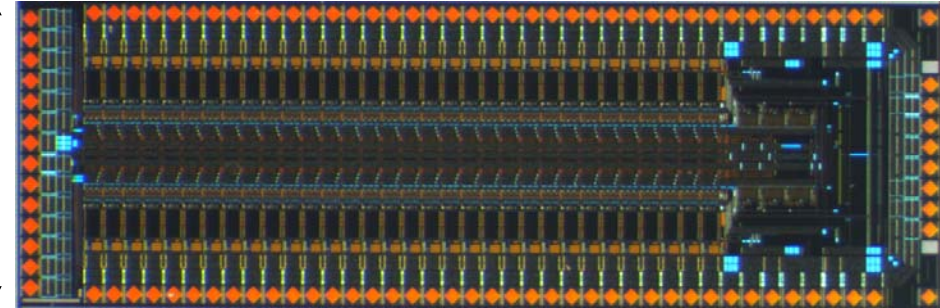


LAL : S. Callier, F. Dulucq, Christophe de la Taille, G. Martin-Chassard, N. Seguin

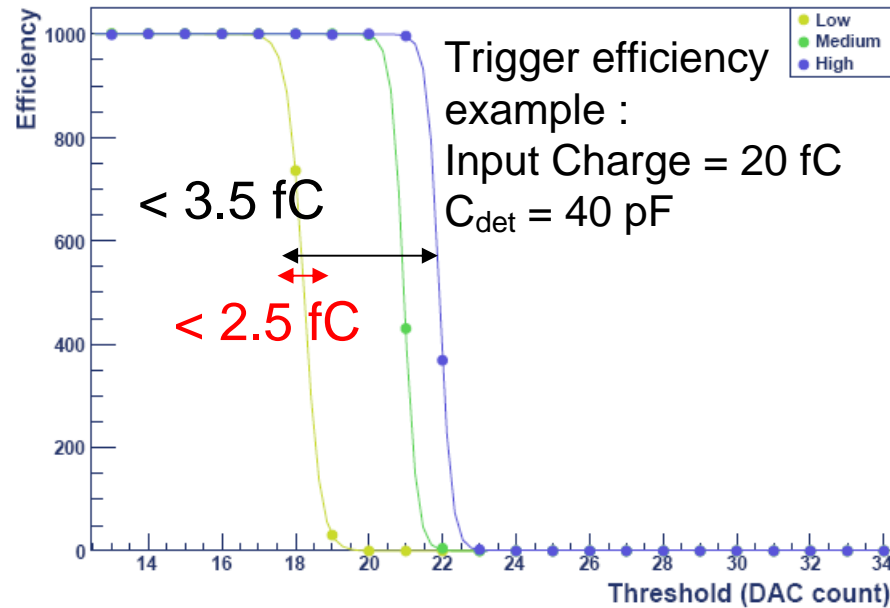
DIRAC (IPNL)

- Premiers résultats : printemps 2008

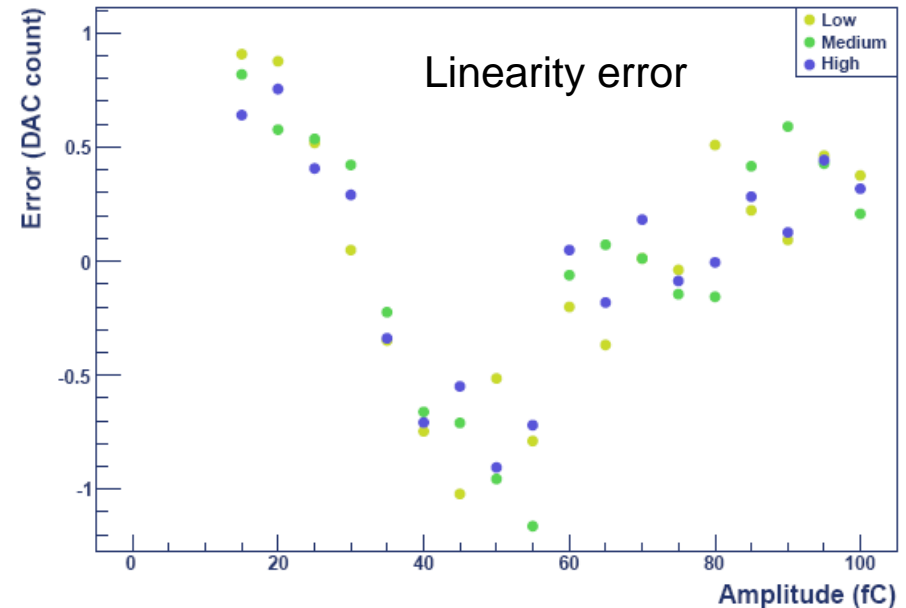
1,5 mm



IPNL : R. Gaglione, H. Mathez



Bruit total : peak to peak < 2.5 fC
Dispersion totale < 3.5 fC

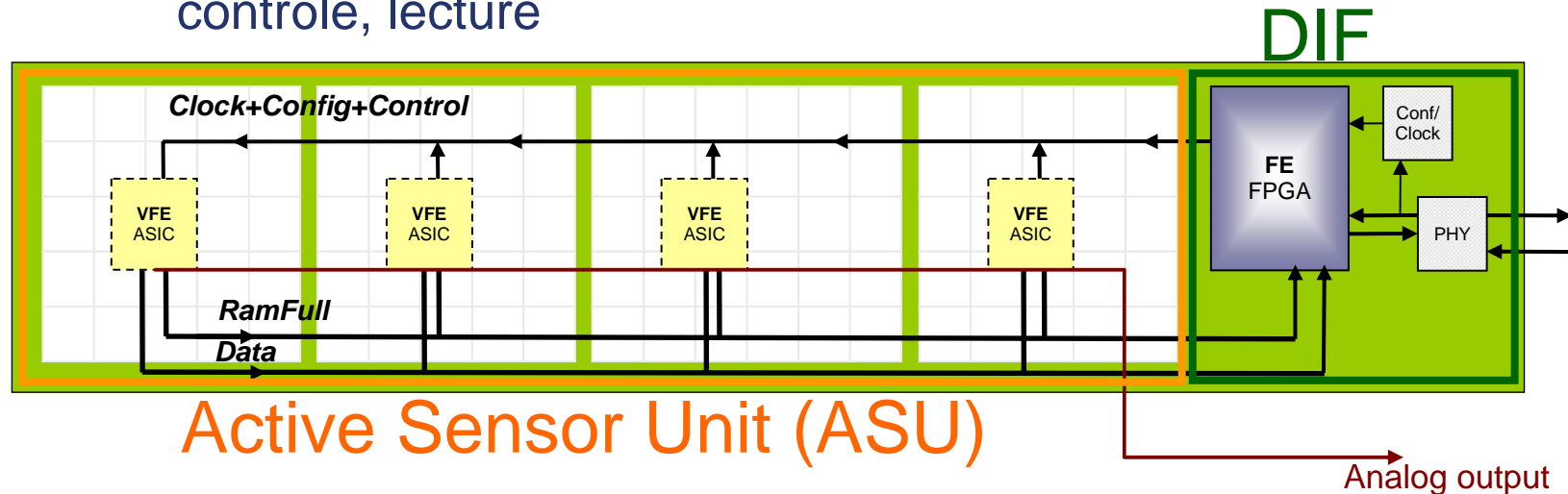


Non linéarité < 1.6 fC

(MicroMegas MIP @ 30 fC)

Quelle lecture?

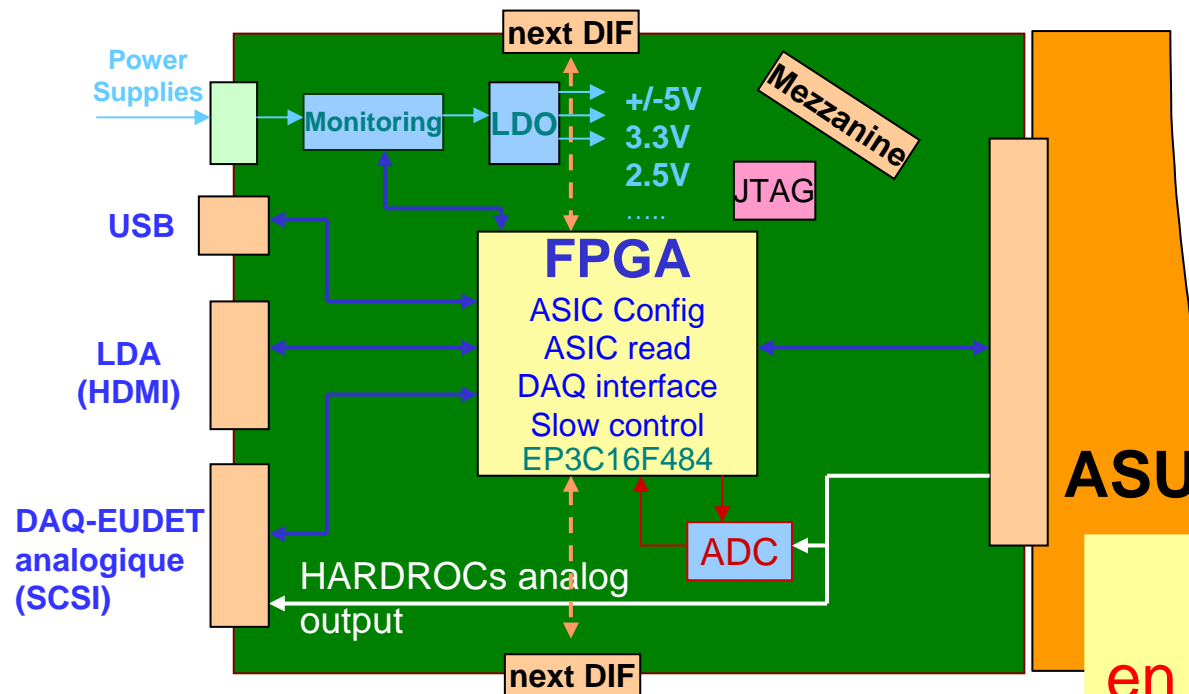
- FE + DAQ-EUDET 2006-2008 (LLR : C. Jauffret, V. Boudry)
 - Premiers tests du HARDROC
 - Carte de test 4 HARDROCs (DHCAL1) ⇒ chainage!
 - Programmation (Firmware+Software): configuration des ASICs, contrôle, lecture



- DAQ pour les tests en faisceau 2008 (LLR : V. Boudry, , C. Jauffret, F. Gastaldi, S. Chollet, IPNL : R. Della Negra, H. Mathez)
 - intégration des cartes DHCAL1 dans la DAQ-IPNL et dans la DAQ-EUDET analogique de 1ère génération

Quelle lecture?

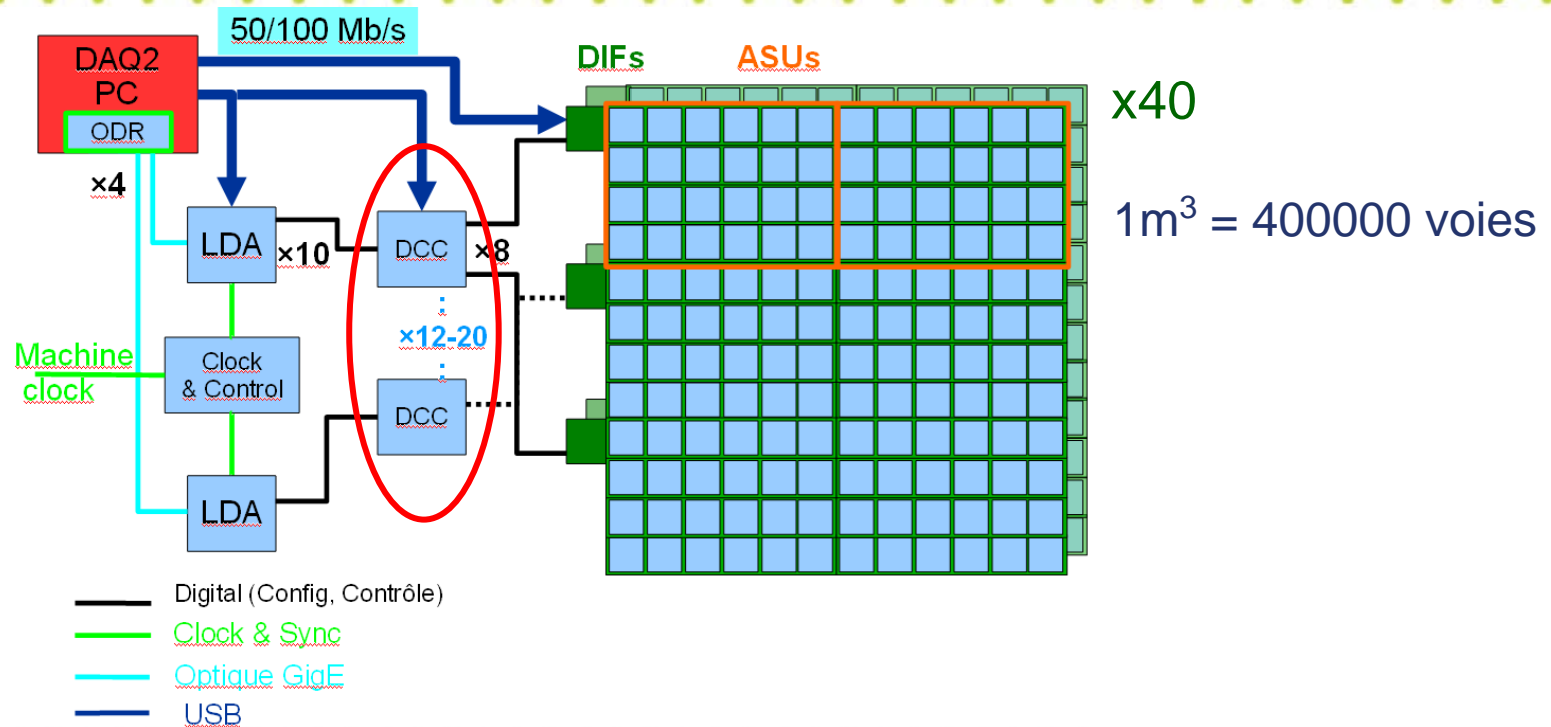
- DIF (LAPP : J.Prast, S.Cap)
 - Séparée des ASU pour plus de flexibilité
 - Jusqu'à 100 FE chips (HARDROC or DIRAC)
 - Interfaces avec :
 - La DAQ finale (via LDA, ...)
 - La DAQ-EUDET analogique de 1ère génération
 - Autres DIFs
 - PC par USB (debugage et tests labos)



- Firmware (LAPP : G. Vouters)
- Software *XDac* par USB (IPNL : C. Combaret)

Produites,
en cours de tests au LAPP

Quelle lecture?



