



IN2P3

Institut national de **physique nucléaire**
et de **physique des particules**

Réseau Instrumentation IN2P3

Détecteurs gazeux

Jean Peyré

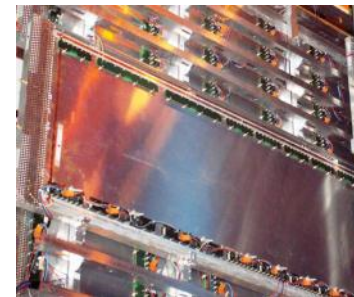
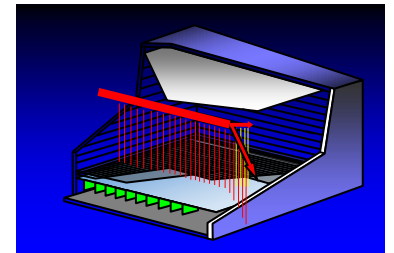
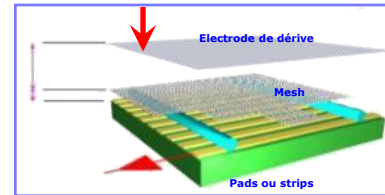
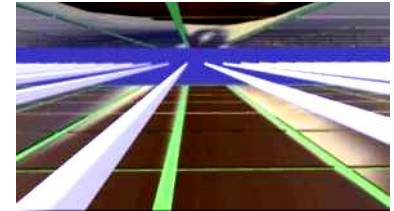
IPNO

pour le groupe " détecteurs gazeux"

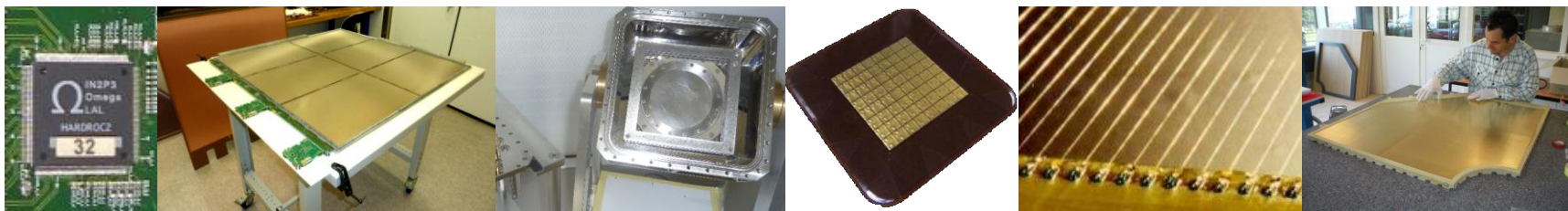
Novembre 2013

Les détecteurs gazeux à l'IN2P3

- "Multi Wire Proportional Chambers" (MWPC)
 - "Micro-Pattern Gaseous Detectors" (MPGD)
 - Micromégas
 - Gem
 - Chambre d'ionisation
 - TPC (chambre ionisation + MPGD ou MWPC)
 - Chambre à dérive
 - Détecteurs à plaque parallèle
 - "Resistive Plate Chamber" (RPC)
 - Moniteur de faisceaux
- Tous ces détecteurs ont en commun:
utilisation de **Gaz** et de **Haute tension**.



Quelques chiffres



Les laboratoires qui en utilisent

Laboratoire	Correspondant	Activités	FTE
CENBG Bordeaux	Jérôme Giovinazzo Jean-Louis Pedroza*	-TPC + GEM ou Micromégas -Electronique GET	2
GANIL Caen	Julien Pancin	-détecteurs basse pression avec MWPC ou MPGD -Cibles Actives (ACTAR- MAYA) -profileurs de faisceaux	4
IPN Lyon	Imad Laktineh	-GRPC pour HCAL, TUMOVOL -High rate GRPC	9
IPN Orsay	Thomas Zerguerras	-MWPC, MPGD (Micromégas), Plaque parallèle, TPC ACTAR.	5,5
LAL Orsay	Sergey Barsuk	-test de détecteurs Micromégas, utilisation MRPC	2
LAPP Annecy	Max Chefdeville	-Micromégas pour HCAL	4,8

*électronique

Les laboratoires qui en utilisent

Laboratoire	Correspondant	Activités	FTE
LLR Palaiseau	Denis Bernard	-TPC + bulkmicromégas -GEM	3,2
LPC Caen	Grégory Lehaut	-Chambre d'ionisation -triple GEM ^3He -moniteur de faisceaux	4,5
LPC Clermont	Pascal Dupieux	-RPC, GRPC, xgap GRPC	5
LPSC Grenoble	Olivier Guillaudin	-TPC basse pression + Micromégas -Profileur de faisceau en Radiothérapie	9
SUBATECH Nantes	Dominique Thers	-Micromégas, TPC Xénon liquide	5

11 laboratoires recensés

Manpower IN2P3 pour les détecteurs gazeux en **2013 : ~54 FTE**
(2012: ~56 FTE)

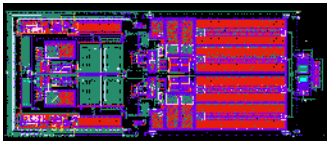
Pour mémoire : résultat de l'enquête portant sur l'année 2010 pour les prospectives
IN2P3 (2012) en détecteurs Gazeux: ~58 FTE (**IRFU: ~ 40 FTE**)

Les liens existants via les projets

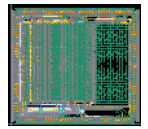
Projets	Laboratoires
Electronique GET pour TPC	CENBG – IRFU – GANIL
TPC ACTAR	CENBG (+CERN*) – IPNO – GANIL
PHIL@LAL + Micromégas/InGrid	LAL – IRFU**
Low pressure gaseous detectors for beam tracking	GANIL - IRFU
MicroTPC MIMAC	LPSC – IRFU**
RD51 (CERN) Development of Micro-Pattern Gas Detectors Technologies	IPNO – SUBATECH – LAPP – IRFU – IPNL – LLR – LPSC
CALICE-SDHCAL-ILC	IPNL-LAPP-LLR-OMEGA
TUMOVOL	IPNL- LPC Cfd -LAPP(électronique)
MADIRAN	LPC Cfd - IPNL - OMEGA
HARPO - Micromégas Bulk - GEM	LLR - IRFU** LLR - CERN*

*PCB work shop CERN (R. de Oliveira)

** technologie Micromégas IRFU



Les "ASIC" de ces détecteurs



Laboratoires	ASIC développé	ASIC utilisé
CENBG Bordeaux		AGET** (IRFU) -TPC
GANIL Caen		AGET** (IRFU) -TPC
IPN Lyon	HR1, HR2 & HR3*** (avec Omega)	HR2
Pole Omega		
LAPP Annecy	MICROROC (Omega)	
LPC Clermont	FEERIC* pour RPC ALICE-muon	HARDROC (Omega) pour TUMOVOL
LPSC Grenoble	ASIC pour MicroTPC MIMAC	
SUBATECH Nantes	IdeF-XLXe	

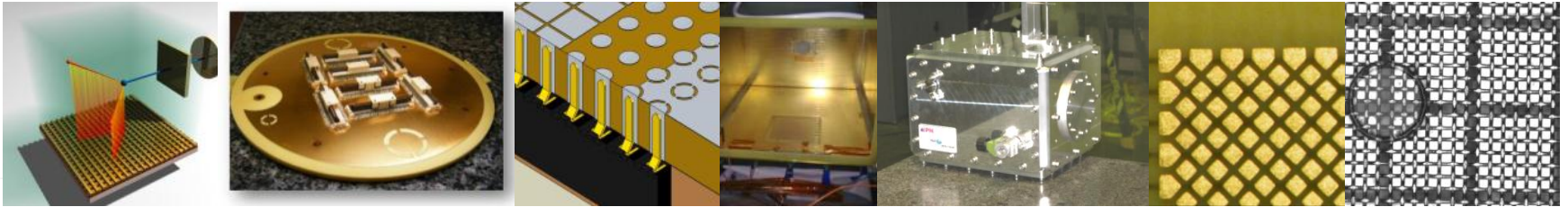
*(Front-End Electronics Rapid Integrated Circuit)

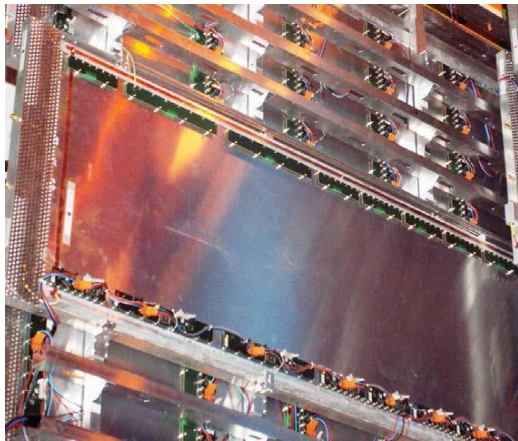
** ASIC IRFU sur carte AsAD (CENBG) et "déclenché" par carte MUTANT (GANIL)

*** HARDROC

Activités des laboratoires au travers du réseau des détecteurs gazeux et du thème de la journée "détecteurs gazeux" 2013:

Retour d'expérience sur la construction/tests de détecteurs gazeux



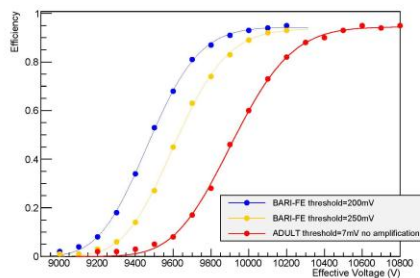


Modification du mode de fonctionnement des RPC du bras dimuon d'Allice: passage du mode "streamer" (maxi avalanche) au mode avalanche

But: Limiter le vieillissement des détecteurs RPC dans les conditions de fonctionnement du LHC après 2018, à plus haute luminosité (x 5-10, => jusqu'à 100 Hz/cm² sur les RPCs)

Conséquences: Diminution de la HT et modification de l'électronique "very front-end" (ajout étage amplification - sans avant)

Tests préliminaires avec l'ASIC des RPCs de CMS pour validation du principe



Cartes FE prototypes équipées de l'ASIC des RPCs de CMS sur banc de test RPC (Turin)

Design d'un ASIC (pôle MICRHAU) => FEERIC

Caractéristiques et performances

- ✓ Technologie AMS 0.35µm CMOS
- ✓ 8 voies/ASIC
- ✓ Gamme dynamique $q=20$ fC – 5 pC
- ✓ Bruit < 2 fC
- ✓ Consommation < 70 mW/voie sous 3V
- ✓ Amplificateur transimpédance
- ✓ Discriminateur Zero-Crossing
- ✓ Résolution temporelle ~ 100 ps ($q > 100$ fC)
- ✓ Signaux d'entrée bipolaires
- ✓ Signaux de sortie au format LVDS



Chambres GRPC (électrodes en verre, mono-gap) de CALICE

- Mélange gazeux: 93% C₂H₂F₄ (forane), 5% i-C₄H₁₀, 2% SF₆
- Verre d'épaisseur 1.1 mm, gap de gaz de 1.2 mm
- Mode avalanche
- Pads de lecture de 1cmx1cm
- VFE: HARDROC2

