

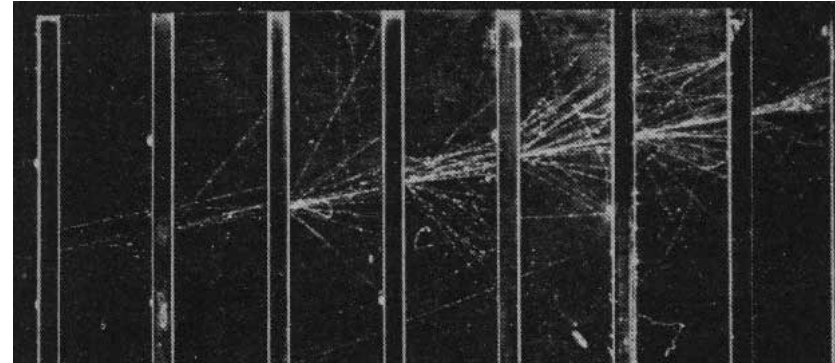
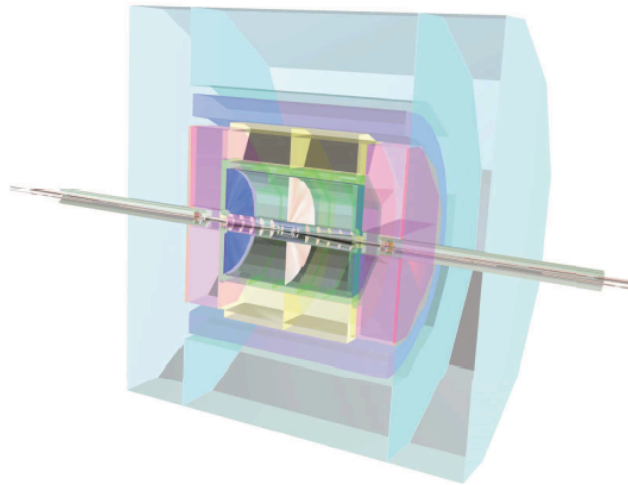
# Un calorimètre hadronique semi-digital pour l'ILC (SDHCAL)

Robert Kieffer

JJC 09

[kieffer@ipnl.in2p3.fr](mailto:kieffer@ipnl.in2p3.fr)

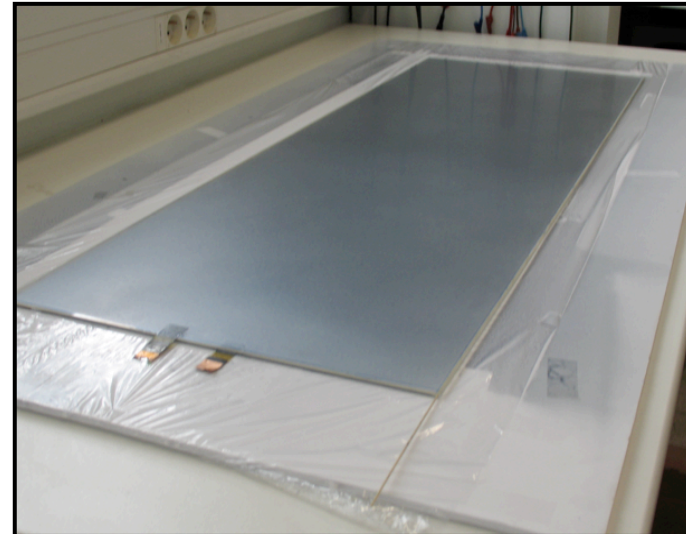
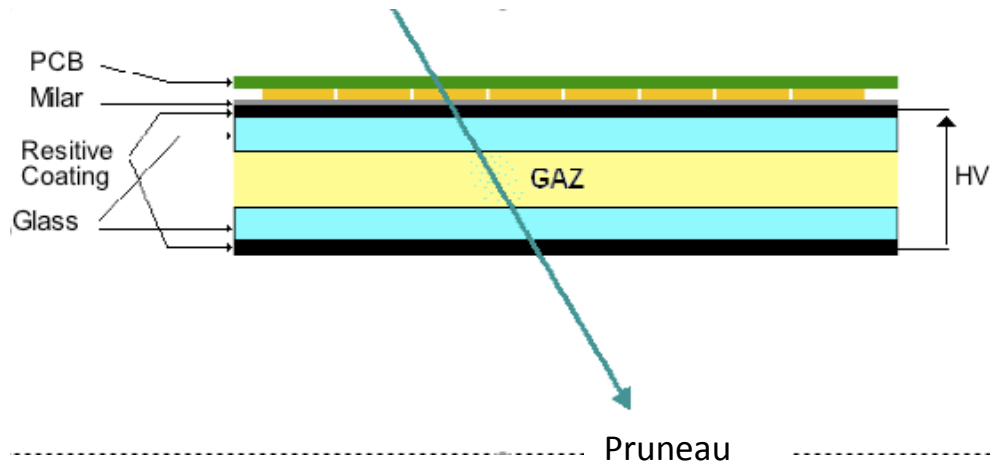
# Le concept du SDHCAL pour l'ILD