- DAQ pour les tests en faisceau 2009-2010 (LLR : V. Boudry, R. Cornat, F. Gastaldi, A. Mathieu, S. Chollet)
 - Définition & intégration des modes de fonctionnement avec la DAQ-EUDET de 2nd génération (incluant des chips dotés de fonctions d'auto-trigger)
 - Étude & réalisation d'une carte de concentration de données intermédiaire (DCC Data Concentrator Card)

Démonstration de principe

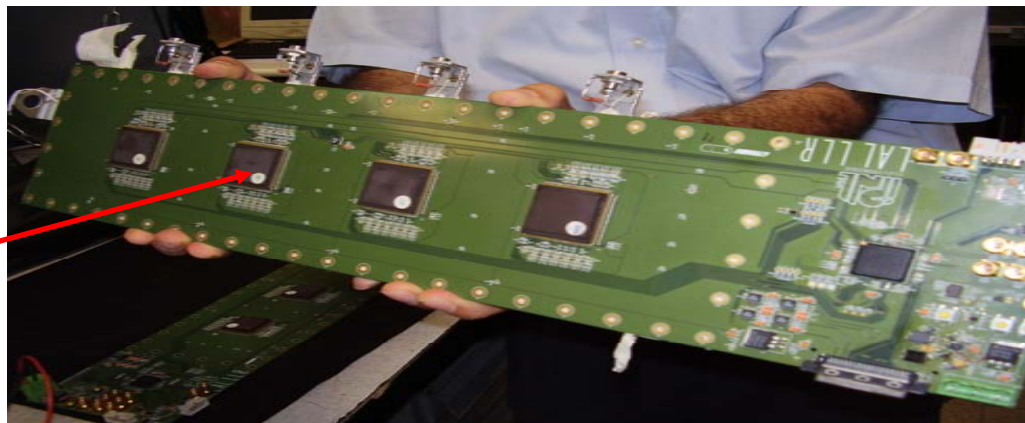
- DHCAL1 : PCB avec 4 HARDROC1 chaînés (LAL, LLR, IPNL)
 - Mode de déclenchement : trigger externe ou auto-trigger
 - Système d'acquisition : DAQ-EUDET, DAQ-IPNL (Labview)
 - Lecture semi-digitale (2 seuils) ou analogique

ASU



DIF

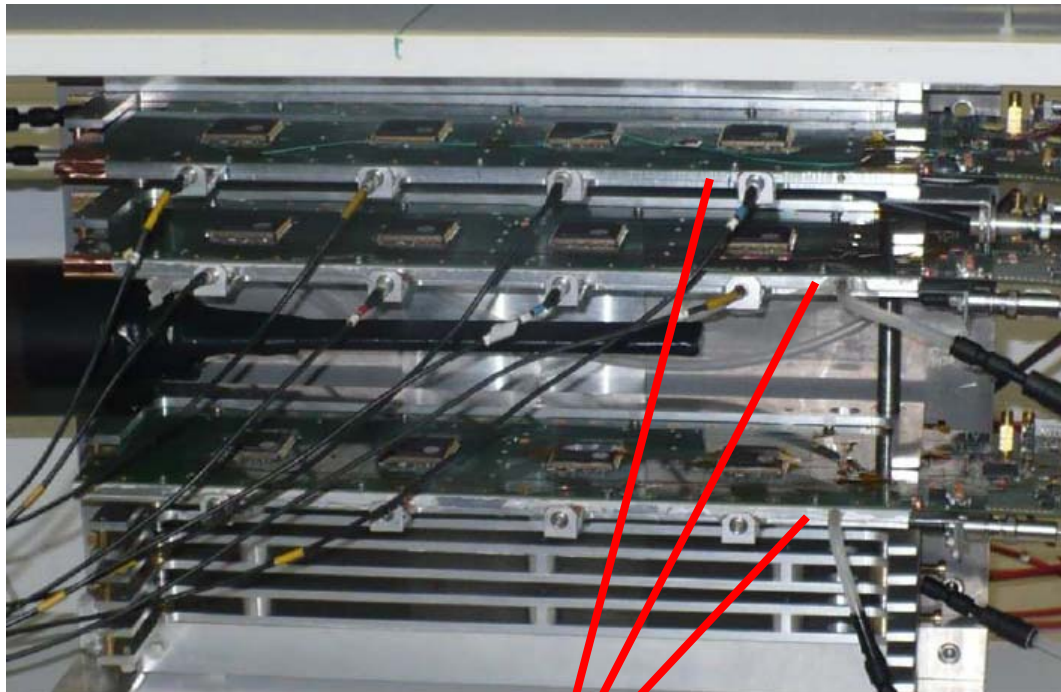
HARDROC1



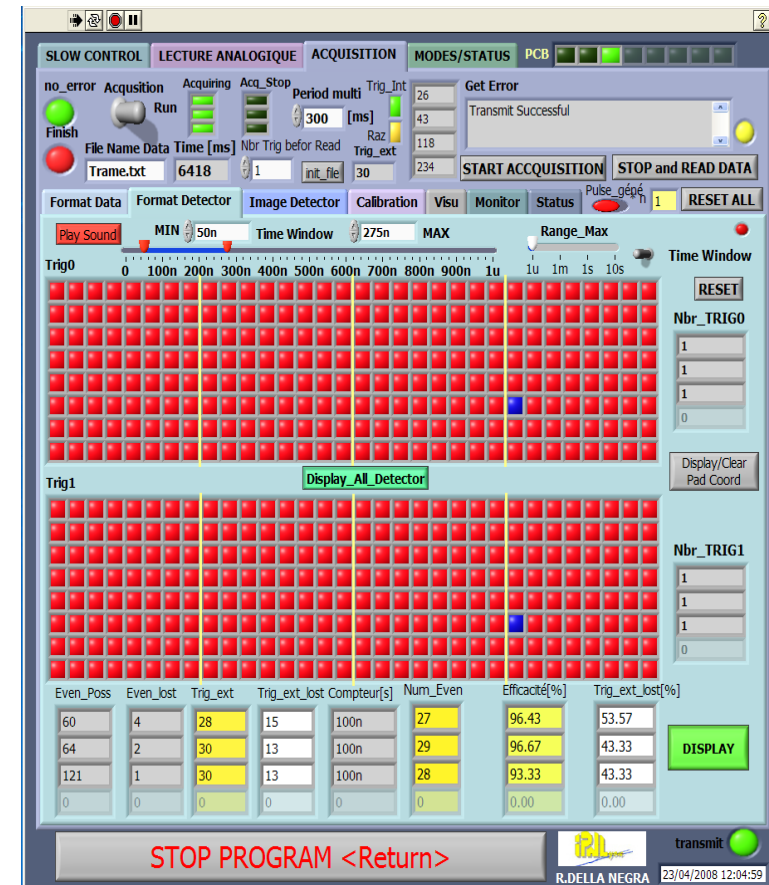
Démonstration de principe

- Détecteurs + chainage HARDROC + DAQ-IPNL

Banc Cosmique @ IPNL



GRPC

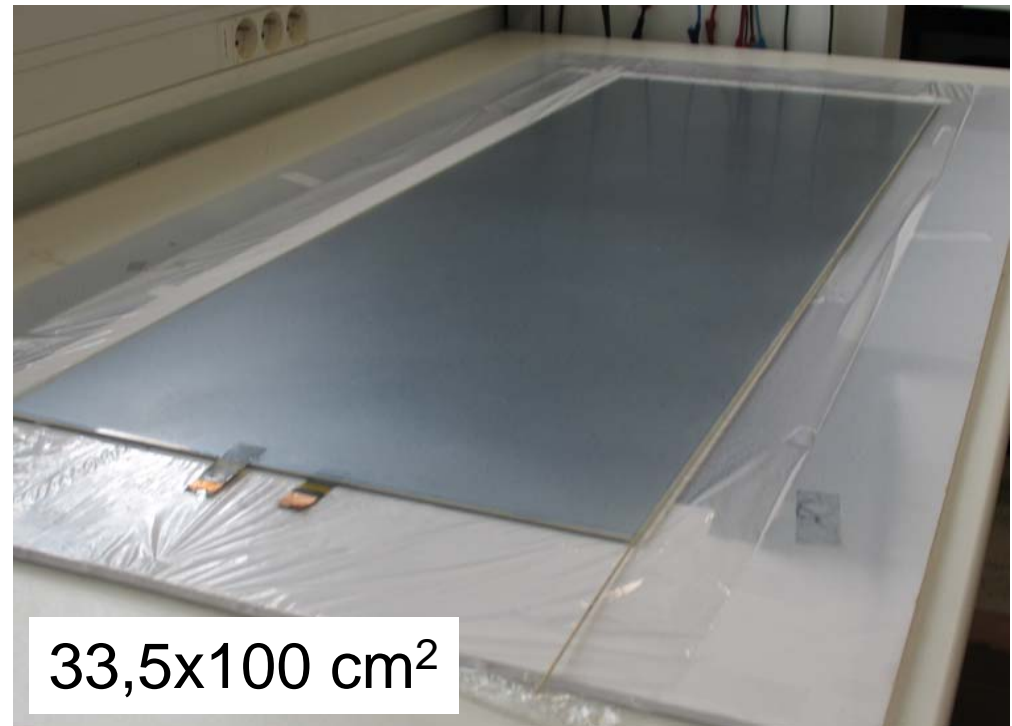
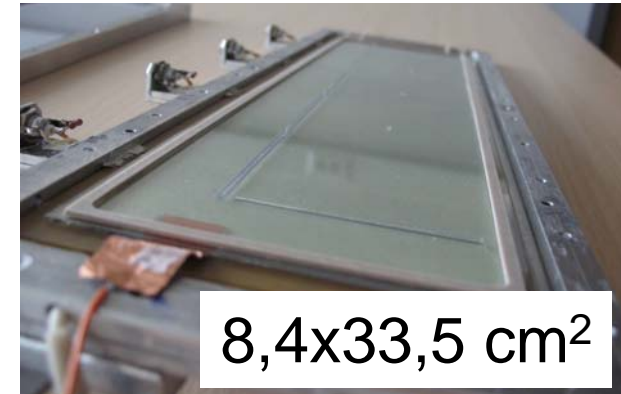


Validé avec GRPC !
⇒ Prêt pour TB 2008 (GRPC), études MicroMegs et m²

Prototypes RPC (IPNL)