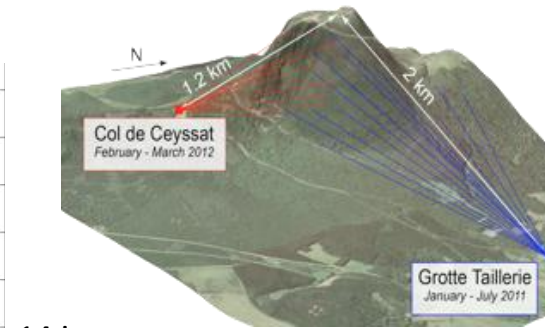
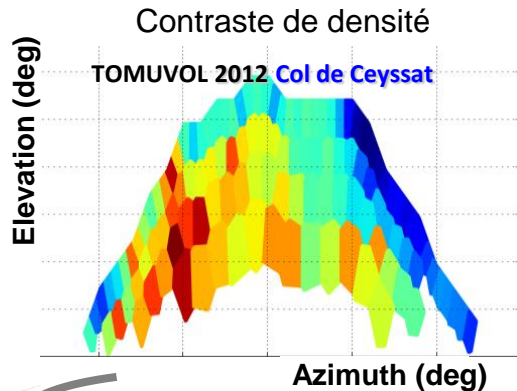
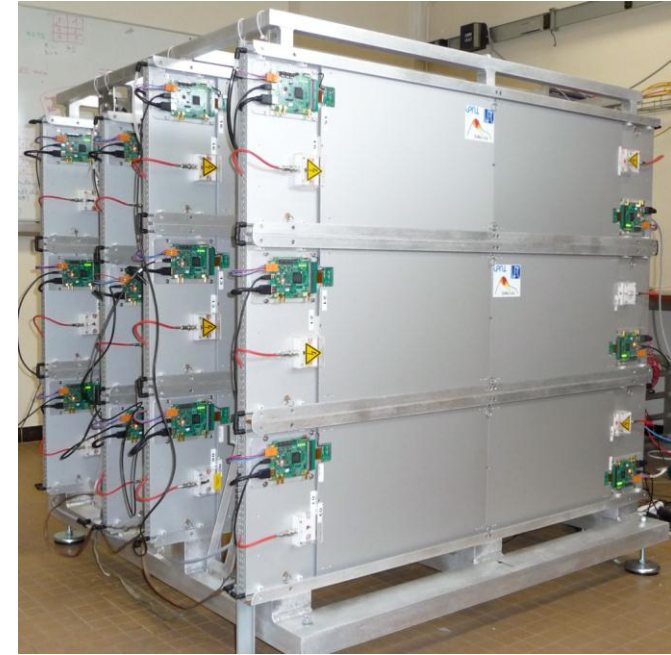
Adaptation pour TOMUVOL: mobilité

Prises de données : 4 plans de 1m²

- 2011, 2012 avec des chambres de 1m²
- 2013 : 24 chambres de 0.16 m²

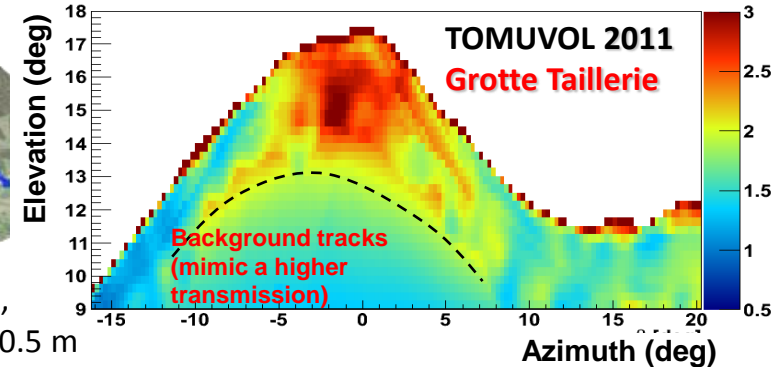
R&D en cours: projet MADIRAN

- Construction de xgap GRPC, multigap (amélioration de la résolution temporelle, diminution du bruit, ...)
- Lecture par strips et électronique ultra-rapide (qqs dizaines de ps)



14 jours,
0.66 m² x 1 m

65.8 jours,
0.16 m² x 0.5 m



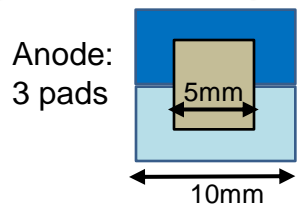
Intérêt particulier pour la R&D gaz: mélange, débit, sécurité, etc => en cours ...

le but de cette R&D est d'étudier le phénomène d'avalanche électronique et en particulier ses fluctuations qui pose une limite à la résolution en énergie

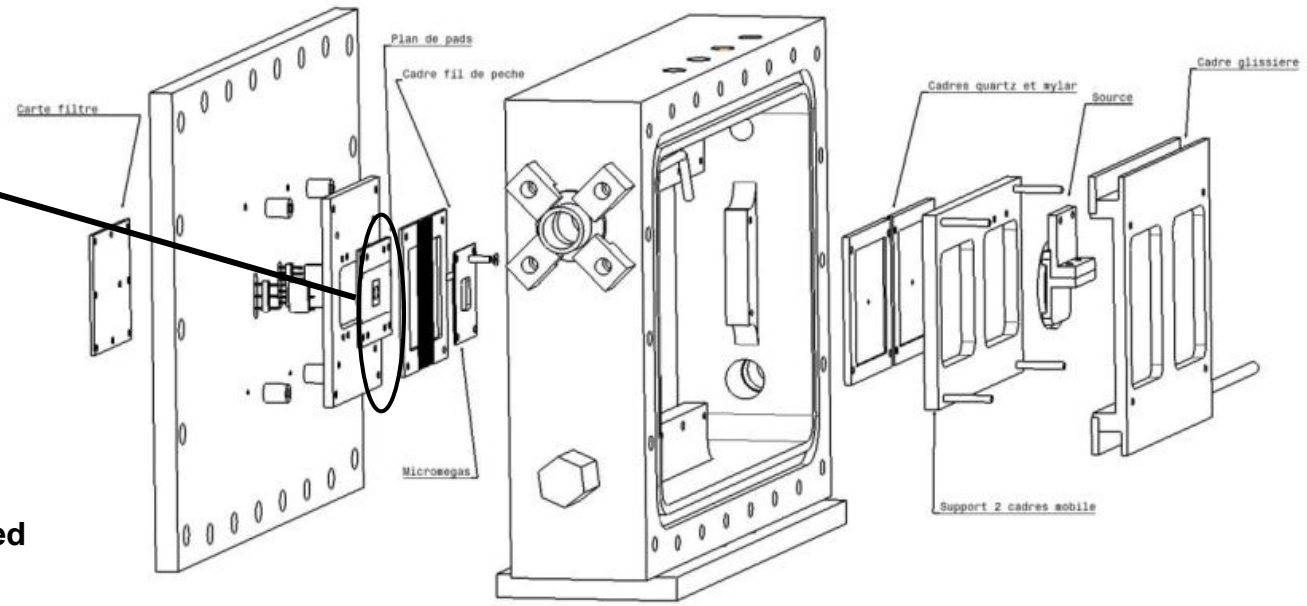
R&D MPGD

IPN Orsay

Adaptation mécanique et de la géométrie des pads



- Drift gap: 3,2mm
- Amplification gap: 160µm
- Mesh: Buckbee Myers 333 lpi nickel electroformed micromesh



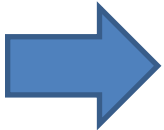
Choix d'une nouvelle électronique bas-bruit

Cremat® CR-110 PAC

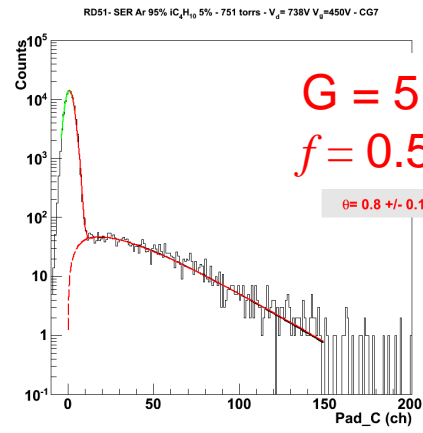


Gain: 1.4V/pC
Bruit : 200 e⁻ RMS (table)
380 e⁻ RMS (detector)

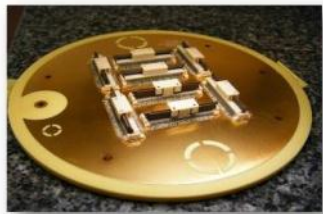
+ Amplificateur spectro CAEN® N568B



Ar 95% iC₄H₁₀ 5%

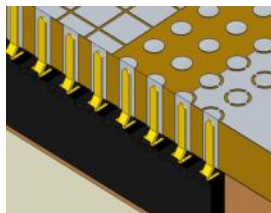


Résultats présentés à la réunion de la collaboration RD51 à Saragosse (5-6 juillet 2013)



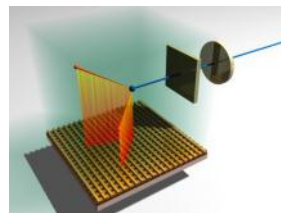
IPN Orsay

Connectique traversante par via pour TPC



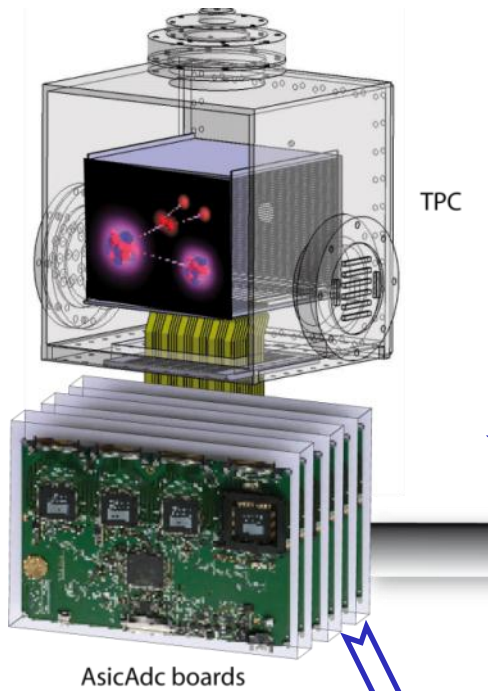
CENBG + CERN PCB Workshop

Connectique traversante TPC



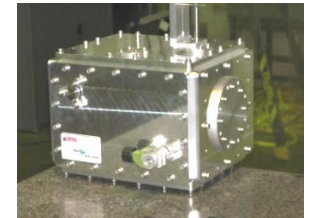
CENBG

Réalisation d'une TPC utilisant GEM puis Micromégas



TPC

AsicAdc boards



IPN Orsay

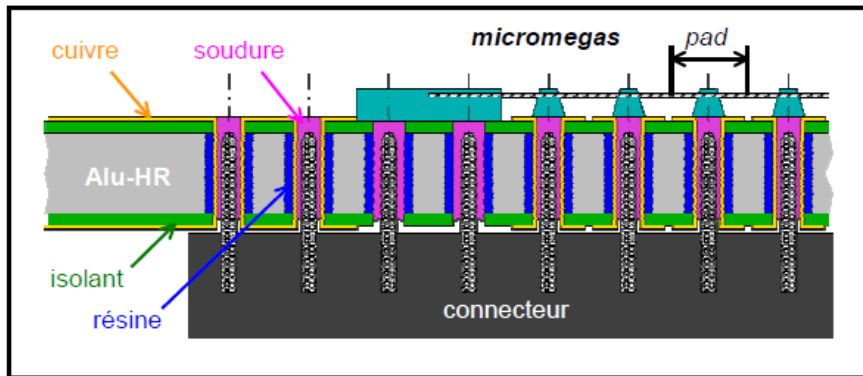
Mécanique intégration système



GANIL

Cible active – MAYA puis ACTAR
MWPC MPGD

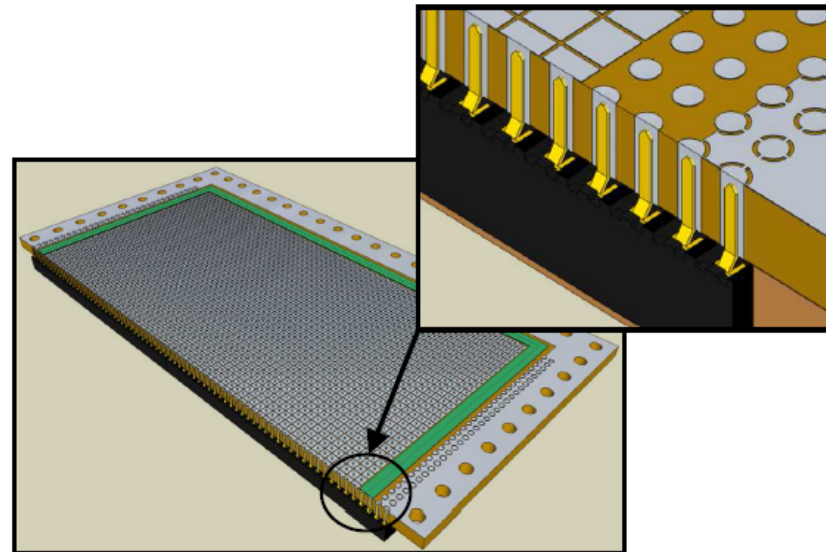
R&D plan de détection (CENBG, en coll. avec CERN PCB Workshop)



connexion directe
(pad ↔ électronique)

containtes mécaniques
(étanchéité, pression,...)
→ PCB avec cœur **Aluminium-HR**

signal: **micromegas** (+ GEM ?)