## Caractéristiques du détecteur proposé :

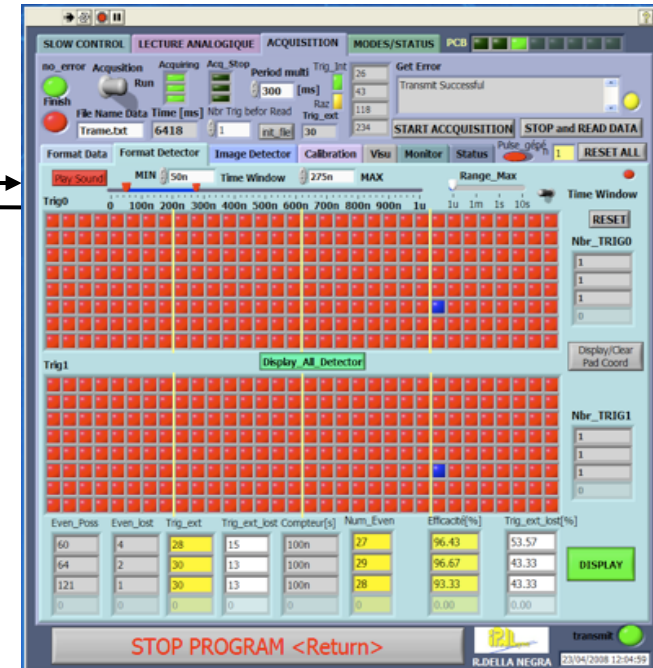
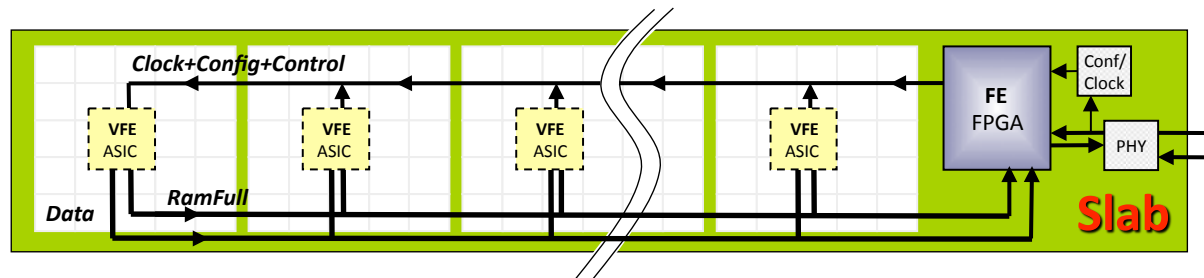
- Type: Calorimètre à échantillonnage (détecteurs/acier).
  - Granularité: 1cm<sup>2</sup>
  - Élément sensible: Détecteur gazeux à plaques résistives GRPC
  - Signal: Semi digital
- (3 seuils de déclenchement/voie + timestamp)
- But: obtenir la meilleure résolution en énergie possible, grâce à l'utilisation du Suivi De Particule (PFA: Particle Flow Algorithms)