Réalisées à l'IPNL

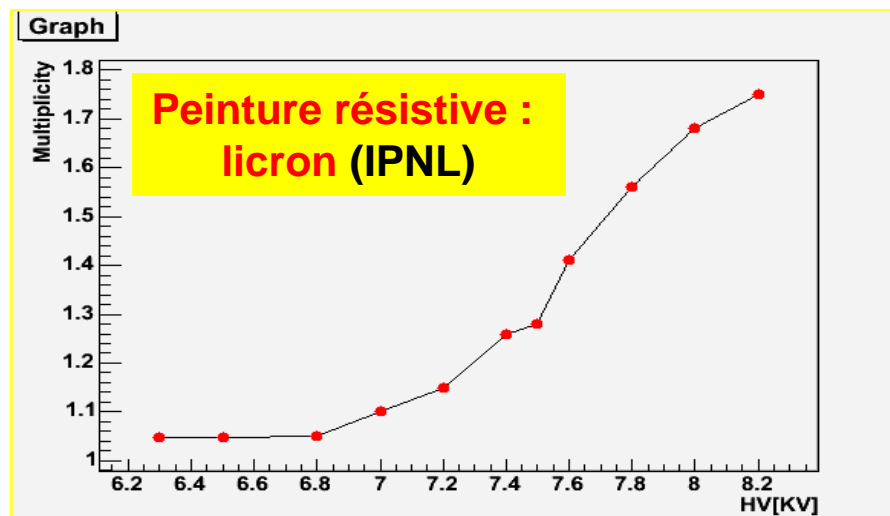
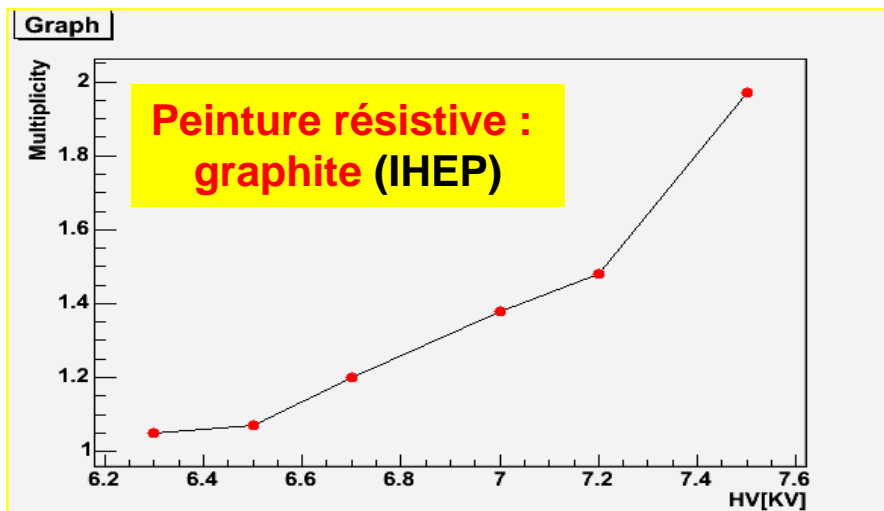
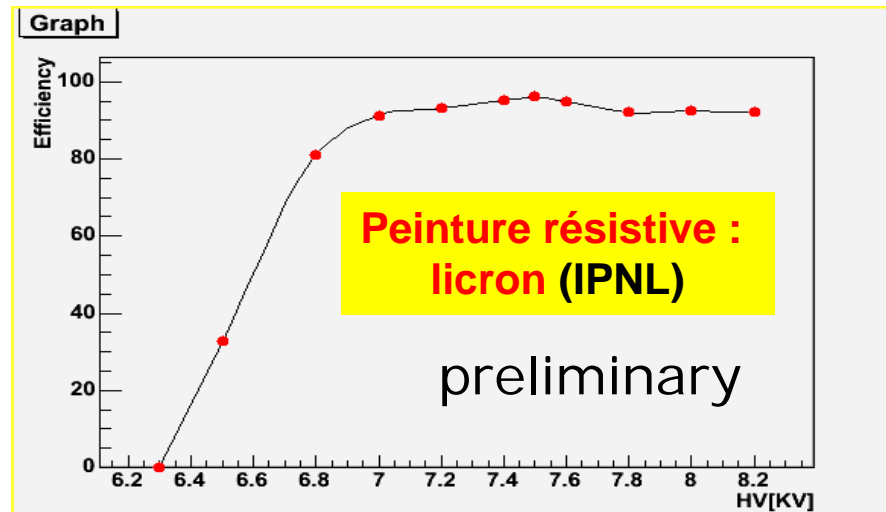
- 3 chambres : dimensions $8,4 \times 33,5 \text{ cm}^2$
 - Dimensionnées pour DHCAL1 (8x32 pads)
 - 1 'standard' + Licron
 - 1 'entrée capillaire' + Licron
 - 1 'entrée capillaire' + Statguard
- 1 chambre $33,5 \times 50 \text{ cm}^2$
 - 'standard', Licron
- 1 chambre $33,5 \times 100 \text{ cm}^2$
 - 'entrée capillaire', Licron



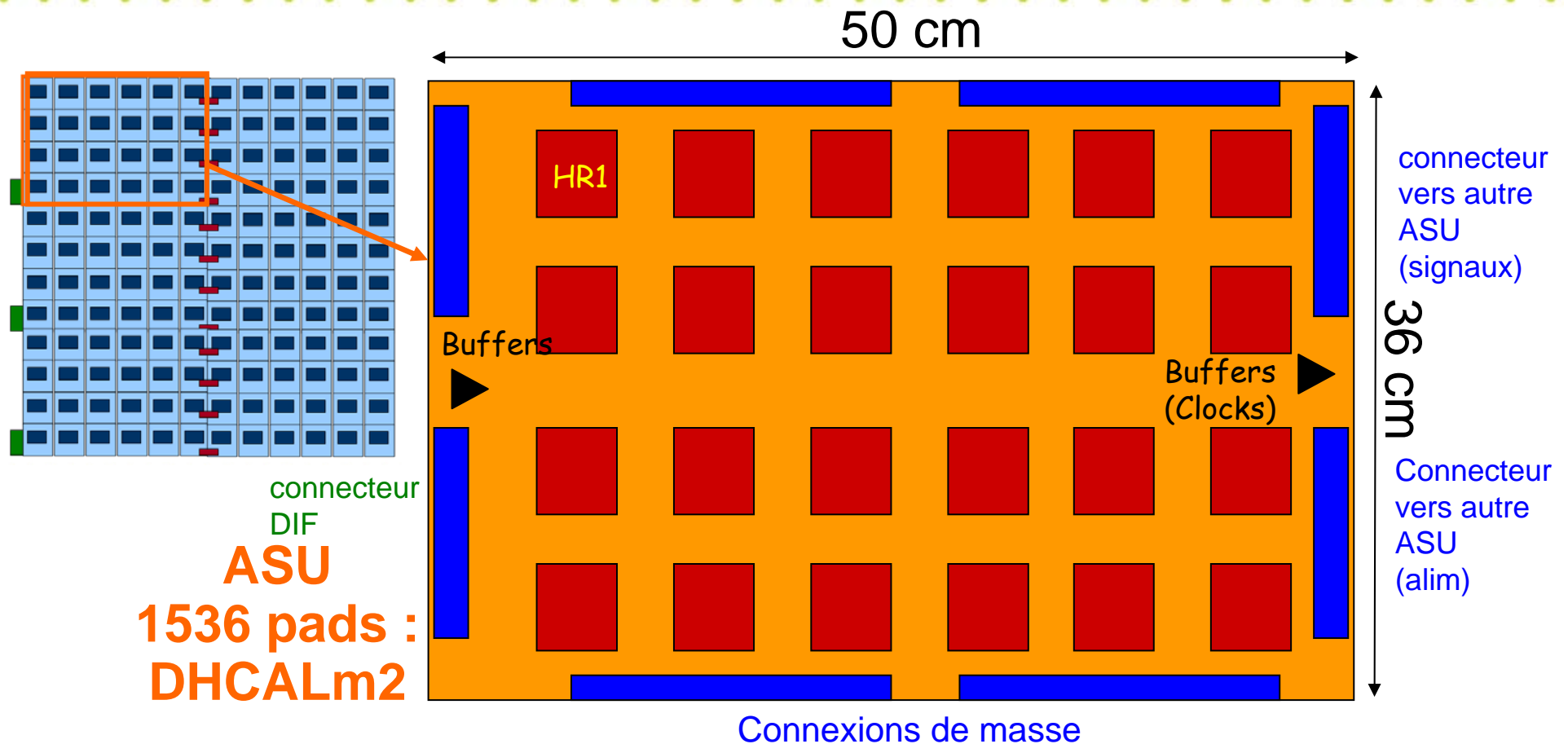
Résultats GRPC (IPNL)

- GRPC + DHCAL1 (8x32 pads)
- seuil ≈ 100 fC
- pas de correction de gain

TFE	93%
Isobutane	5%
SF6	2%



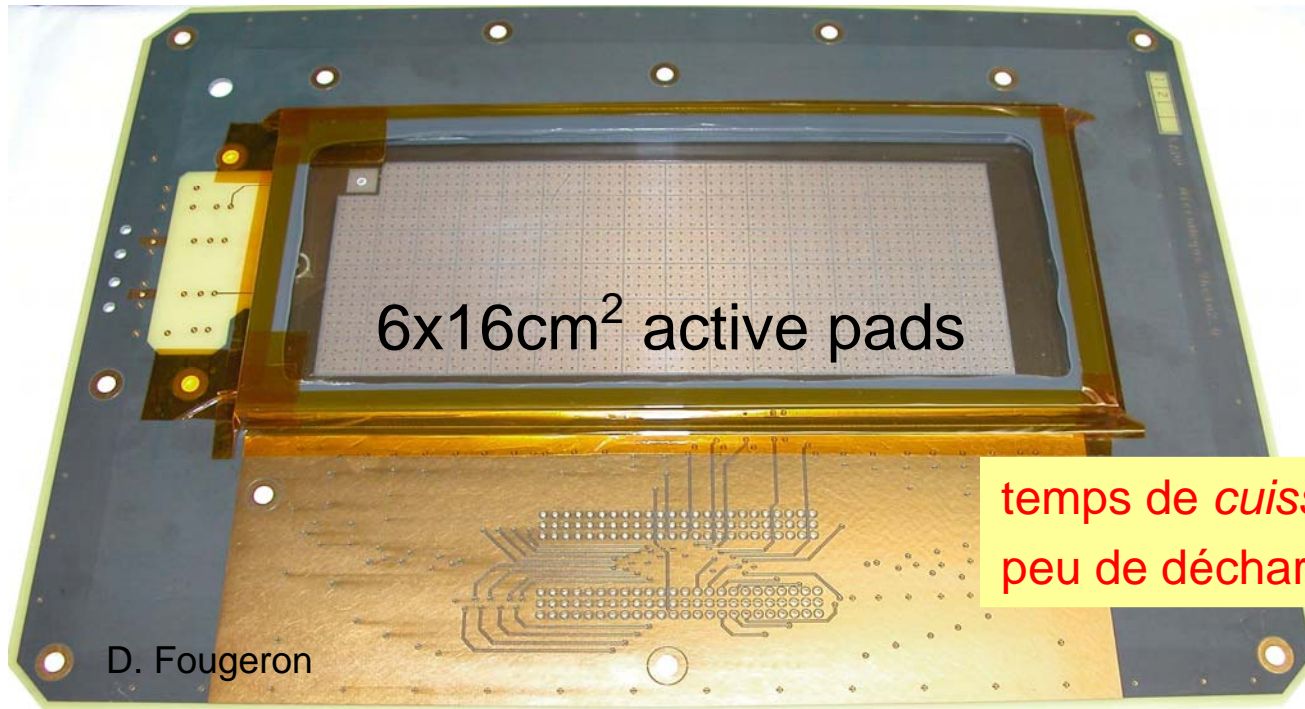
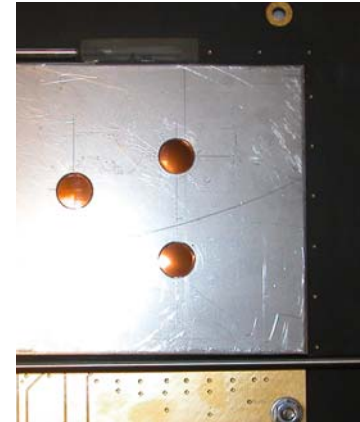
Vers le m² GRPC (IPNL)



- Une partie de l'absorbeur sera utilisée comme support pour les ASUs
⇒ bonne planéité
- PCB avec vias borgnes + vias enterrées
- Départ en production imminent

Prototypes MicroMegas (LAPP)

- Technologie BULK
- Routage minutieux du PCB (4 couches)
- Couvercle acier avec trous pour source X
- Cathode de drift : 5 μ m (cuivre)
- Assemblage en environnement propre