Situation R&D

Faisabilité

→ plans de tests: 4x64 pads

première série (juin 2013)

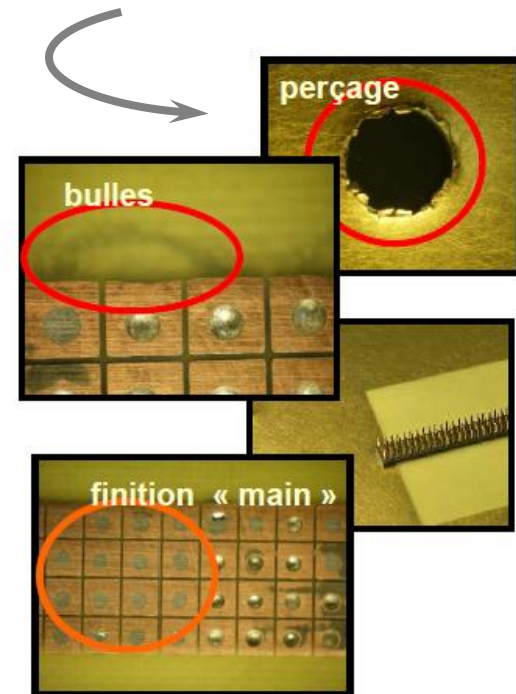
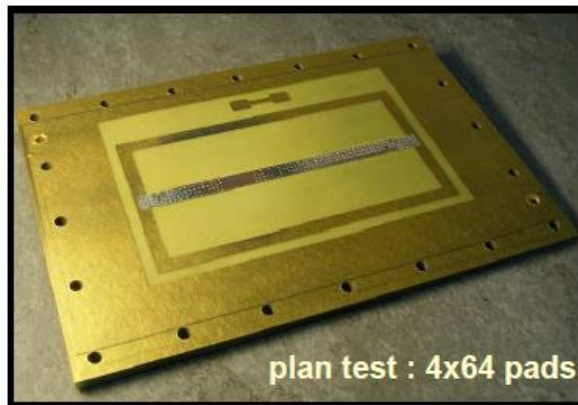
divers problèmes pour la réalisation du PCB

- perçage résine
- couches PCB (« bulles »)
- soudure, ...

finition « à la main »

deuxième série (octobre 2013)

- réalisation PCB **OK !**
- soudure connecteur **OK !**
- process *micromegas* **OK !**

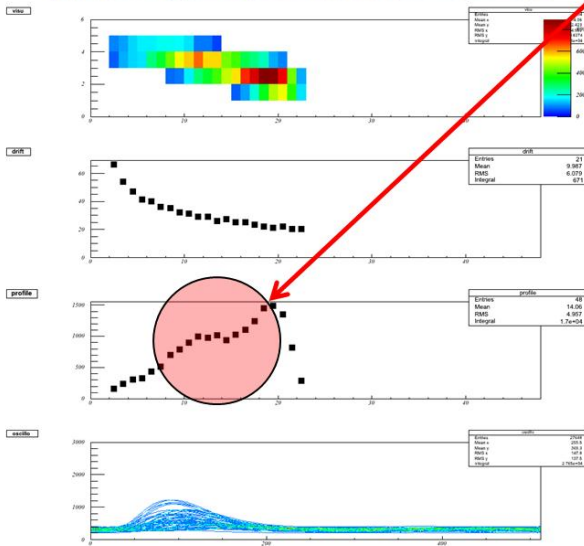
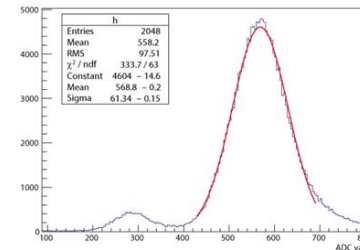
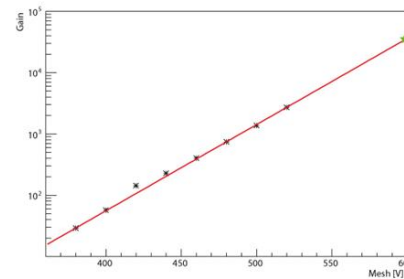


Tests

- ▶ bruit **à faire**
couplage avec électronique
- ▶ signal **à faire**
en source, avec démonstrateur
→ **chambre à finaliser !!!**

Démonstrateur → plan de détection: 32x64 pads

Detector Calibration issues

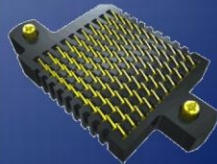
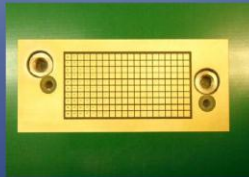
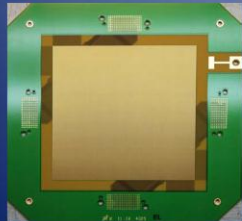
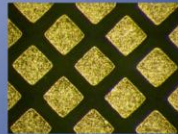
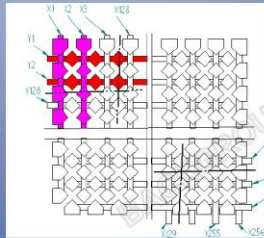


Problem observed:

- Non homogeneity in energy measurement (alpha bragg peak meas.) (10%)
- Drift field cage or micromegas ??
- Systematical meas. with a collimated ^{55}Fe source
- Pressure variation corrections (3% / mbar)
- Cross checked between pads and mesh

Micromegas 100x100 mm

- Pixel : 200x200 μm
- Pitch : 425 μm
- 2 x 256 voies
- 65 536 vias \rightarrow coût !!!
- « Copper Filling » \rightarrow coût !!!
- Interface :
 - Tenue mécanique au vide
 - Etanchéité



Réseau Détecteurs gazeux IN2P3 – O. Guillaudin- LPSC

5



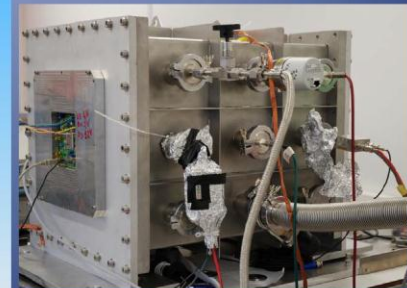
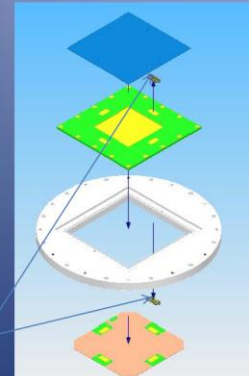
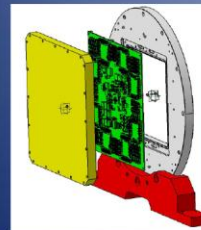
Problème de connectique
 \rightarrow utilisation de technique de regroupement de "pads"
 \rightarrow utilisation de connecteurs matriciels

Bruit ...



Détecteur 512 voies

- PCB étanche 5 mm + connecteurs à ressort FSI
- Via étanches rebouchées sur l'interface
- Distance détecteur électronique < 1cm
- Nouvelle connectique SAMTEC : GFZ 200 points

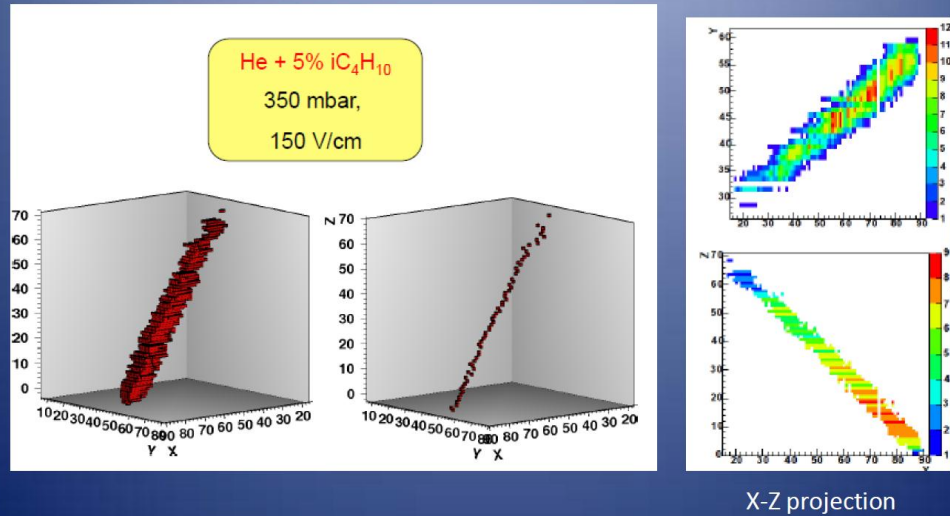


Réseau Détecteurs gazeux IN2P3 – O. Guillaudin- LPSC

6

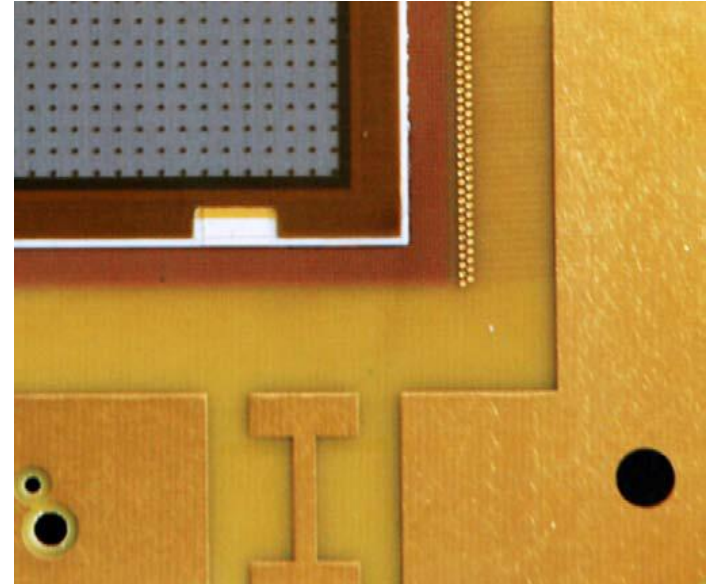
On touche ici des aspects rencontrés très souvent en conception de détecteurs gazeux avec choix de nouvelles solutions innovantes

Alpha 5,5 MeV (222Rn)



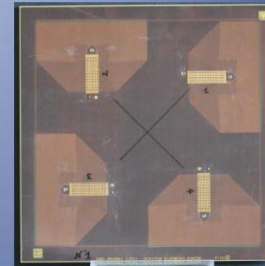
Réseau Détecteurs gazeux IN2P3 – O. Guillaudin- LPSC

12



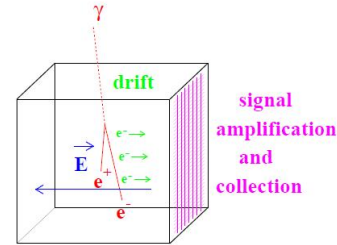
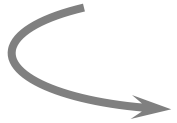
Perspectives / Evolutions

- Micromegas grandes dimensions 200x200 mm (réduction du nombre de voies d'électronique)
- Test structure PiggyBack :
 - réduction coûts
 - Protection de l'électronique
 - PCB plus simple (pas de via)
- ASIC V4 (plus rapide, plus simple)



The detector

- Demonstrator built on partial budgets (P-&U 2010, IN2P3 2011)
- $(30\text{cm})^3$ cubic TPC
- Pressure $P \leq 5\text{bar}$
- "T2K gas" Ar95 : IsoButane :2 CF4 :3

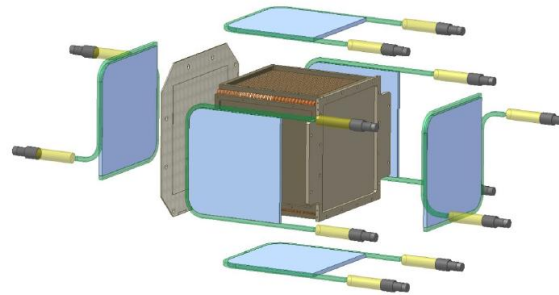


Field cage

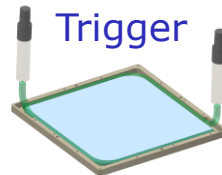
Digitization



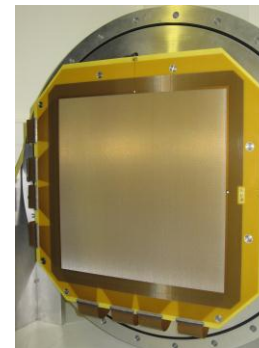
- Sampling / acquisition performed by AFTER chip ; 12 bits, shaping min 100 ns | IEEE Trans. Nucl. Sci. 55 (2008) 1744.