# Le détecteur gazeux à plaques résistives GRPC



- Mode de fonctionnement: Avalanche
- Haute tension appliquée: 6.5-8kV
- Mélange de gaz sensible: 93% TFE, 5% Isobutane, 2% SF<sub>6</sub>
- Fréquence du bruit de fond: 1Hz/cm<sup>2</sup>
- Electronique: traitement local du signal inductif accumulé sur les pad de 1cm<sup>2</sup>.
- Sensibilité: 1 MIP = > 2pC (mean) [MIP: Minimum Ionising Pruneau]
- Epaisseur: 6mm [0.7mm+1.1mm(verre) + 1.2mm(gaz) + 3mm(électronique) ]

# Electronique de lecture I



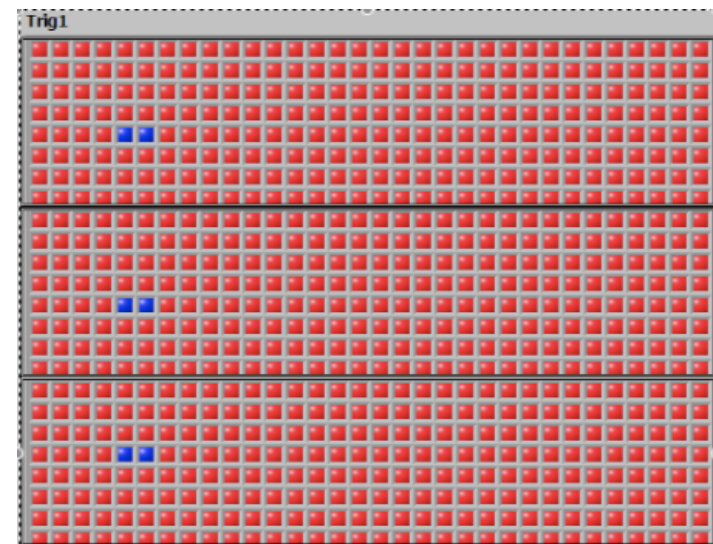
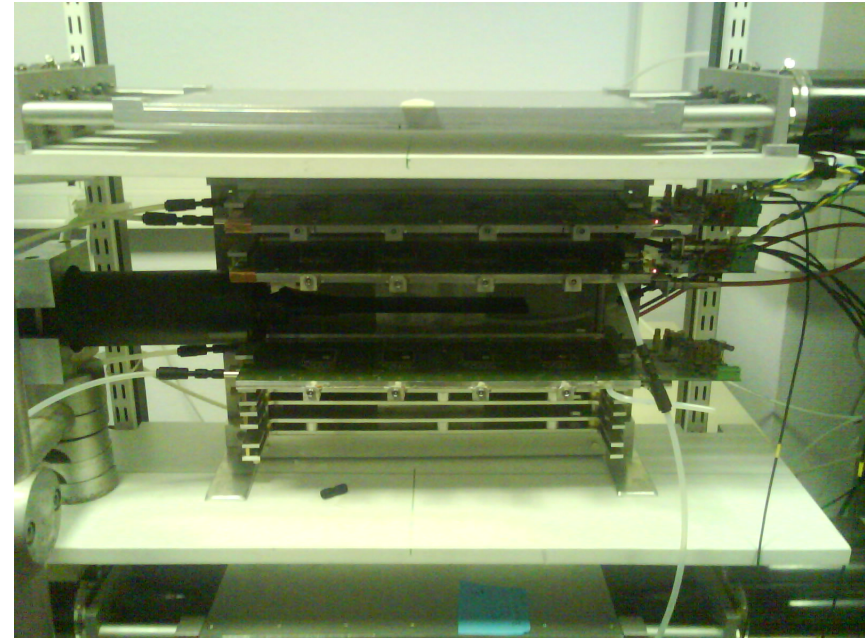
- Circuit intégré: HARDROC I (64 canaux d'acquisition + mémoire interne)
- Fonctionnement du HARDROC I:
  - > 2 seuils de déclenchements ajustables
  - > Seuils évalués toutes les 200ns.
  - > Si un OU plusieurs seuils sont déclenchés => L'information est sauvegardée dans la mémoire interne (accompagnée d'une valeur d'horloge).
- La lecture chaînée des ASIC (mémoire interne), est orchestrée par un FPGA.
- Le Slow Control permet d'ajuster les paramètres de fonctionnement des ASICs.
- Avantages: Information numérique en sortie de détecteur, faible rapport [prix/voie].