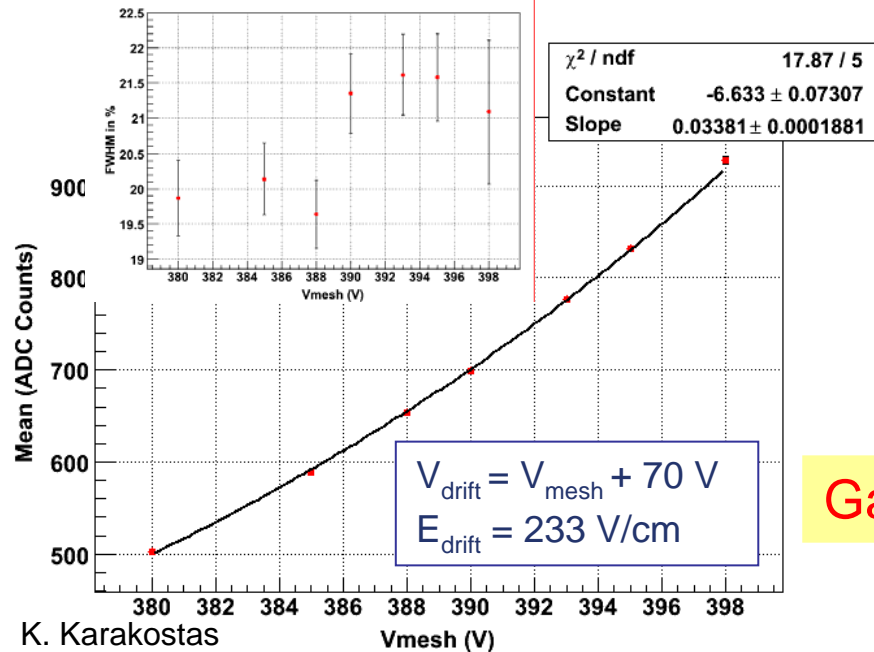


temps de *cuisson* réduit !
peu de décharges lors du fonctionnement

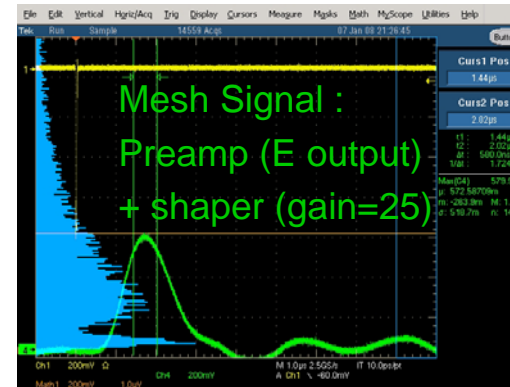
Prototypes MicroMegas (LAPP)

- MicroMegas avec lecture analogique \Rightarrow Caractérisation

– Source ^{55}Fe

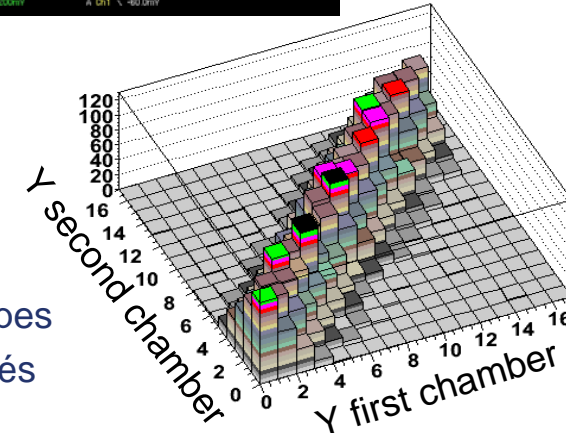


– Banc Cosmique



MIP $\approx 30 \text{ fC}$

Gain ≈ 7500



2 Prototypes superposés

Testé :

- Réponse versus V_{mesh}
- Réponse versus V_{drift}
- Dépendance au flux de gas
- Stabilité en temps (pression, température)
- Dépendance alims HT

Prêts pour :

- Disparité (pads, prototypes)
- X-talk
- Efficacité

Prototypes MicroMegas (LAPP)

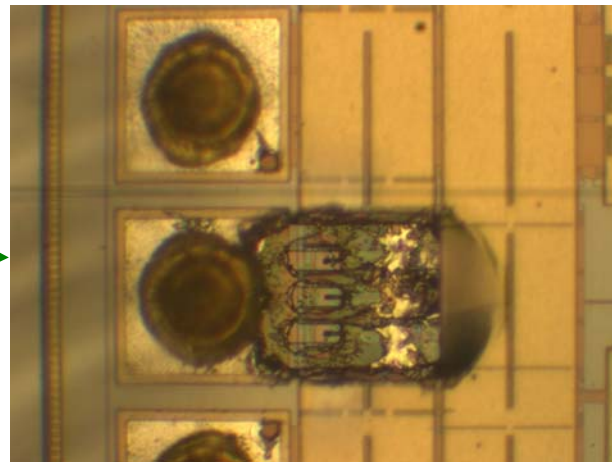
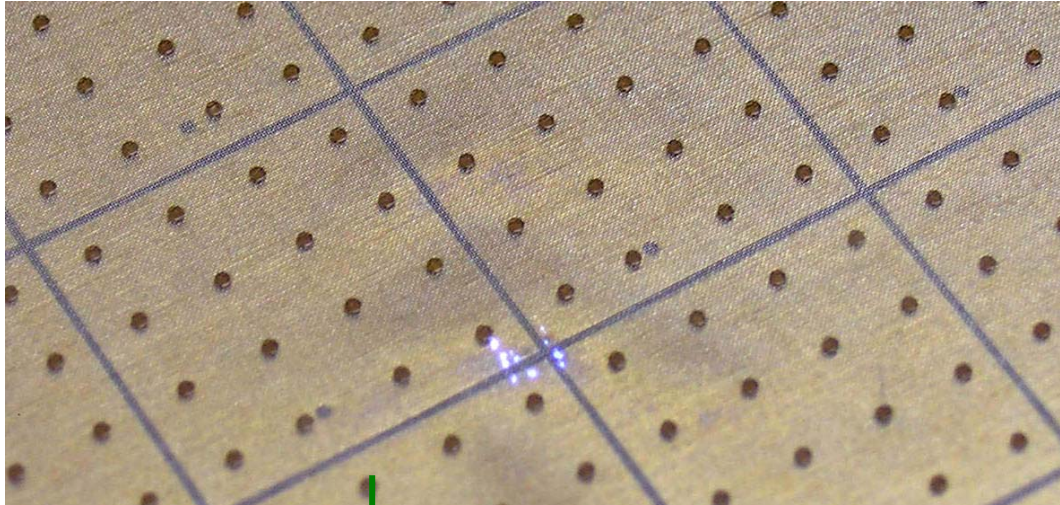
- Mars 2008 :
Premier bulk avec ASIC (HARDROC1) intégré au PCB !



Testé à l'IPNL (H. Mathez):
Alimentation ✓ Interface USB ✓ Slow control ✓

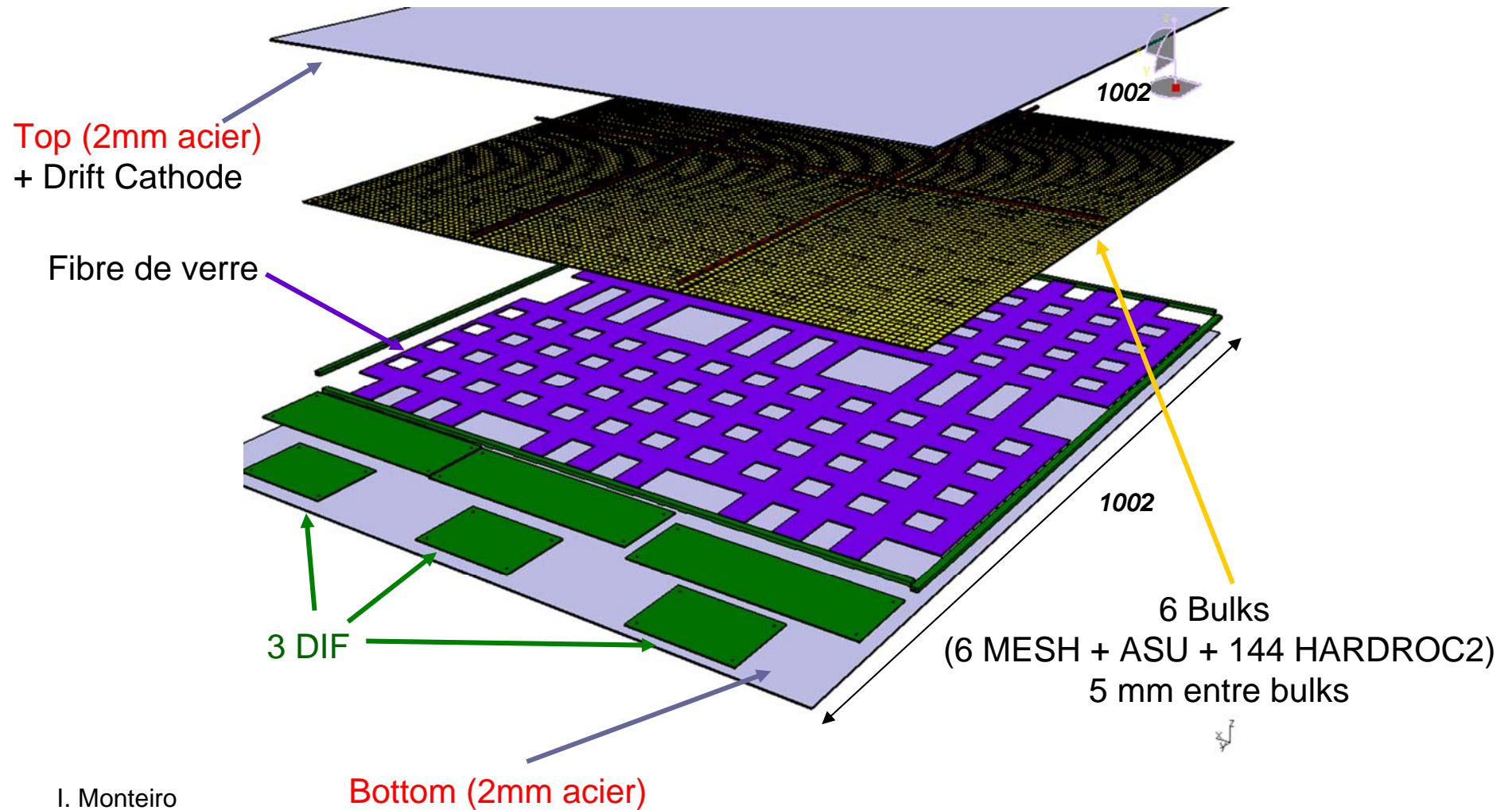
Problème des décharges

- ASIC soumis aux décharges



⇒ **Bonne** protection
est indispensable
(voir Gassiplex card)
Etudes avec l'IRFU

Vers le m² MicroMegas (LAPP)



I. Monteiro

Tests faisceau 2008

- Les mesures
 - MIPs :
 - Disparité entre pads et entre prototypes
 - X-talk
 - Efficacité, multiplicité (vs angle)
 - Gerbes hadroniques :
 - Comportement dans gerbes hadroniques
 - Reconstruction début de gerbe

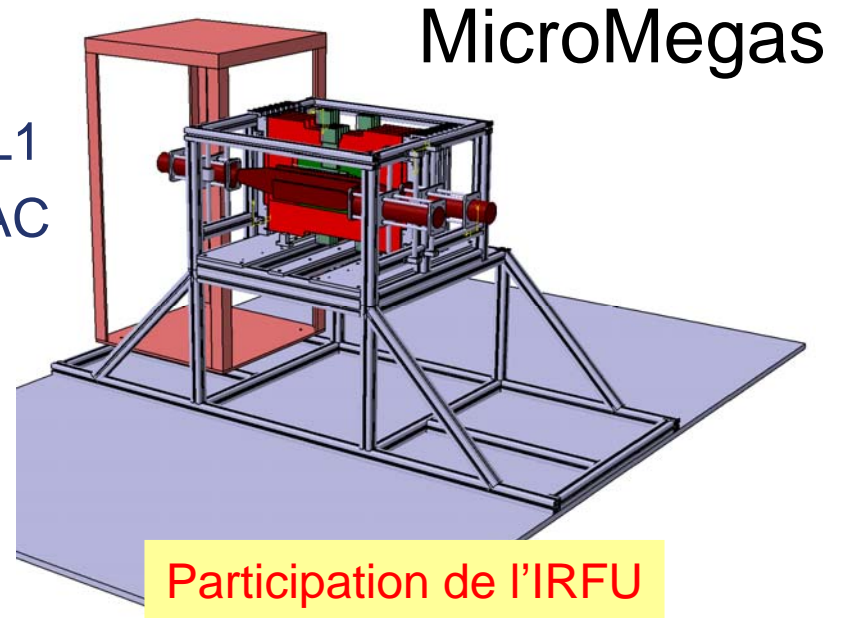
- 10-17 Juillet @ps-cern :
 - Mini Calo
 - 5-6 GRPC (8x32 cm²) avec HCAL1
 - Absorbeurs acier