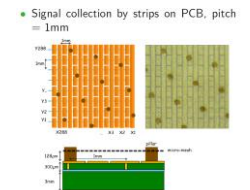
Anode - amplification



Trigger



"bulk" micro-mesh micromegas



Fenêtre d'entrée

Chambre d'ionisation scintillante

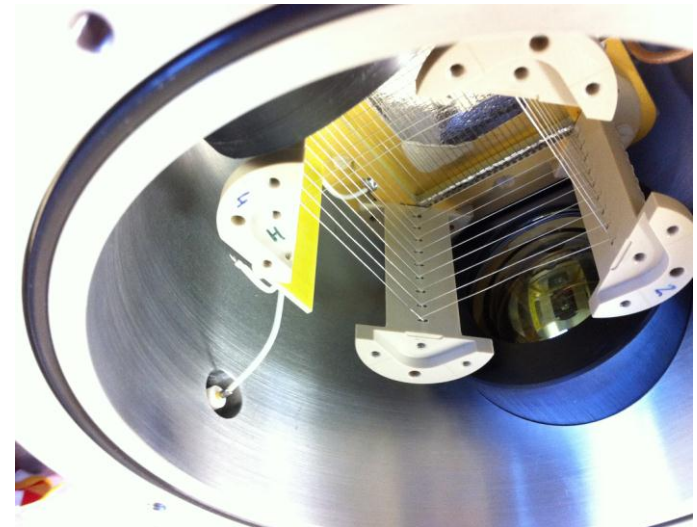
- ▶ Fragments de fission
- ▶ $\Delta P = 100$ mbar, surface 15×15 cm²
- ▶ qq kV sur la fenêtre
- ▶ Mylar, SiN₃ (7×7 cm²)

HeGEM

- ▶ Neutrons ultra-froids
- ▶ $\Delta P = 1$ atm, diamètre 80 mm, scellé
- ▶ 5 kV sur la fenêtre
- ▶ Aluminium

MWPC

- ▶ β
- ▶ $\Delta P = 1$ atm, diamètre 38.1 mm, $P_{ext} \approx 10^{-8}$ mbar
- ▶ Kapton ?



G. Lehaut

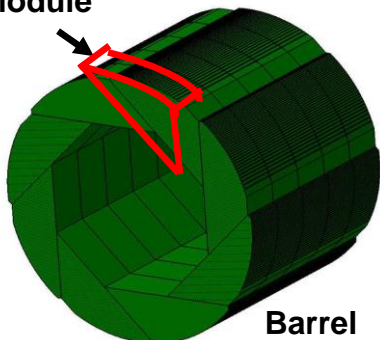
Visite des installations des détecteurs gazeux de l'IPN Lyon



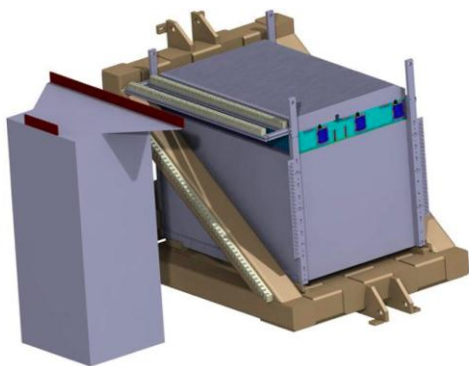
- Développements en cours d'achèvement

SDHCAL technological prototype

Module

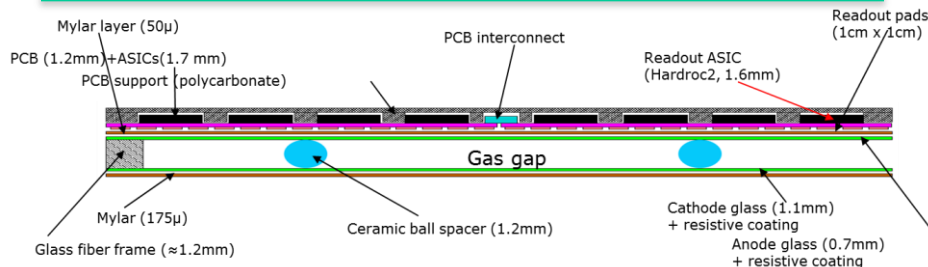


Barrel



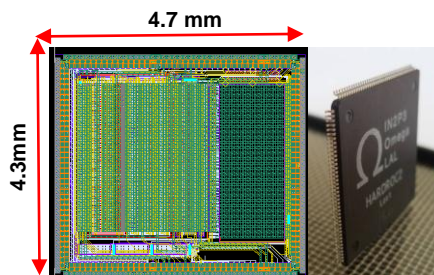
A prototype with 48 GRPC of 1 m² is conceived as a demonstrator

Structure of an active layer of the SDHCAL



- ✓ Negligible dead zone (tiny ceramic spacers)
- ✓ Efficient gas distribution system (channeling gas inlet and outlet)
- ✓ Homogenous resistive coating (special paint mixture, silk screen print)

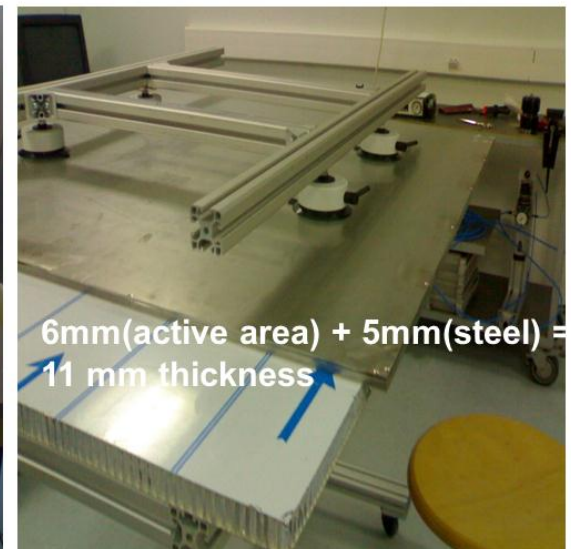
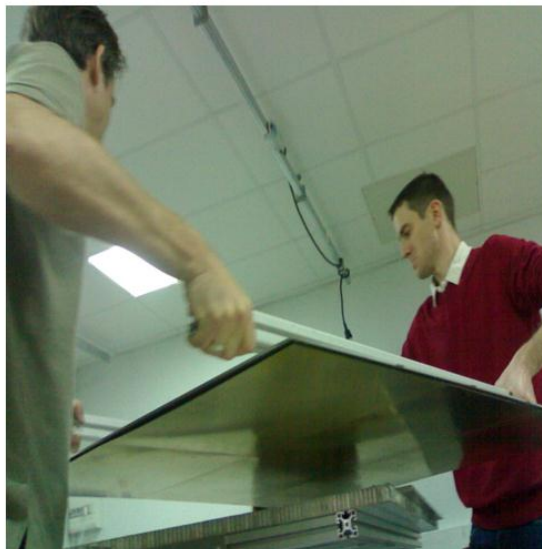
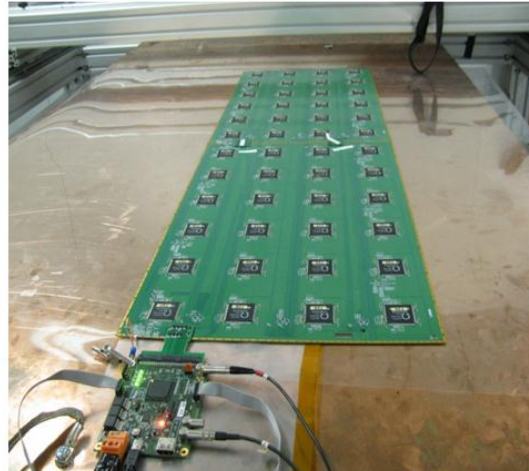
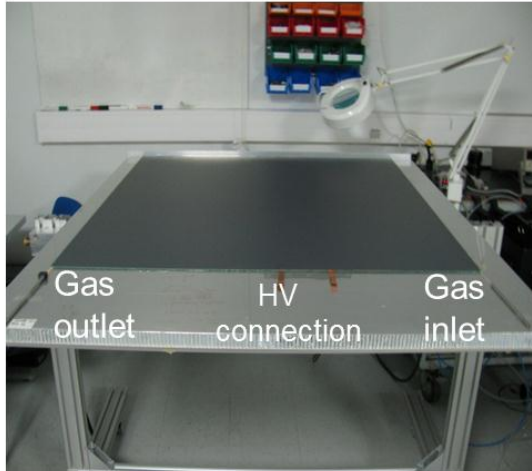
Electronics readout system R&D



ASICs : HARDROC2



Construction of one unit of the SDHCAL prototype





**50 chambres ont été construites et seront utilisées pour le prototype
Du SDHCAL**

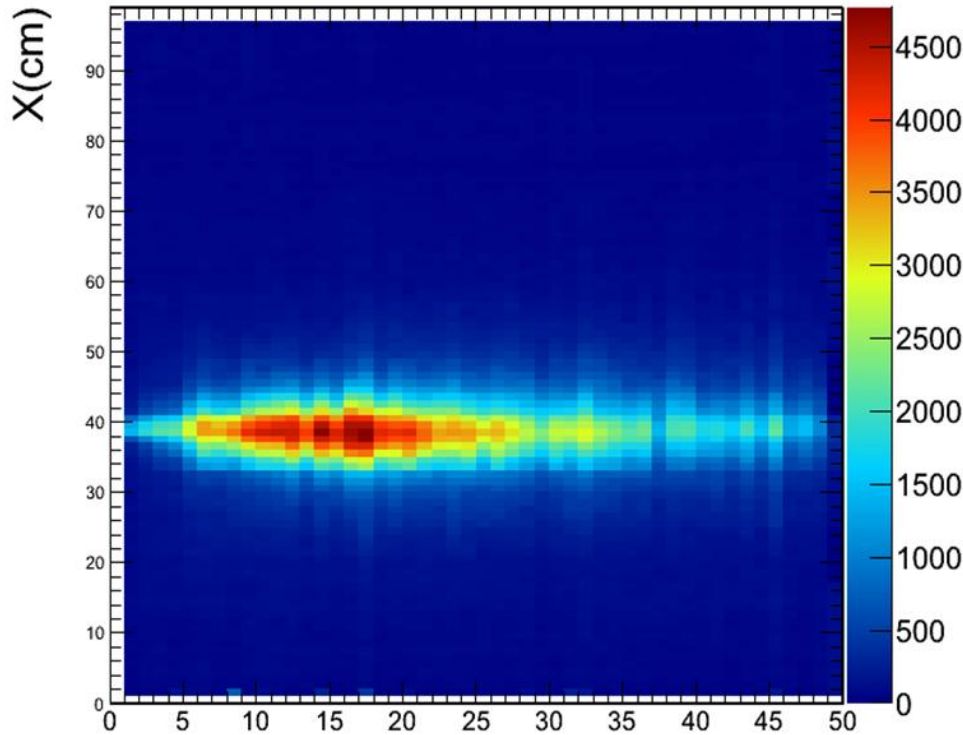
Les tests du SDHCAL au CERN en 2012 ont été conduits avec des RPC (IPNL) et des détecteurs Micromegas (LAPP)