RPC



Tests faisceau 2008

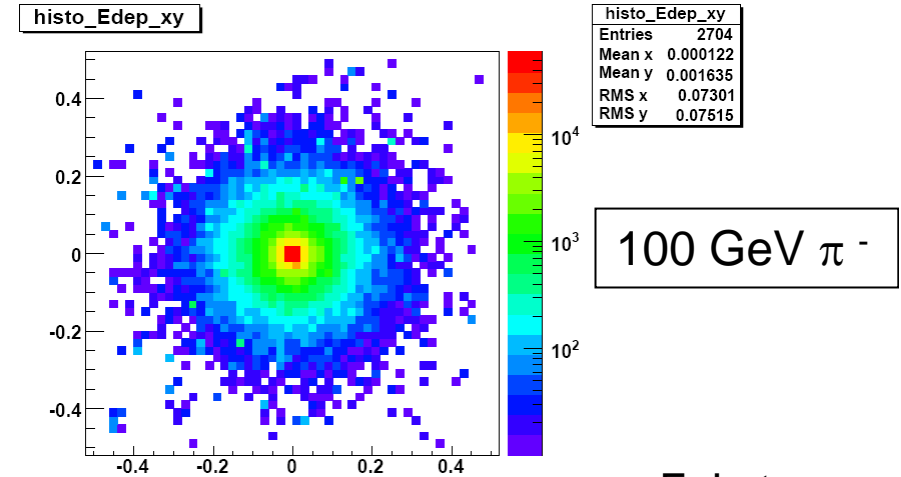
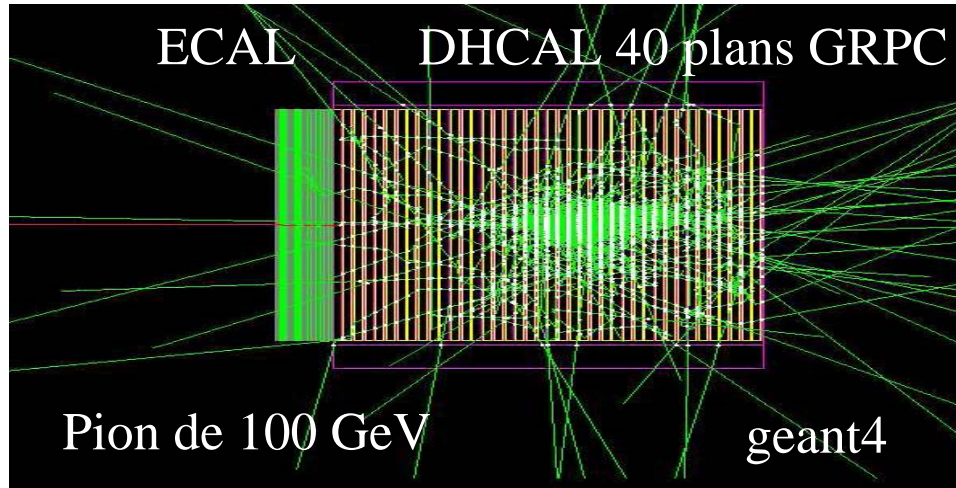
- 4-10 Août 2008 @sps-cern :
 - 1 GRPC (35x100 cm²) avec n DHCAL1
 - 1 GRPC (8x32 cm²) avec 4 ASU-DIRAC
 - Mini Calo avec lecture analogique
 - 3 MicroMegas-Gassiplex 6x16 cm²
 - 2 MicroMegas-Gassiplex 12x32 cm²
 - Absorbeurs acier



- 10-17 Novembre 2008 @ps-cern : **Lecture avec nouvelle DIF**
 - 3 GRPC (100x100cm²) (IPNL, IHEP, INFN-Bologna) avec DHCALm2
 - 1 GRPC (8x32cm²) et 2 MicroMegas (8x8cm²) avec ASU-DIRAC
 - Mini Calo avec lecture digitale
 - 4 MicroMegas (8x32cm²) avec DHCAL2
 - Absorbeurs acier

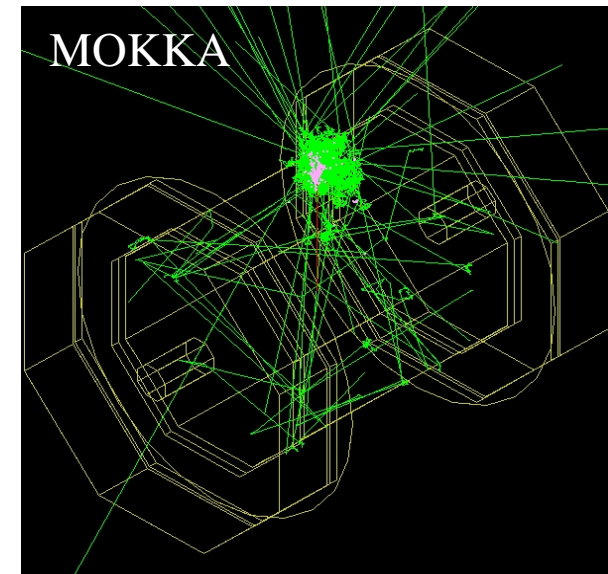
Simulations

- Optimiser la structure du prototype DHCAL (IPNL : E. Latour)



E. Latour

- Etudes en cours et futures (IPNL, LLR, LAPP)
 - Intégrer le DHCAL dans la structure des futurs détecteurs ILD et SiD
 - Optimisation des détecteurs en appliquant des algorithmes PFA



Conclusion et Planning

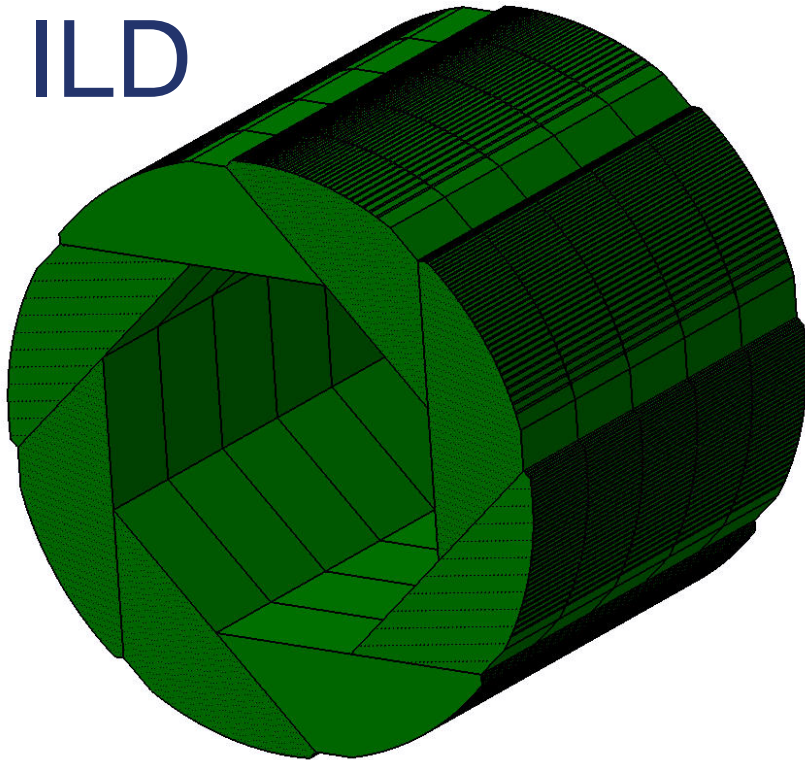
- Premiers résultats des détecteurs GRPC et MicroMegas prometteurs
- Principe d'une lecture *semi-digitale* validé avec la lecture de RPC par un chainage de 4 HARDROCs
- Le projet s'est largement étendu :
 - Améliorations des GRPC en collaboration avec l'IHEP et l'INFN
 - Améliorations des MicroMegas en collaboration avec l'IRFU
 - Le groupe de CIEMAT-Madrid a commencé à étudier la réalisation de la structure en absorbeurs du m³
 - Travail sur la DIF et première utilisation de la DAQ seconde génération en collaboration avec CALICE-UK
- Fin 2008 - début 2009 : construction des m² GRPC et MicroMegas
- Été 2009 : étude comparative et choix entre les deux détecteurs
- Automne 2009 : construction du m³
- 2010 : test faisceau du m³ (CERN, FERMILAB)

Backup slides

HCAL: Quelle structure?

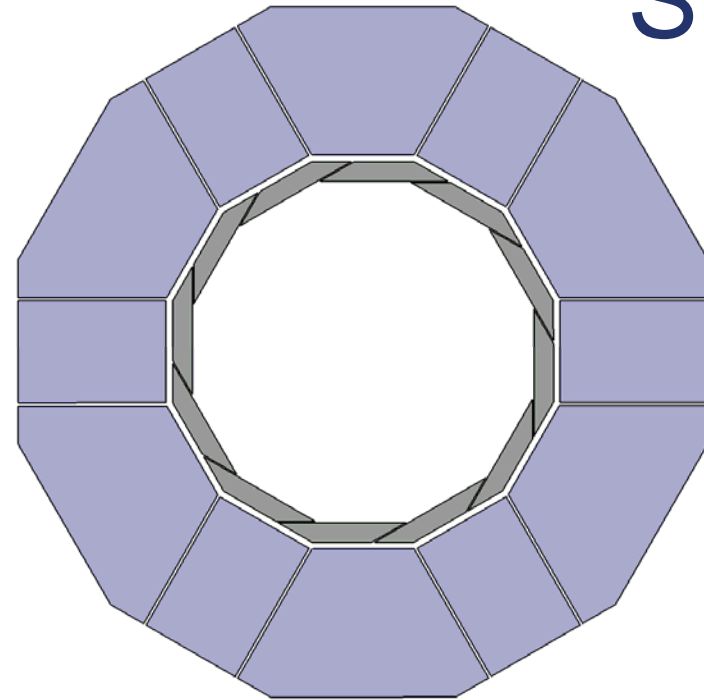
épaisseur typique : 5λ

ILD



LLR (H. Videau M. Anduze)

SiD



LAPP (N. Geffroy, C. Girard, Y. Karyotakis)

⇒ note SiD

MicroMegas Prototypes

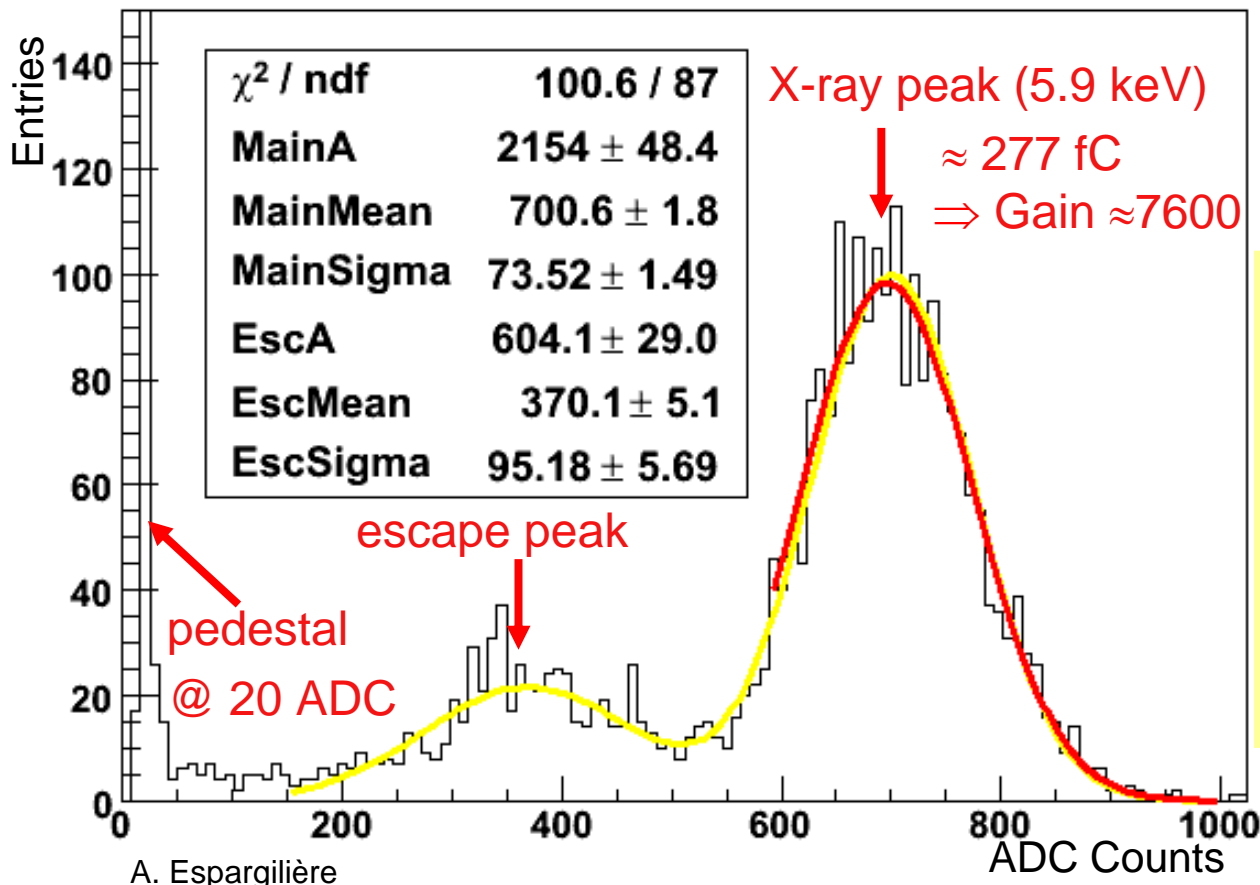
- PCB and bulk from CERN (*Rui de Oliveira*)
 - 325 LPI mesh
 - spacers : 120 μm height
300 μm diameter
 - pads : 0.98x0.98 cm^2 , 200 μm between pads
- The chamber
 - 95% Argon, 5% Isobutane
 - 3mm conversion volume
 - a top in Stainless Steel with a copper drift cathode
- The pad readout : **analog**
 - Gassiplex board : 6 gassiplex chips - 96 channels
Electronics card built for CAST by DAPNIA (P. Colas, P. Abbon)
 - VME sequencer and ADC from CAEN
 - CENTAURE acquisition (SUBATECH, Nantes, D.Roy)