GRPC@ILC

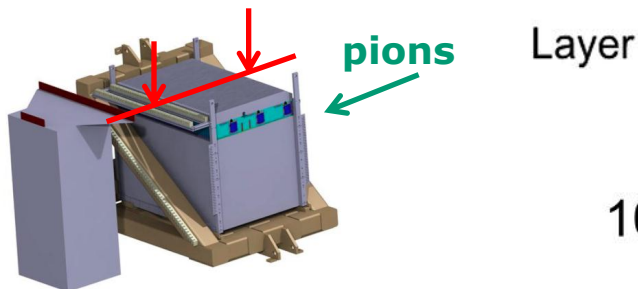
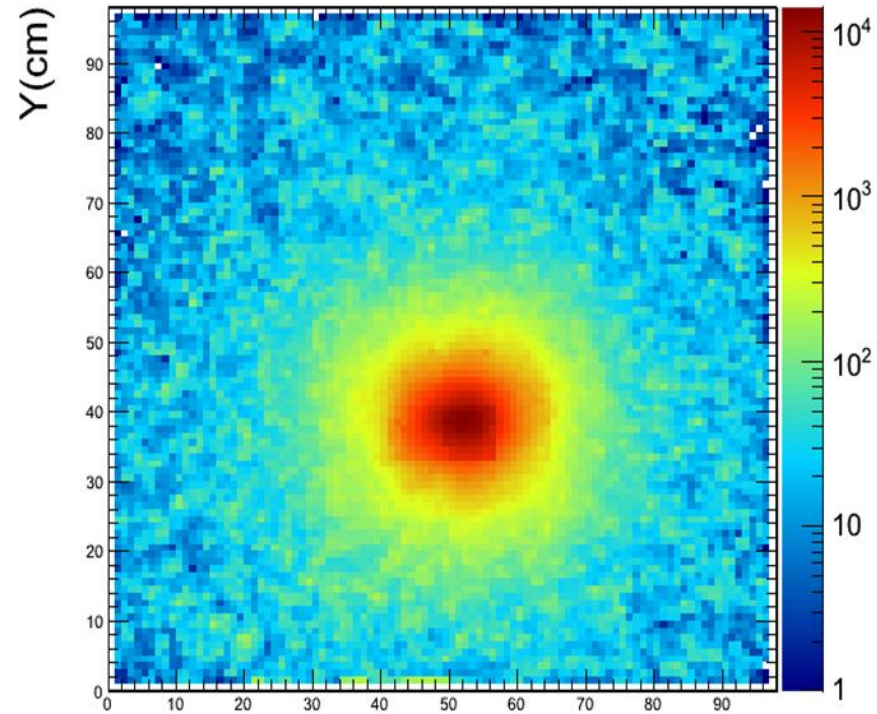
IPN Lyon



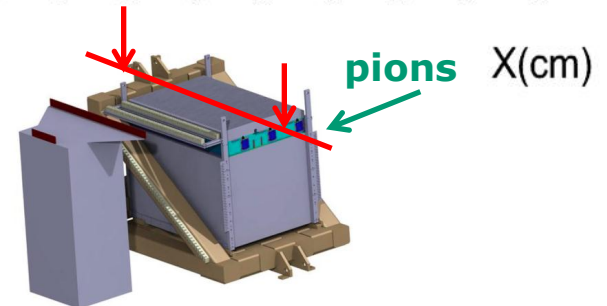
Logitudinal beam profile

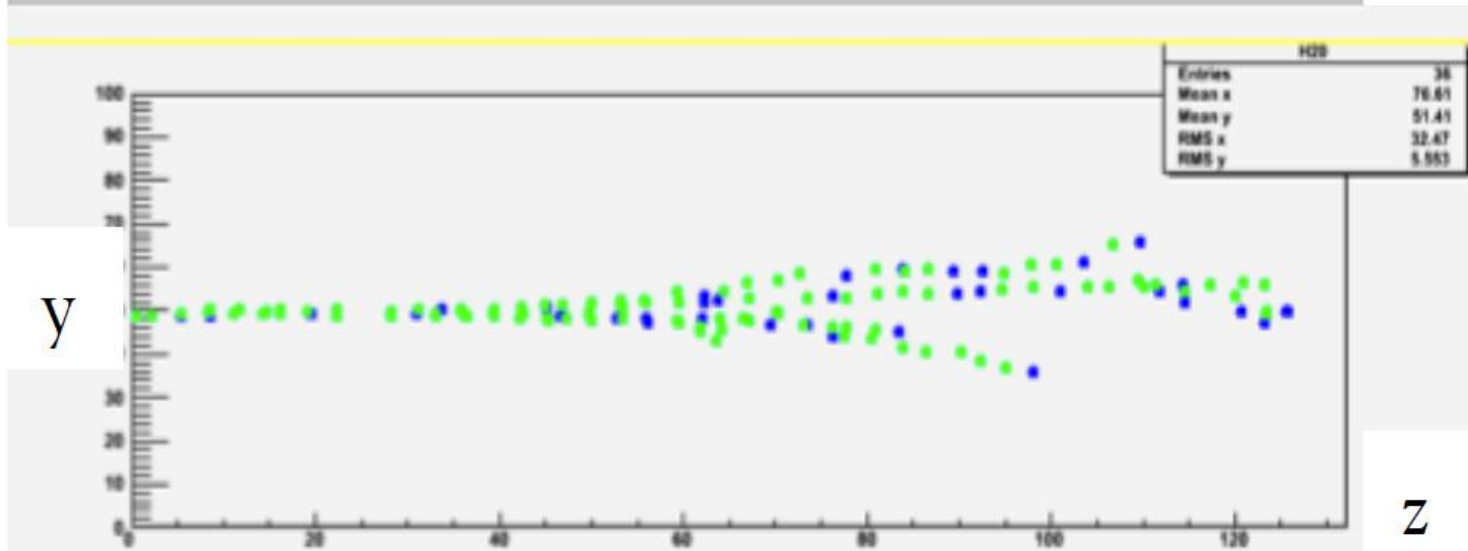
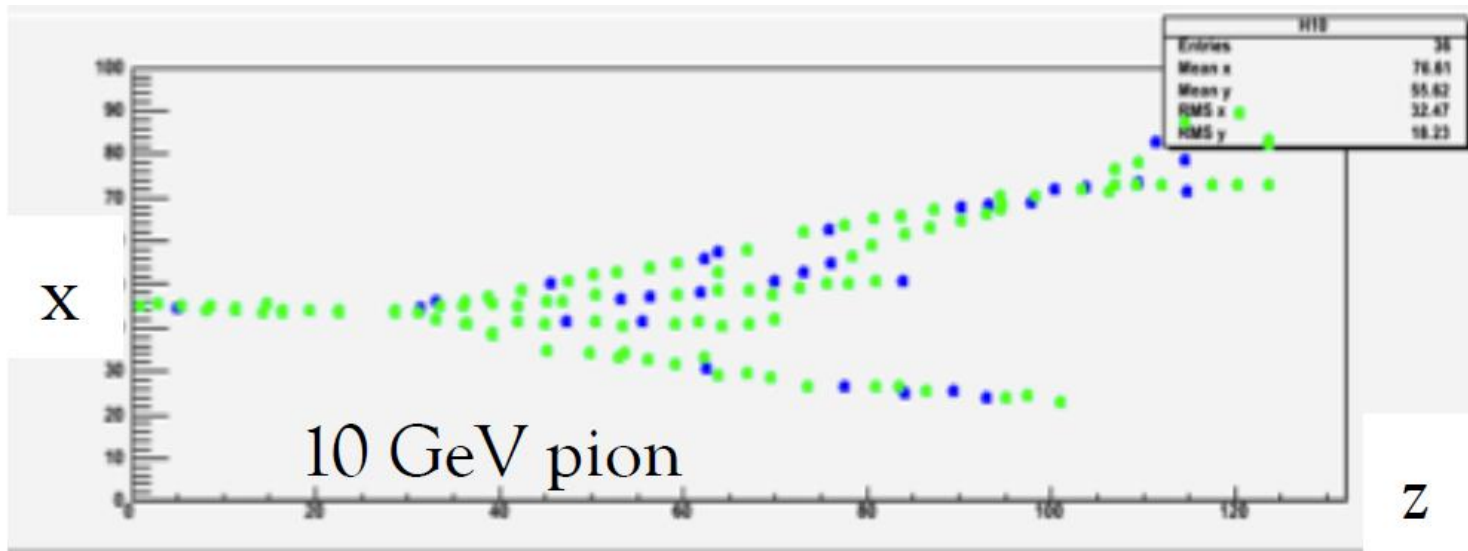


XY Beam Profile 100GeV



100 GeV pions





Journée des détecteurs gazeux - 2014

- De l'intérêt d'avoir **un réseau de connaissances** autour des détecteurs gazeux

- Connectique
- Etalonnage de détecteurs
- Simulation de détecteurs
- Refroidissement de détecteurs
- **Systèmes de gaz**
- Systèmes de haute tension
- Claquage - étincelles
- Intégration systèmes
- Electronique associée



- Choix du thème de la journée 2014 des détecteurs gazeux: "**les systèmes de gaz**".
- Fin juin 2014.
- A déterminer jour, lieu et bien sûr intervenants.
- Nous avons également prévu d'ouvrir cette journée à l'ensemble des instrumentalistes.

Conclusion

- Réseau constitué de **11 laboratoires**
- Demande première **d'échange de compétences-expertise**
 - 2013 Journée à l'IPN Lyon: lieu d'échange technologique
 - 2014 Journée "thématique gaz"
- L'Irfu va se joindre au groupe instrumentation détecteurs gazeux
 - Cela est cohérent au regard du nombre de projets en commun avec l'Irfu

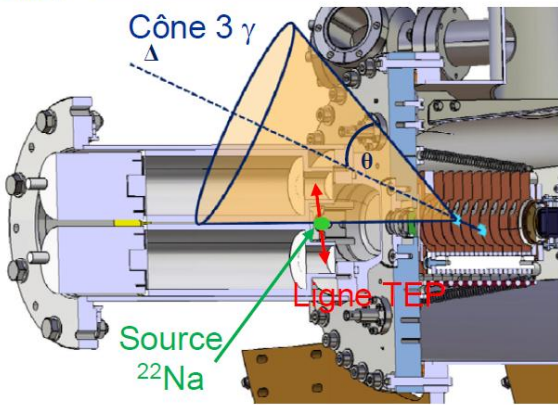
Activité du groupe des détecteurs gazeux



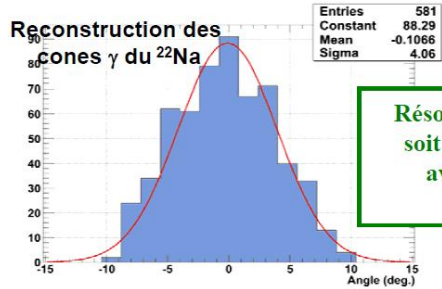
Xenon Medical Imaging System L'imagerie 3 γ du petit animal avec les projets XEMIS



XEMIS1



Preuve de faisabilité en 2013 (présentée à WIPR)



Résolution angulaire 4°
soit 8,2 mm (FWHM)
avec géométrie de
XEMIS2

Fin du programme de R&D XEMIS1 en 2014

XEMIS2

Objectifs pour le design simulé avec GATE

- 3 photons efficacité $\sim 5\%$
- résolution ~ 1 cm le long de la ligne TEP

Pour une image ^{44}Sc avec
très peu de radioactivité
(~ 20 kBq en 20 mn)



- Calendrier
- 2013 : Etude et Design de XEMIS2
 - 2014 : Construction de XEMIS2
Simulation complète d'un petit animal voxélisé (AAP Inca)
 - 2015 : Test et caractérisation de XEMIS2 à Subatech

Futur : XEMIS2 au CHU de Nantes à partir de 2016
Hébergée au sein du centre CIMA

Journées Projet 2013 : R&D Détecteurs Gazeux

Partenaires : Air Liquide Advanced Technologies, ARRONAX, CHU Nantes (Médecine Nucléaire), KEK Institute (PICS-CNRS), Inserm CRCNA





Laboratoire d'Annecy-le-Vieux
de Physique des Particules

Projet Micromegas SDHCAL pour un futur collisionneur e^+e^- (1/2)

2009-2012

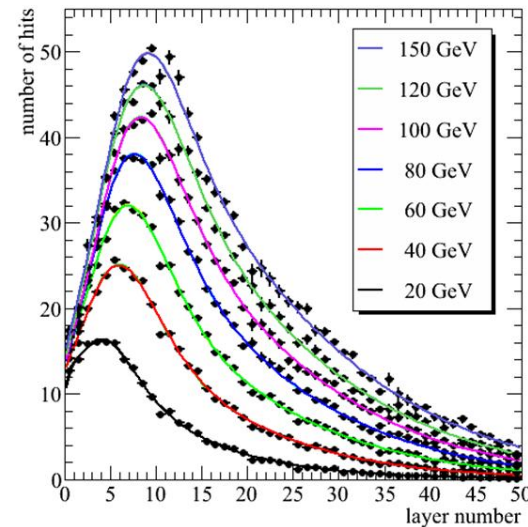
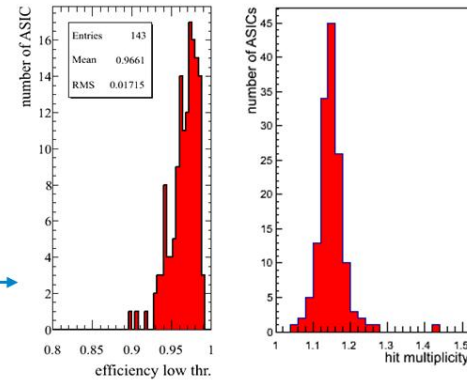
Construction de 4 Micromegas de $1 \times 1 \text{ m}^2$
pour le prototype SDHCAL testé au CERN
en 2012 avec des plans de RPC de l'IPNL