X-ray Results

- ^{55}Fe source (5.9 keV \rightarrow 228e⁻ in drift volume)
- Trigger on mesh : preamp (T output) + fast ampli

all pads : 96 entries for each trigger

V_{mesh}	= 420 V
V_{drift}	= 470 V
E_{mesh}	= 35 kV/cm
E_{drift}	= 167 V/cm

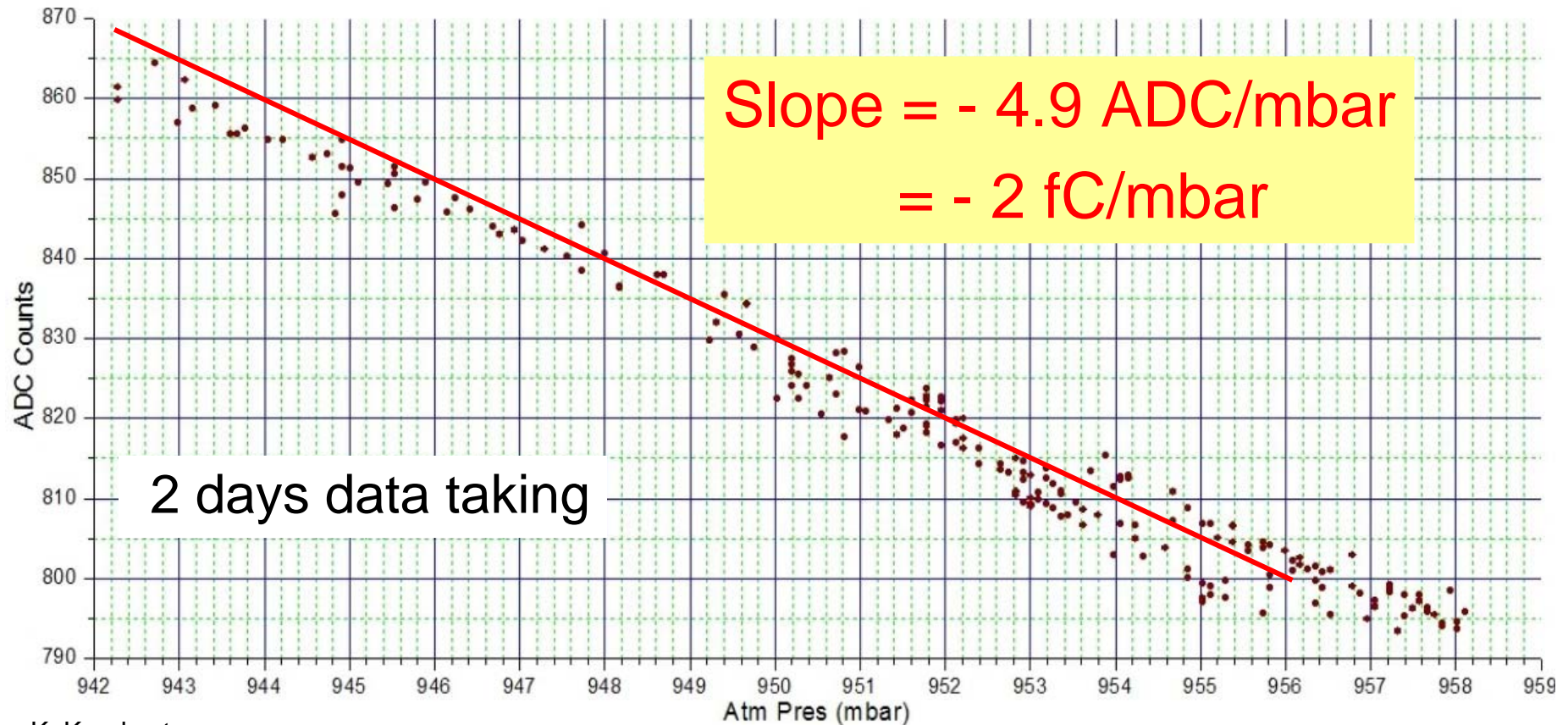


Already done :

- Response versus V_{mesh}
- Response versus V_{drift}
- Gas flow dependencies
- Time stability
- HV supply dependencies

X-ray Results

- Response versus pressure



K. Karakostas

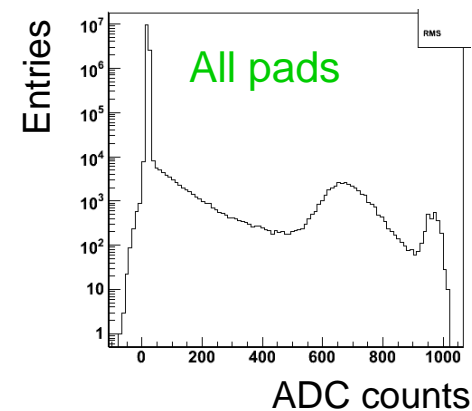
Gain ↘ when Atmospheric Pressure ↗

X-ray + Cosmics

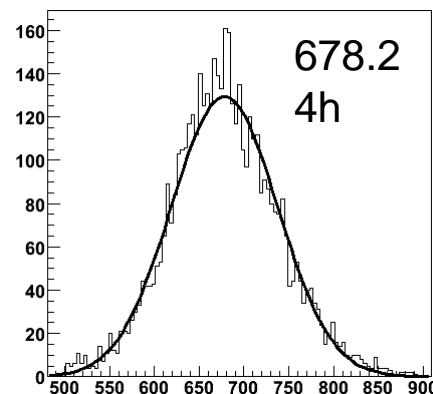
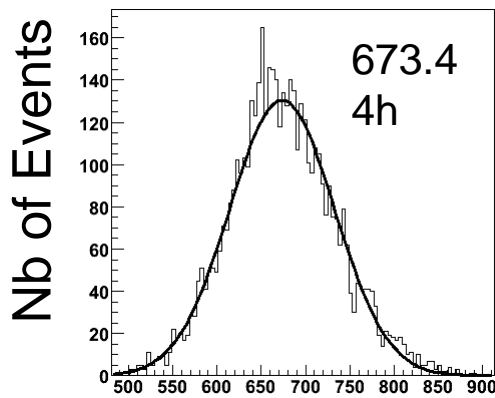
- ^{55}Fe source (5.9 keV \rightarrow 228e⁻ in drift volume)
on top of one pad **for gain monitoring**
- Trigger on mesh : preamp (T output) + fast ampli
or
Trigger on 3 scintillators coincidence

$$\begin{aligned}V_{\text{mesh}} &= 400 \text{ V} \\V_{\text{drift}} &= 450 \text{ V} \\E_{\text{mesh}} &= 33 \text{ kV/cm} \\E_{\text{drift}} &= 167 \text{ V/cm}\end{aligned}$$

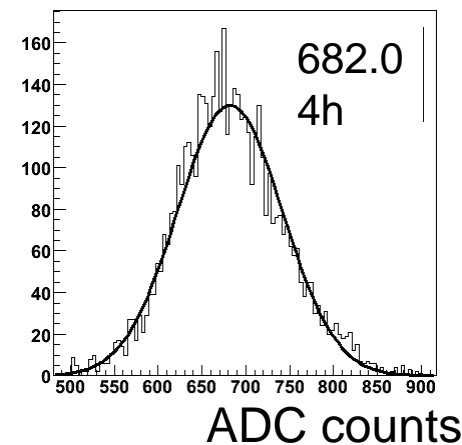
Example : 1 night data taking
2 chambers



Pad with source only:
P = 967mbar



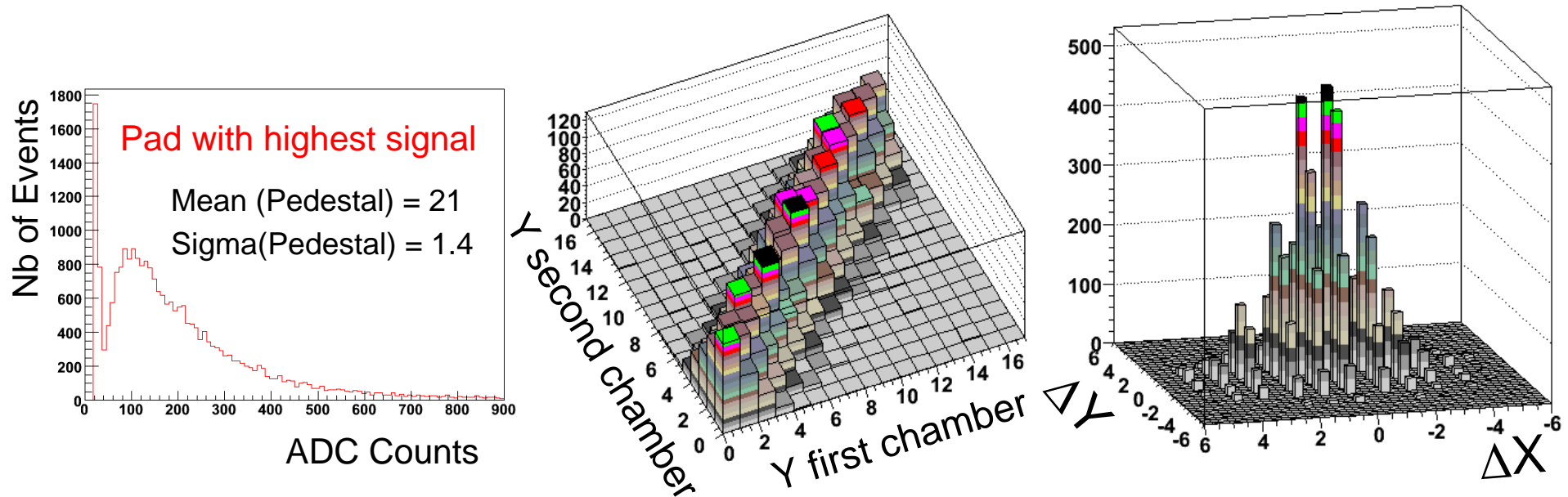
P = 965mbar



X-ray + Cosmics

- Pad with source cut out
- Muon selection : $\text{ADC}(\text{Pad with highest signal}) > 40$

Example : 1 night data taking
2 chambers (overlapped pads)



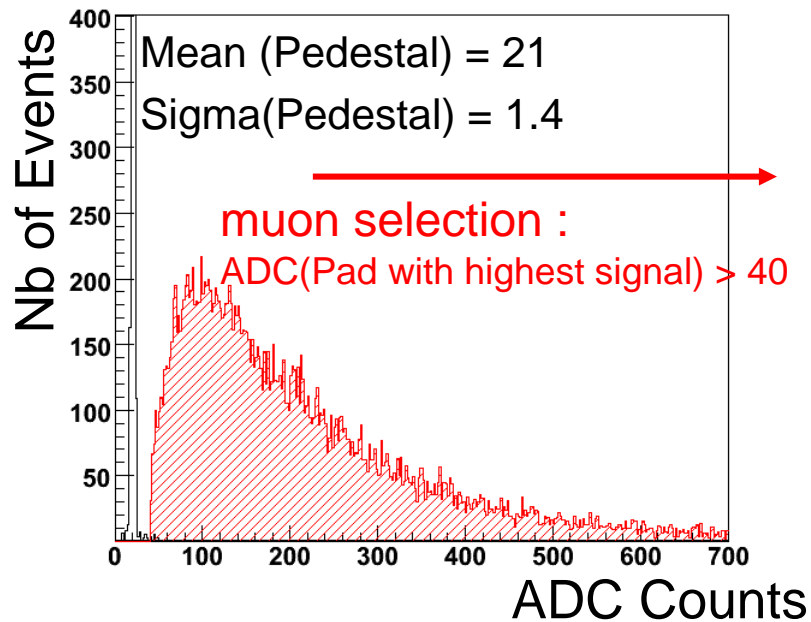
Ready for cosmics acquisitions for days with 4 prototypes!