→ Échantillon μ

Étude de la calibration (efficacité et multiplicité sur 1 m^2) ; →

→ Échantillon π

Profils de gerbes (N_{hit} VS N_{layer}) et réponse (N_{hit} VS E_{pion})





Projet Micromegas SDHCAL pour un futur collisionneur e^+e^- (1/2)

2012-2013

Dessin de Micromegas résistifs (16x16 cm²)
pour éviter les étincelles et éviter l'étalement spatial de la charge

Construction de 2 chambres résistives et 3 chambres avec des protections standards (=diodes)

Test sur faisceau d'électrons à DESY (juillet 2012) des 2 résistifs (3 standards = télescope)

Étude des étincelles dans l'Ar/CO₂ 90/10

Faisceau à 1.5 kHz, monte V_{mesh} de 10 V / 10 min

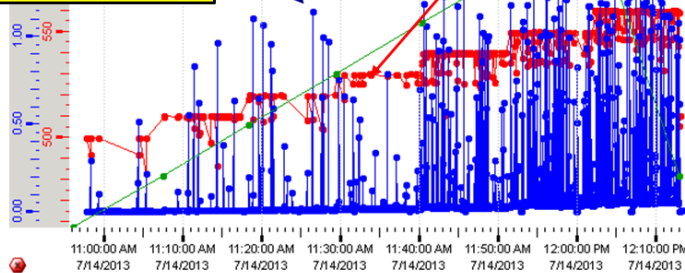
500-560 V → Gas gain de qq. 10³ à qq. 10⁴

Mesure du courant de mesh

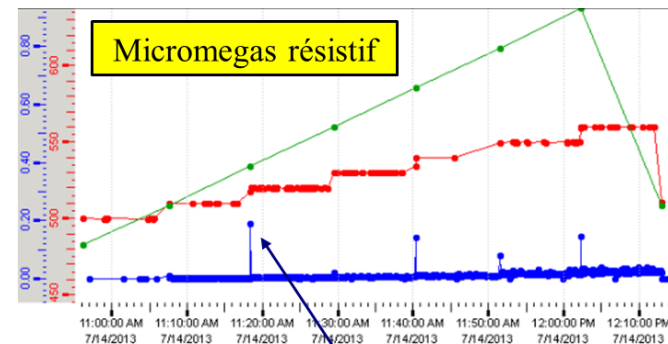
Conclusion : étincelles supprimées

2014 : Micromegas résistifs de grande taille (e.g. 1x1 m²)

Micromegas standard



Micromegas résistif

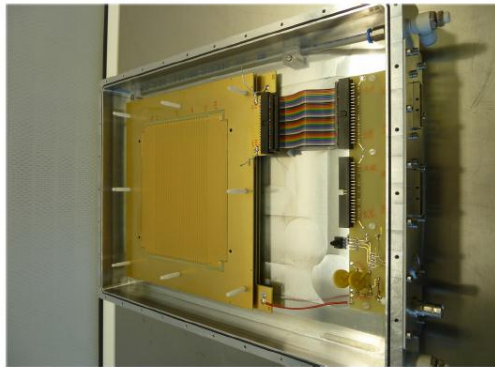


(Current spikes = charge-up current when increasing the voltage)

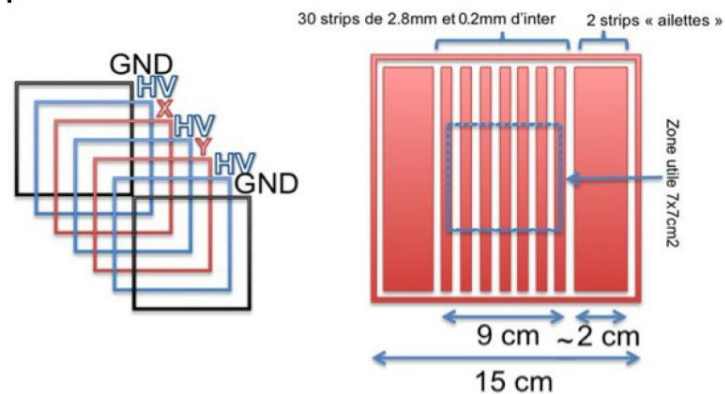
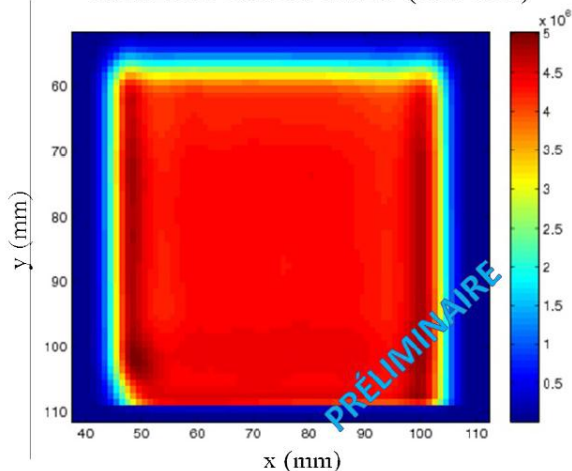


DOSION 3

Mesure de fluences pour faisceaux intenses



Carte de Fluence Ne20 (ion/cm²)



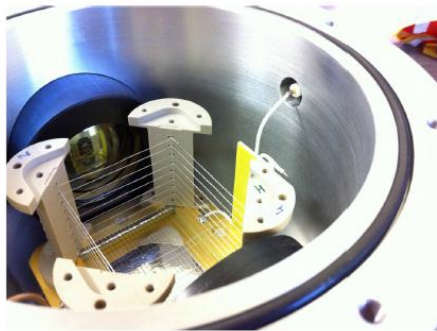
Utilisation d'une carte d'acquisition FASTER

- 2 cartes filles Electromètre (32 voies; 10us-1ms; 3pC-12pC; 12-16bit; Bruit RMS 0.1fC)
- 1 carte fille CARAS (2 voies; 2ns; 2.2V; 12bit ; Bruit RMS 1.1LSB)

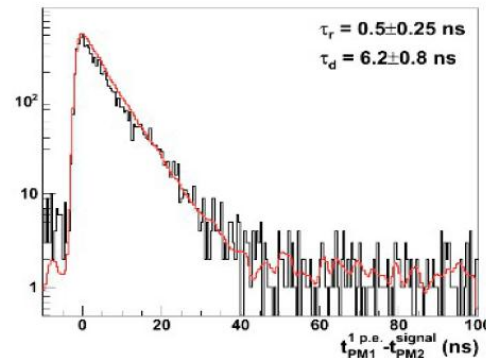
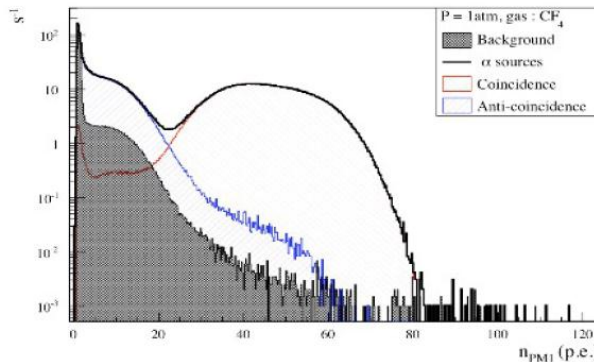


G. Boissonnat, J.M. Fontbonne, J. Perronnel
Groupe Applications Médicales et Industrielles

Détecteurs gazeux scintillants



G. Lehaut, Y. Lemièrre, J. M. Fontbonne, J. Peronnel.
 Groupe Aval du Cycle Electronucléaire
 Groupe Interactions fondamentales et nature du neutrino



Scintillations dans le CF₄ induites par des alpha de 5 MeV,
 à gauche nombre de photo-électrons, à droite spectre en temps de la scintillation



Gaseous detector activity at LAL

Sergey Barsuk, LAL Orsay

Joint activity with IRFU and Kiev U on **Micromegas InGrid**: simulation, tests with the source, future R&D program using the **LEETECH** platform at the photoinjector PHIL at LAL.

Generic R&D

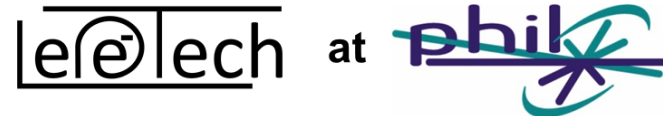
Applications: ILC TPC with Micromegas/InGrid R/O option, CLIC TPC, CAST, ...

Integrated (competence & facilities) in the **RD51 program**

Physics: e.g. non-relativistic electron energy losses with Micromegas/TIMEPIX

Students' hands-on (all above + cluster studies, track reconstruction, P2IO TP)

LAL : P. Bambade, S. Barsuk, L. Burmistrov, H. Monard,
A. Variola + PHIL team



In collaboration with IRFU (gas system, simulation, setup calibration), CERN (dipole magnet), LLR (dedicated collimators for PHIL), Kiev U (collimators, vacuum chamber, simulation)

Financed by LAL, contributions from other groups, pedagogical platform financed by P2IO

Simulation completed, production of components well under way

Equipment constructed by 01/2014, installation depends on the PHIL planning

Commissioning and operation in the first semester of 2014

Use electrons provided by PHIL with momentum 5-8 MeV/c and 10^8 to 10^{10} particles per bunch.

Timing: laser pulse with 7 ps FWHM

Goal: obtain samples of “monochromatic” electrons

with adjustable energy between few 100 keV and 5 MeV and energy spread of better than 10%

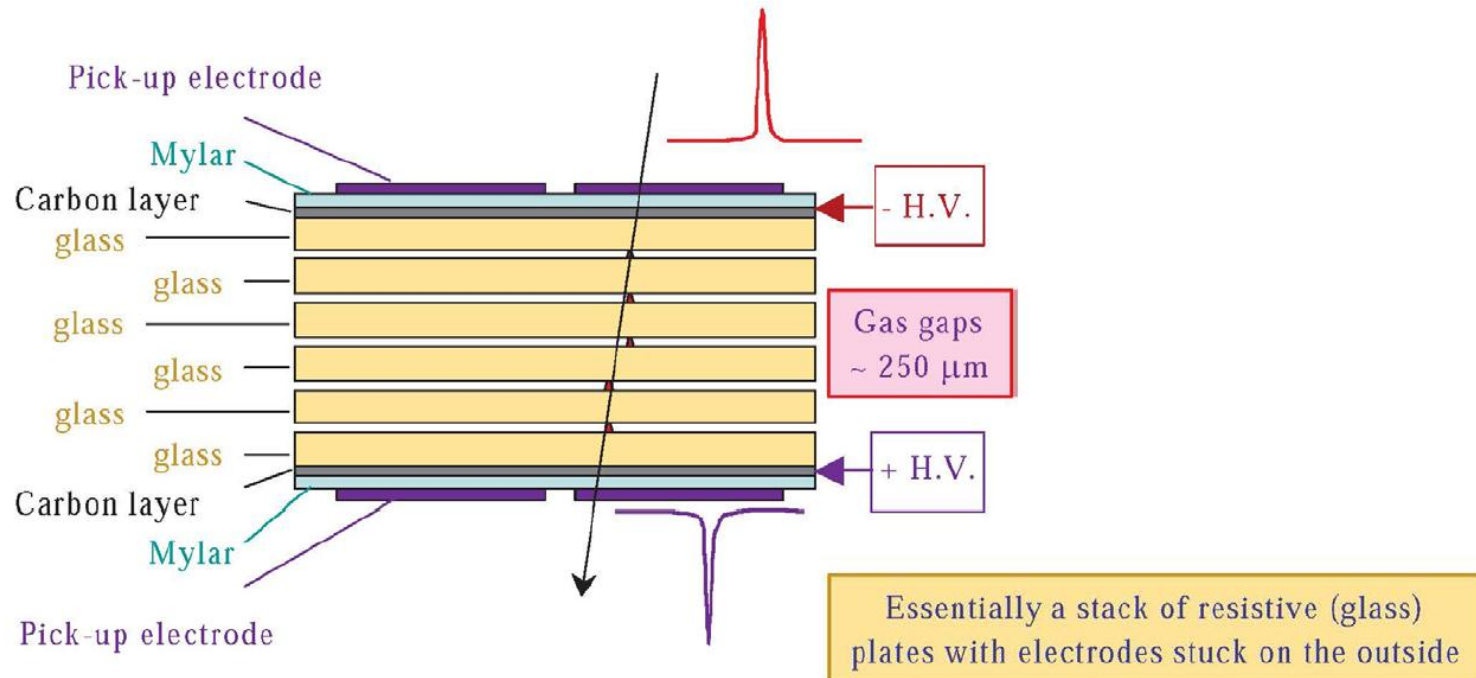
with adjustable intensity down to few electrons per bunch