- pad homogeneity
- X-talk studies
- prototypes disparity
- efficiency measurements

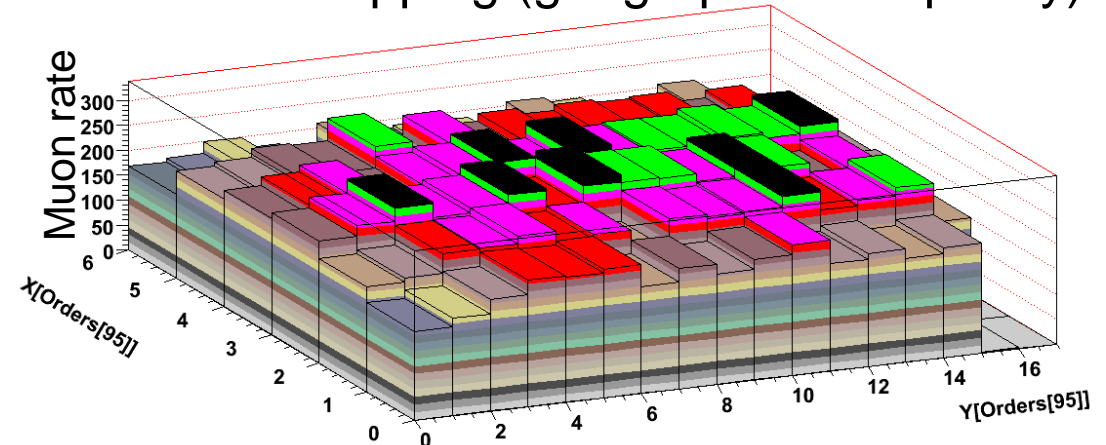
Cosmics

- Muon in 3mm drift volume = $29e^-$
- Gassiplex Readout :

$$\begin{aligned}V_{\text{mesh}} &= 410 \text{ V} \\V_{\text{drift}} &= 470 \text{ V} \\E_{\text{mesh}} &= 34 \text{ kV/cm} \\E_{\text{drift}} &= 167 \text{ V/cm}\end{aligned}$$



Chamber mapping (geographic occupancy)



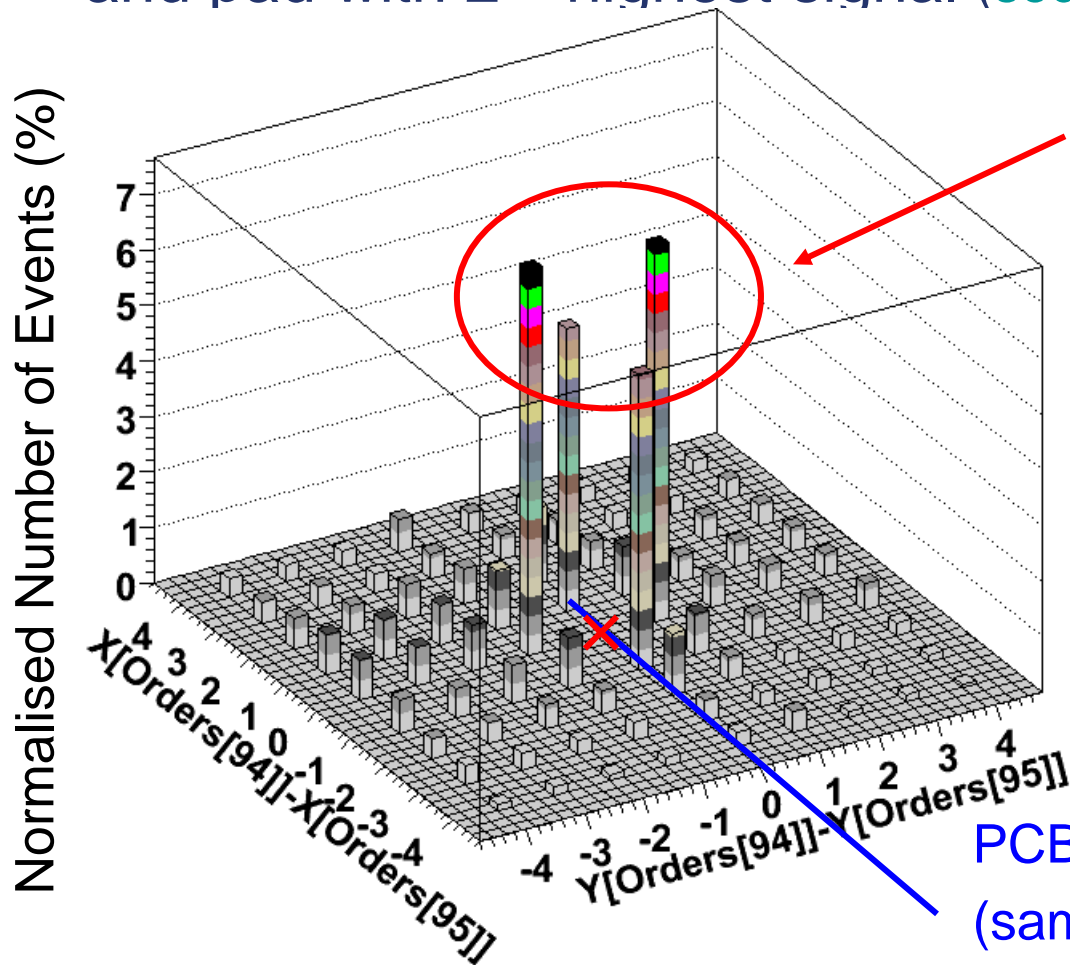
reflects scintillators geometry

$$\text{Charge} \approx 80(1500\text{mV})/1024/3.6(\text{mV/fC}) = 32 \text{ fC}$$

$$\text{Gain} \approx 6900$$

Cosmics

- After muon selection :
distance between pad with highest signal (**muon pad**)
and pad with 2nd highest signal (**second pad**)



20% of the events with a muon
have the second highest signal
close to the muon pad

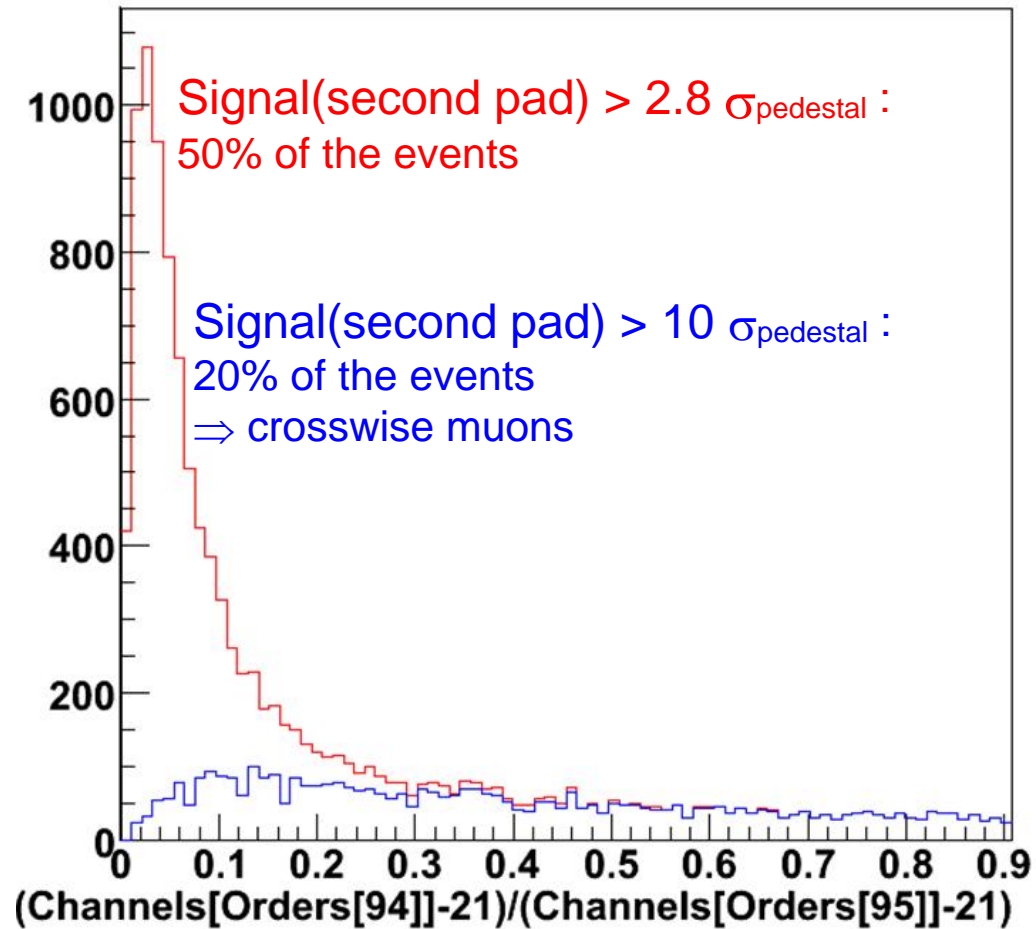


Dominant Crosstalk?

PCB routing along X
(same Y than muon pad)

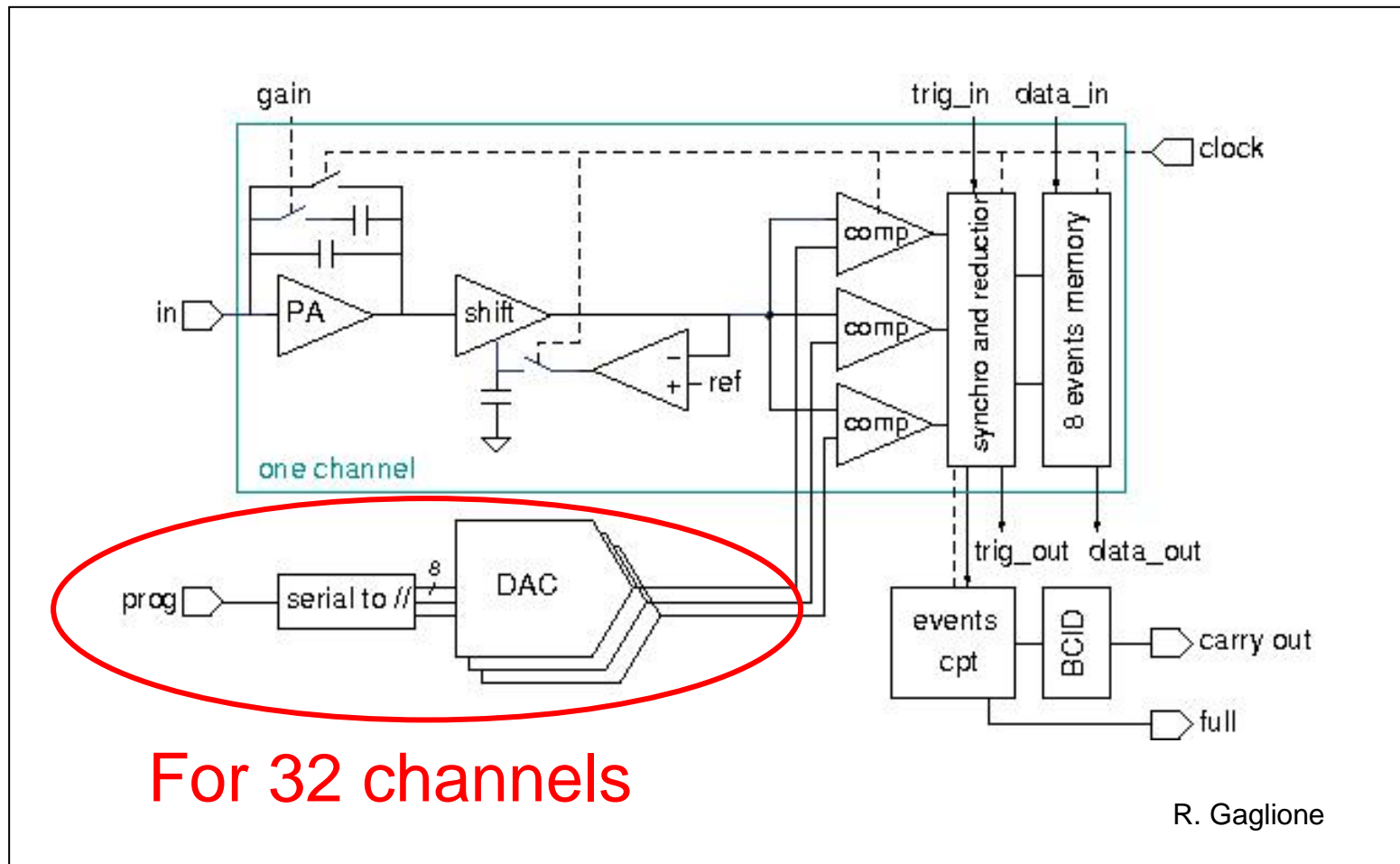
Cosmics

- Signal(second pad) / Signal(muon pad)



New ASIC from IPNL

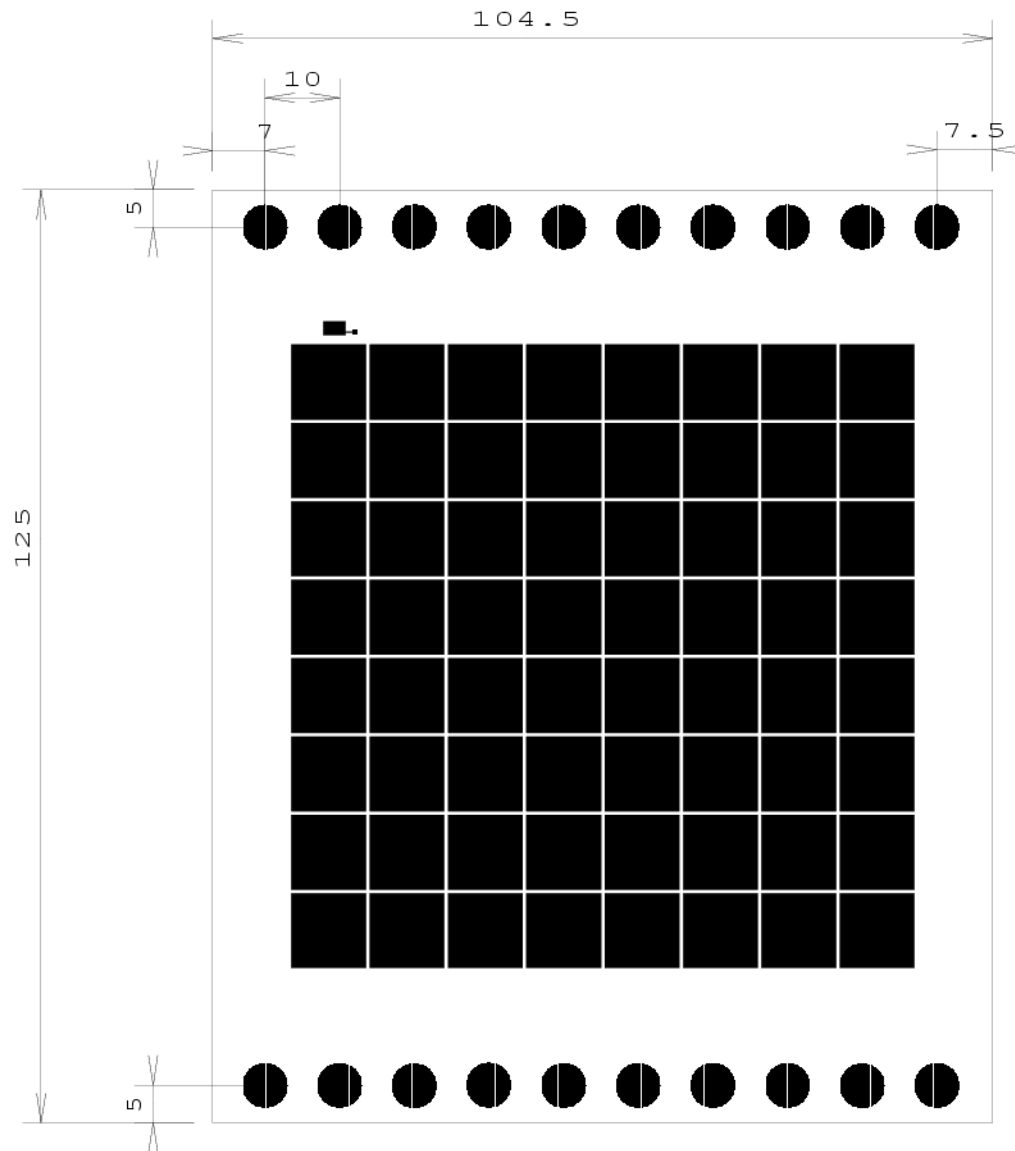
- Schematic



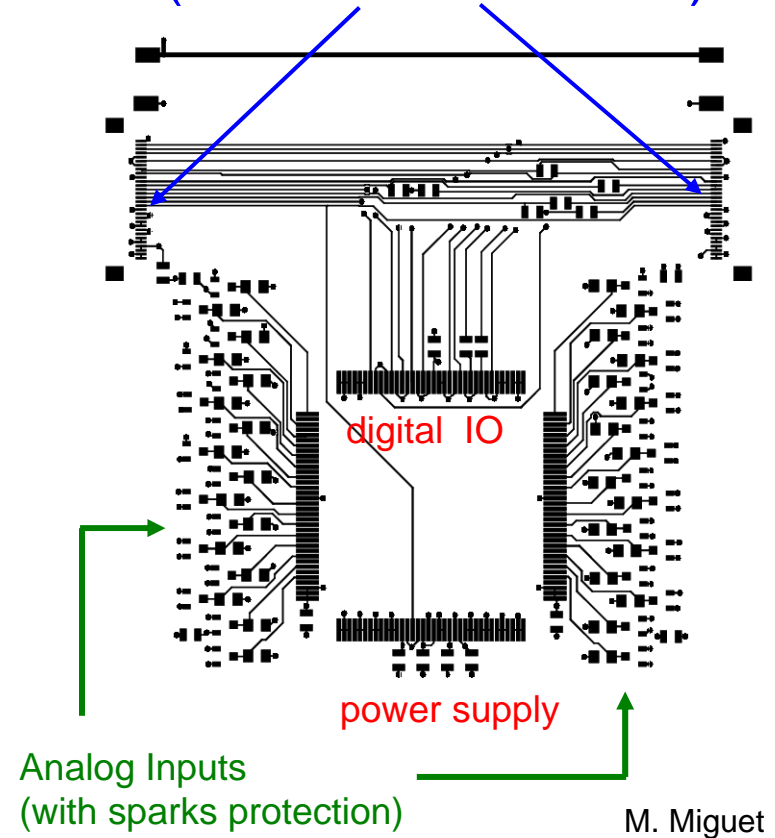
For 32 channels

R. Gaglione

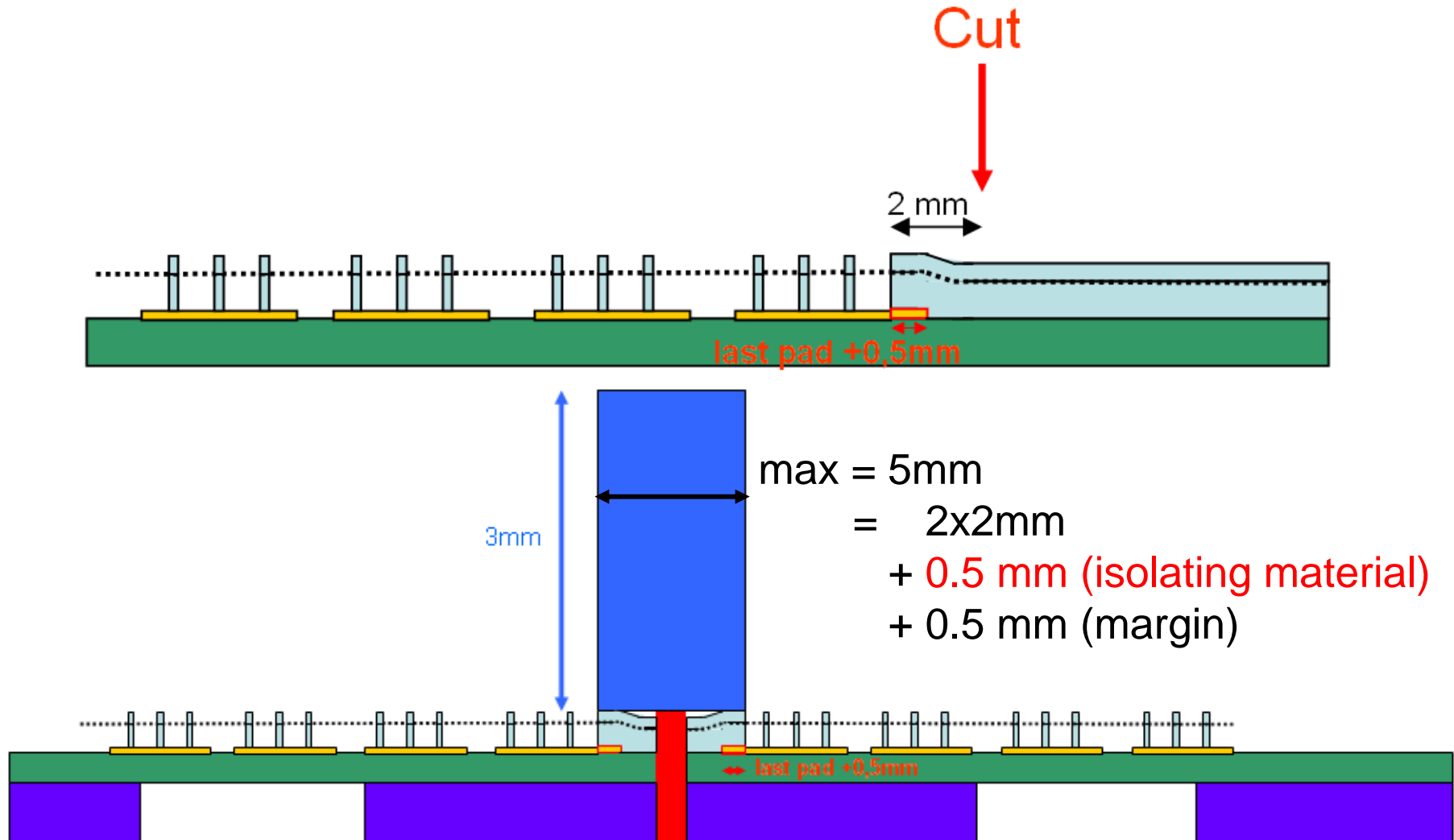
ASU with IPNL ASIC



- 6 layers PCB
- Daisy chain In/Out (hirose connectors)

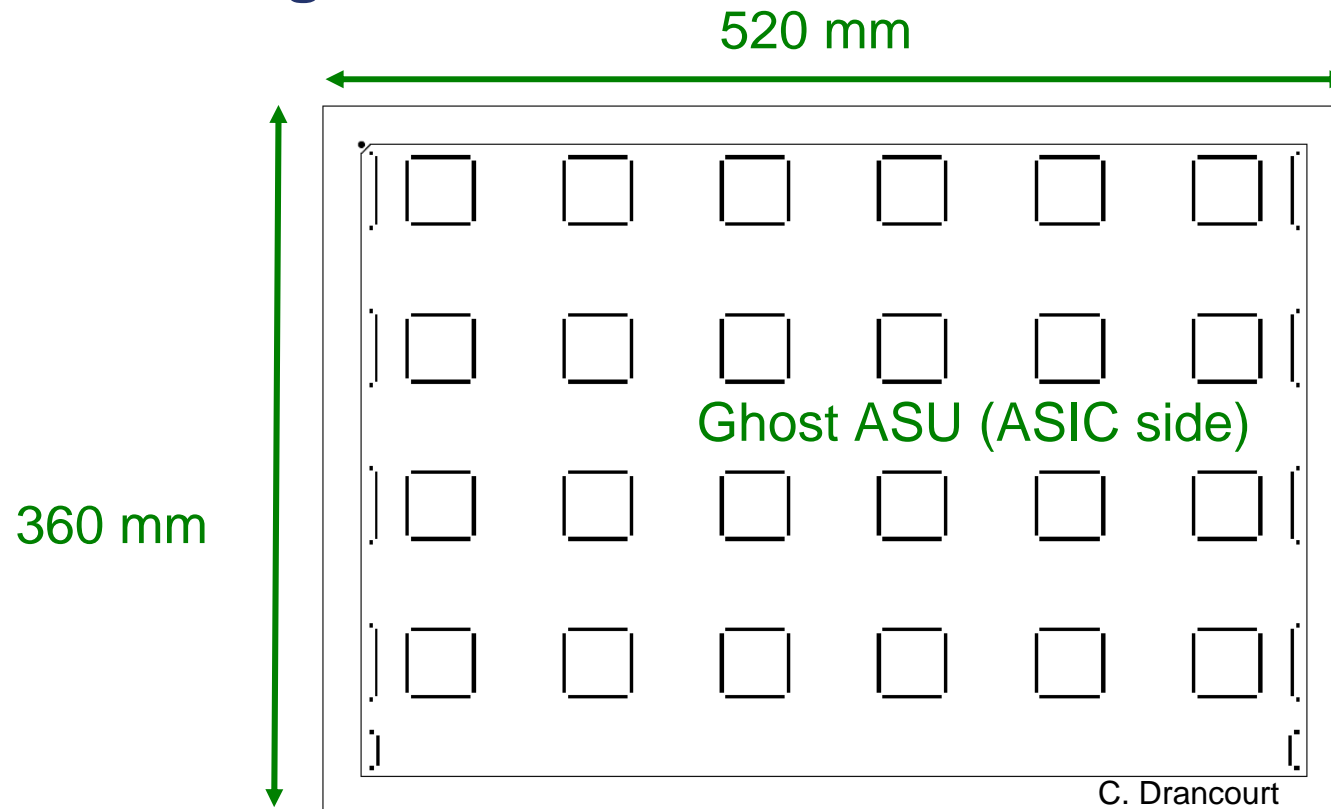


ASU Assembly



Mechanics Prototype

- 1m² prototype :
 - **assembly tests with ghost ASU**
 - **Gastight tests**



Mechanics Prototype