1

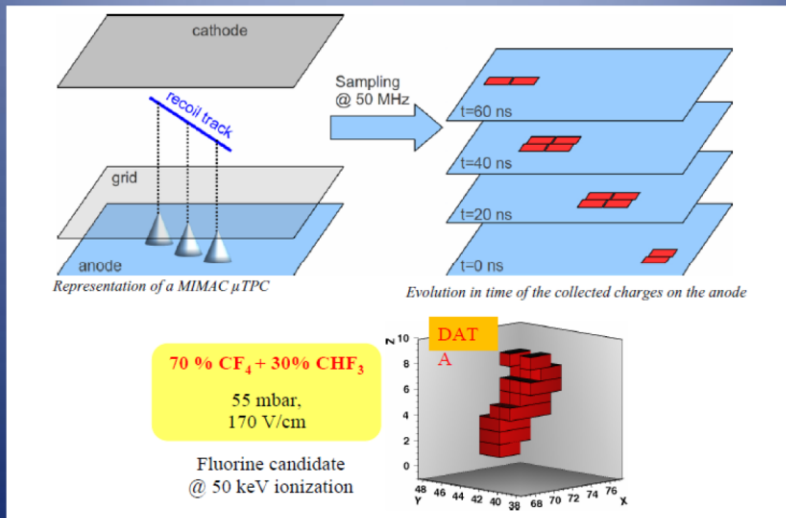
Intérêt récent du LPC

Intérêt pour les xgap RPC (multi-gap Resistive Plate Chambers)

- Résolution temporelle de l'ordre de la centaine de pico-seconde



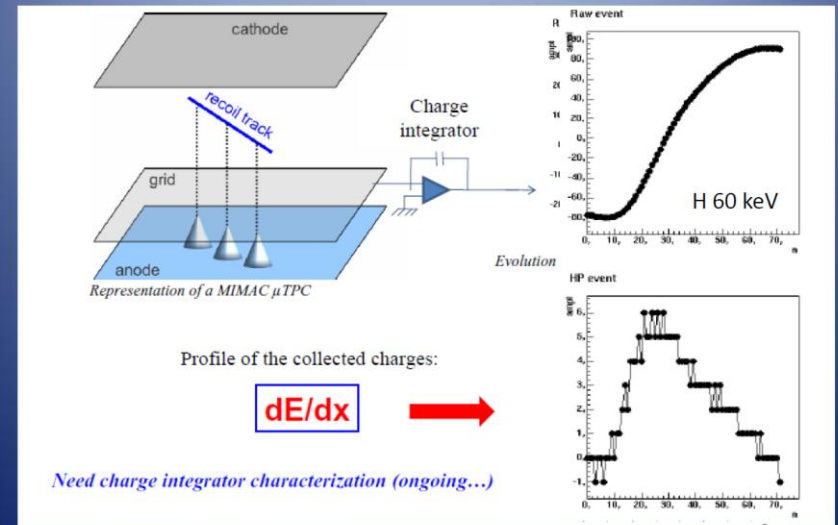
Reconstruction des traces avec MIMAC



Réseau Détecteurs gazeux IN2P3 – O. Guillaudin-LPSC

8

Mesure de l'énergie avec MIMAC



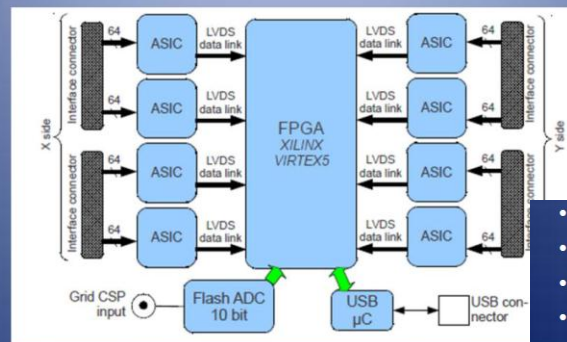
Réseau Détecteurs gazeux IN2P3 – O. Guillaudin-LPSC

9

Design de l'ASIC

- 2500 chambres de 1024 voies (512 + 512 lignes de pixels)
- Spécifications 64 voies par ASIC
- Ampli de courant
- Comparateur à faible courant (200 nA)

Acquisition 512 voies

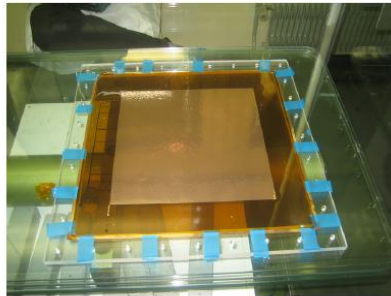


- Electronique auto déclenchée (signal grille)
- Lecture des voies position toutes les 20 ns
- Echantillonnage du signal grille (20ns) \rightarrow Energie associé à la trace
- Reconstruction de l'évènement (1^{er} niveau) dans le FPGA
- Transfert des données et contrôle par USB

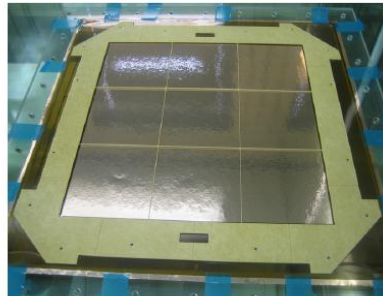
GEM development

- GEM designed (LLR), produced (CERN), glued on frames (RD51/CERN) : 2013
- “standard” configuration (50 μm kapton ..)

gluing
preparation



glued
on frame



electrical
tests

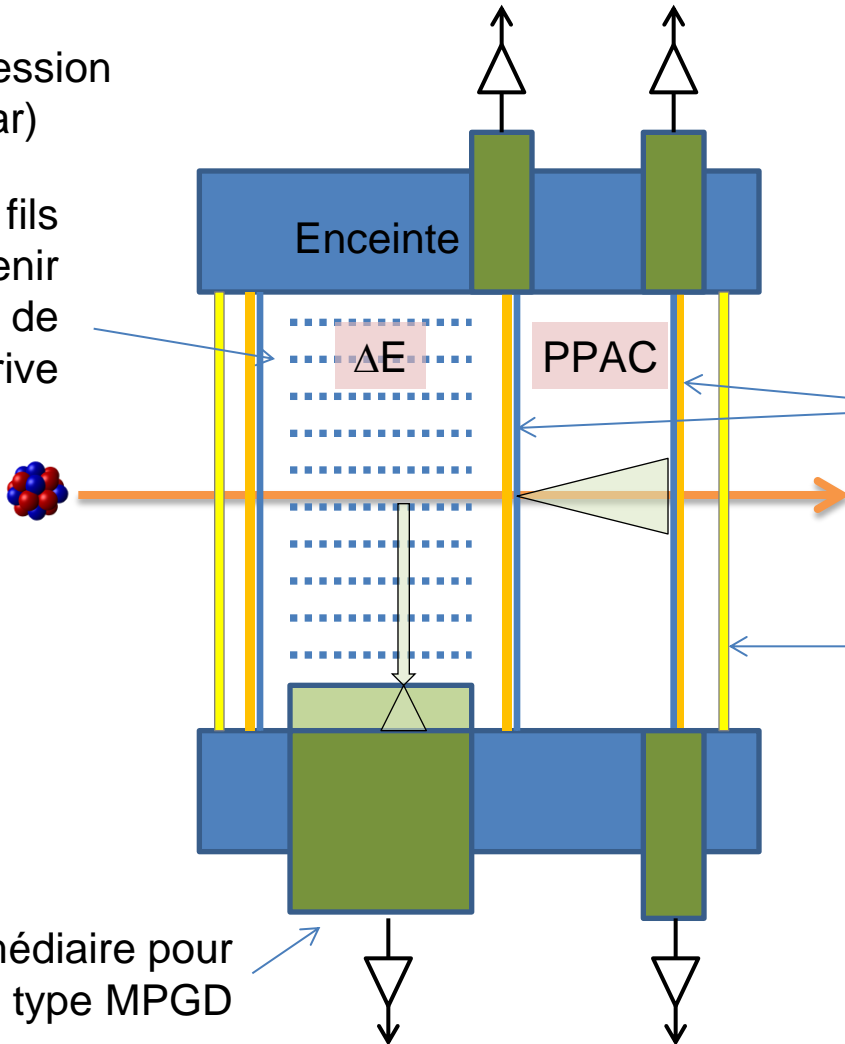


- 3 pieces (2 + 1 spare) produced.
- Integration into the detector in preparation
- Detector to be (re) characterized with cosmic rays

Identification d'ions lourds en sortie d'aimant du spectromètre BACCHUS (TANDEM/ALTO Orsay)

Gaz basse pression
(50 à 100 mbar)

Plans de fils
pour maintenir
le champ de
dérive



Feuilles métallisées
(côté interne)
Surface : 400×25 mm²

Feuilles d'entrée / sortie
non métallisées
(pression)

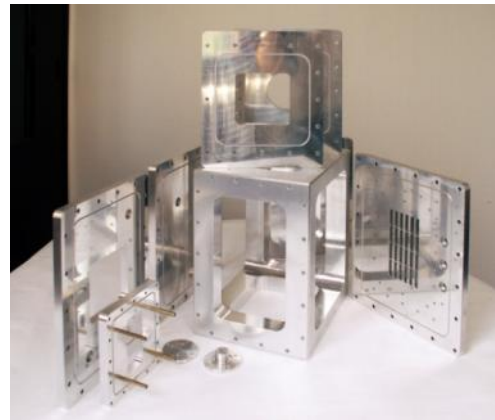
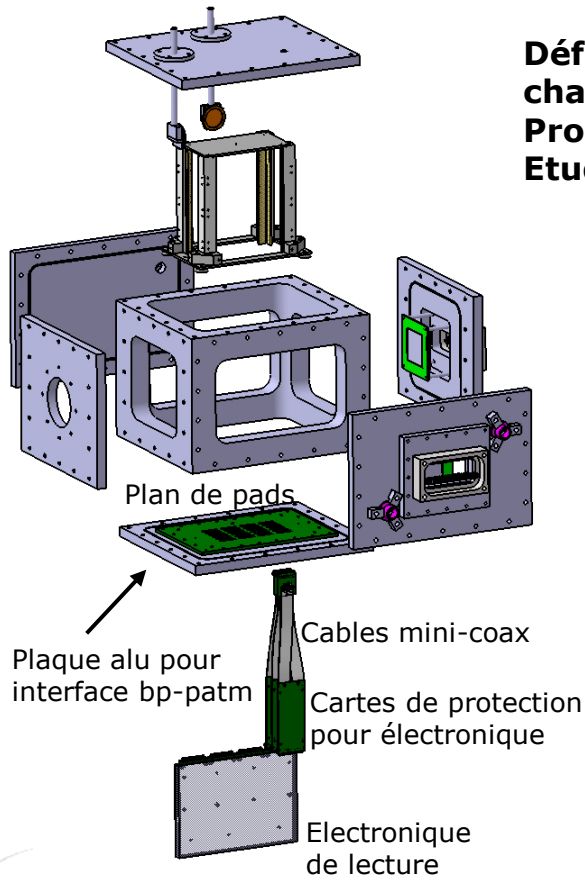
- **PPAC : temps, position, E**
- **ΔE : mesure la perte d'énergie dans l'épaisseur du gaz (ionisation du gaz, dérive, amplification dans une structure à faible retour d'ions)**

Bride intermédiaire pour
sortie type MPGD

Collaboration: IPN, GANIL, CENBG, CEA/Irfu, Université de Leuven, Université de Santiago de Compostelle

Gaz = Cible + Milieu de détection

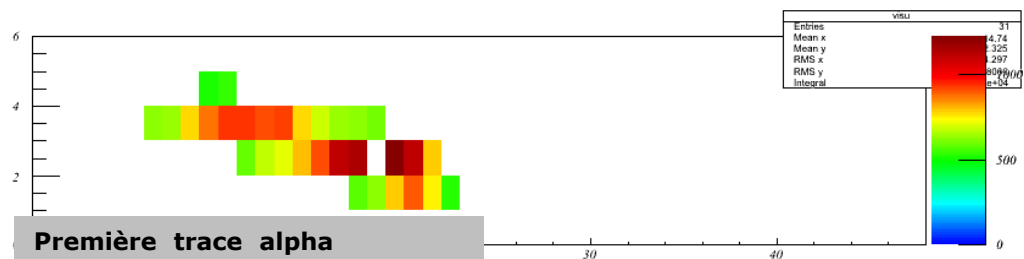
**Définition du cahier des charges physicien
Proposition technique
Etude Conception mécanique**



Usinage de la chambre



Installation au GANIL



Active targets in nuclear physics

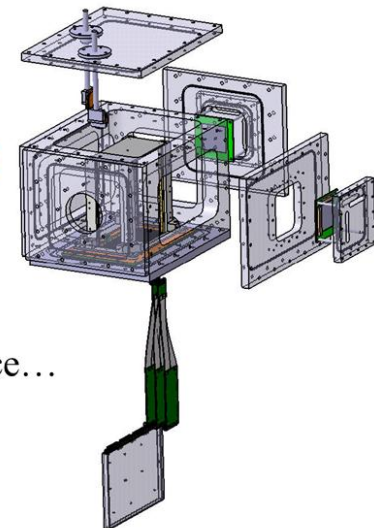
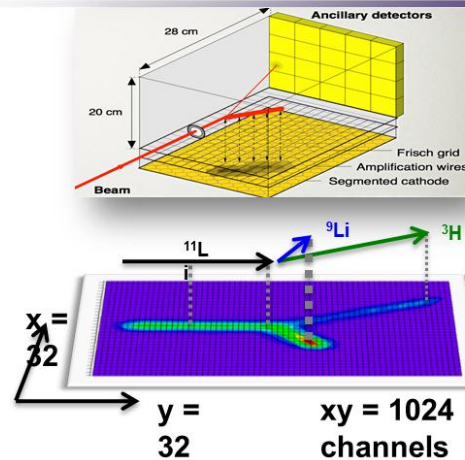
- Based on TPC concept from particle physics
- The Gas is also the target for nuclear reaction study
- CENBG TPC (2p decay), MAYA (GANIL)...
- Astrophysics, Nuclear structure:
 - Nucleon transfert on light or FF nuclei
 - Resonant reactions
 - Exotic decays...
- Advantages versus classical solid targets:
 - Trajectory reconstruction
 - efficiency (gas thickness...)
 - Low energy threshold
 - Direct study on beam energy dependance

In the framework of SPIRAL2, several Letters Of Intent submitted, need for an improved detection system for the next years.

ACTAR demonstrator with 256 channels (over 2k) operational since 4 months

Need for a 2k channels detector to adress different questions:

- Mechanical solution for the pad plane: connectics, gas/air interface...
- Field cage quality
- Source & beam tests with GET electronics



Autres aspects techniques

Étalonnage

- électronique GET développement de la méthodologie (sur banc de test)
1 seule carte (256 voies) disponible
- détecteur gaz à définir ???
(réponse d'ensemble du système: chambre + électronique)

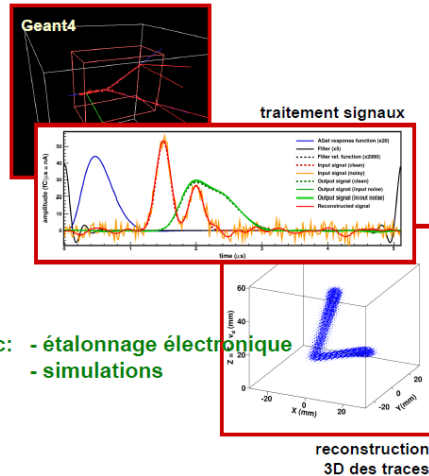
Simulation (en développement)

- physique code « maison »
- tracking base Geant4
- dérive & collection code « maison »
- processing code « maison »

Analyse (en développement)

- reconstruction des signaux (déconvolution, filtrage,...)
- reconstruction des traces (ROOT)

← lien avec: - étalonnage électronique
- simulations



Questions ouvertes

Connectique (financement)

- lecture signaux / protection (ZAP)
- interface GET / ACTAR-TPC, mais hors développement GET !
- problème de coût des prototypes !!!

Refroidissement (financement)

- même situation (interface GET / ACTAR-TPC, hors développement GET)
- étude à (faire) réaliser (coût...)

Étalonnage (manque d'expertise)

- solutions à discuter
- question: uniformité de réponse sur l'ensemble du détecteur

Système de gaz (manpower)

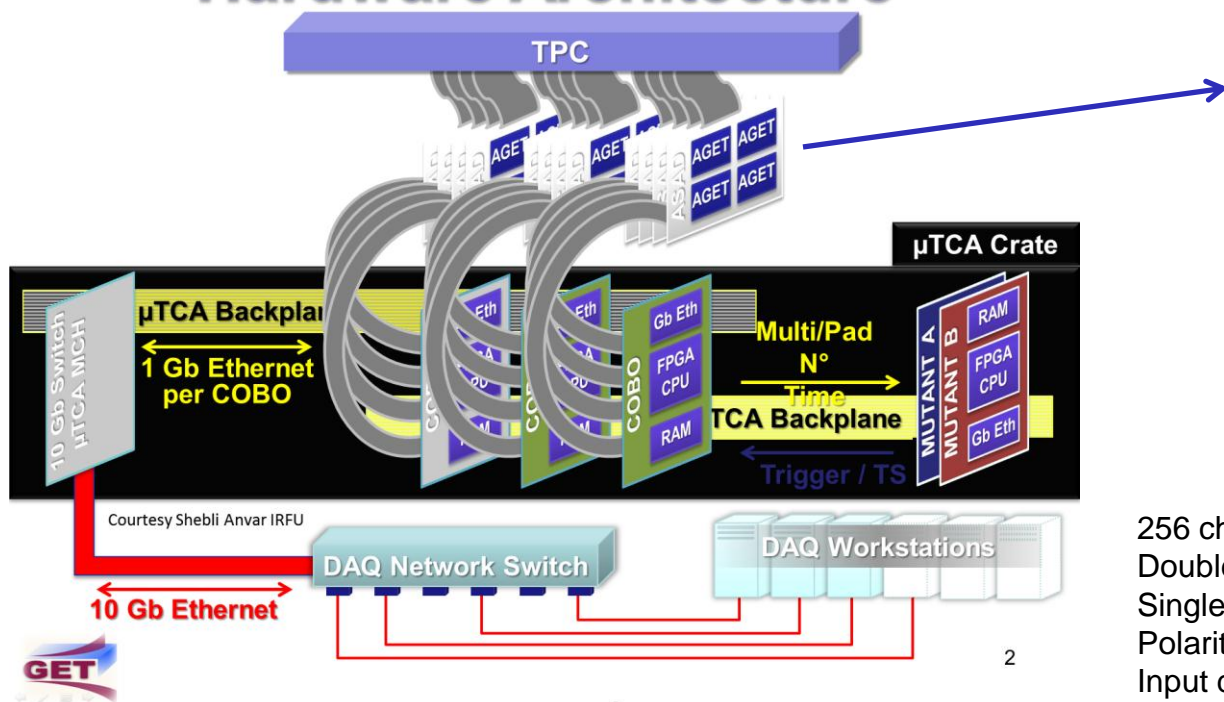
- réutilisation d'un ancien dispositif
- tests et stabilité à tester
- d'autres solutions « clefs en main » ?

Informatique (manque d'expertise)

- flux de données (peu d'expertise en physique nucléaire)
- des solutions en haute énergie...

Electronique GET

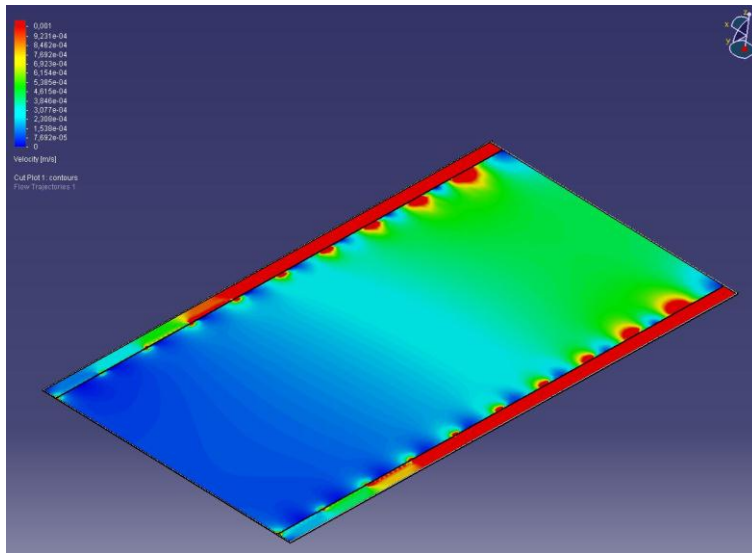
Hardware Architecture



256 channel
Double Europe form factor
Single supply 3.6v 4,8w
Polarity negative or positive
Input dynamic range: 120 fC,240 fC, 1pC, 10pC
INL <2%
Resolution < 850 e-

- 1- Build few very large GRPC detectors (2-3 m²) : Gas circulation system, thickness...
- 2- Improve on the readout electronics (I2C, roll mode..)
- 3- Design a new ASU capable to read the large GRPC (up to 3 m²)
- 4- Develop a new DIF (low consumption, reduced size, new functionalities)
- 5- Build a small mechanical prototype to host the few large chambers

Circulation gaz



HARDROC3

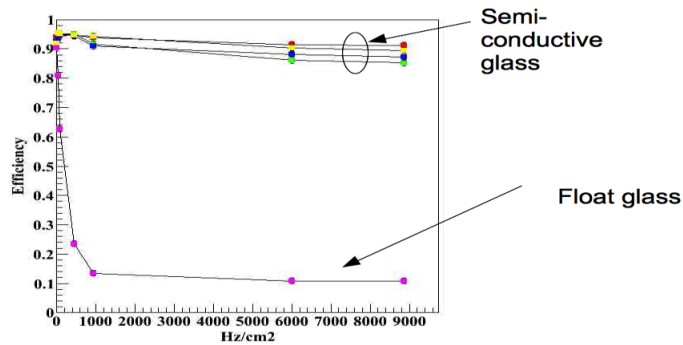
- 64 independent channels (= Zero suppress)
- New Slow Control (Triple voting) using I2C link



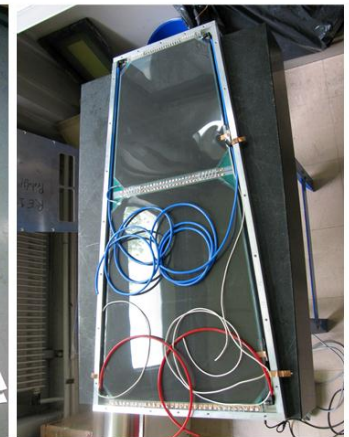
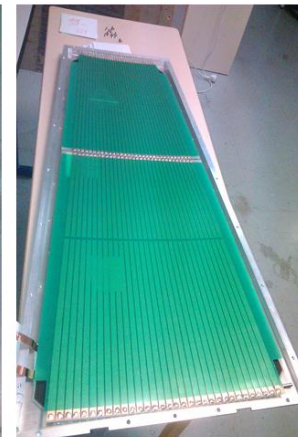
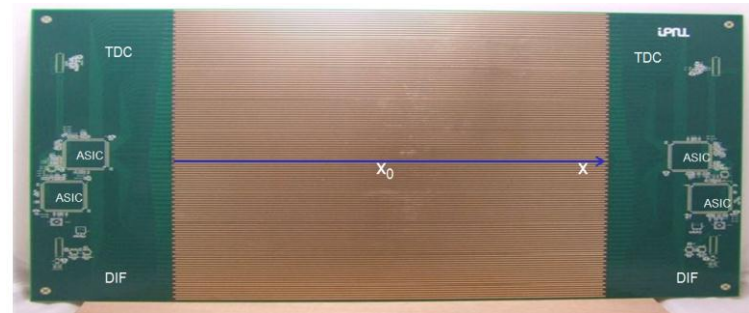
- En cours de développement

High-Rate GRPC

Semi-conductive glass ($10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$)



R&D for single gap and < 1 ns time resolution



- RE1/1 GRPC chamber construction using **Float Glass** is completed
- **Semi-conductive glass** to build high rate RE1/1 GRPC chamber is being produced.