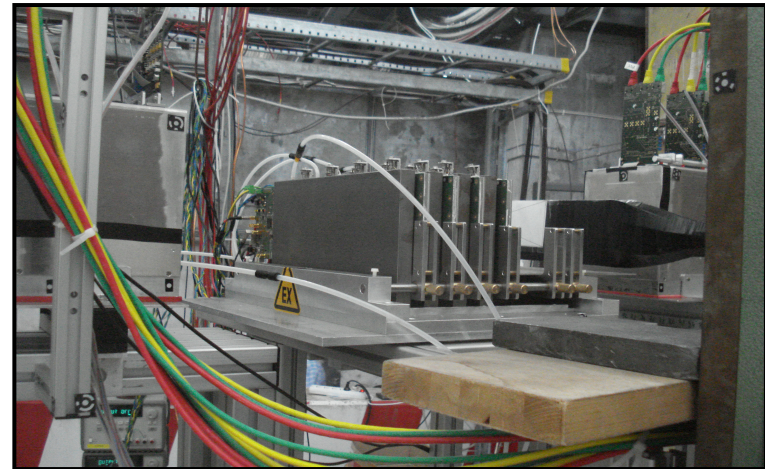
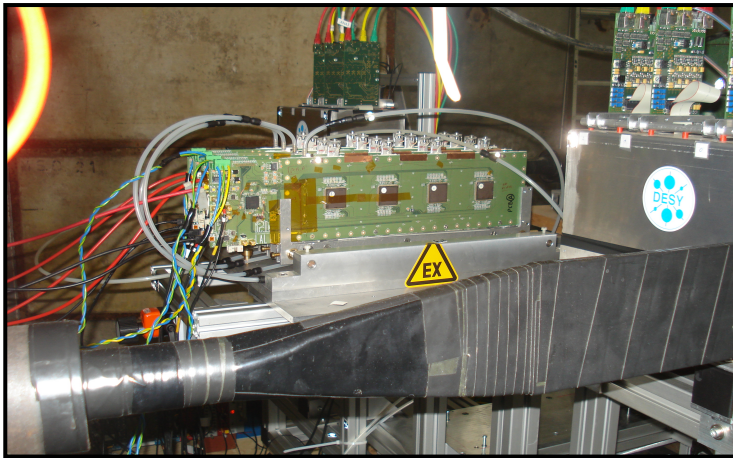
# Principe de l'analyse

## Reconstruction de traces:

- Trigger: Evènement dans les deux chambre externes.
  - Présence (ou absence) d'évènements dans la chambre centrale.
- =>Chambre efficace (ou inefficace)



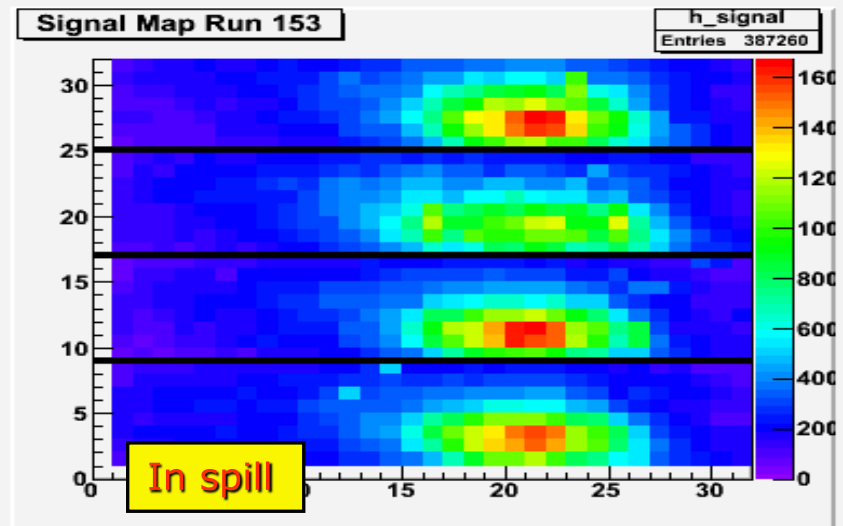
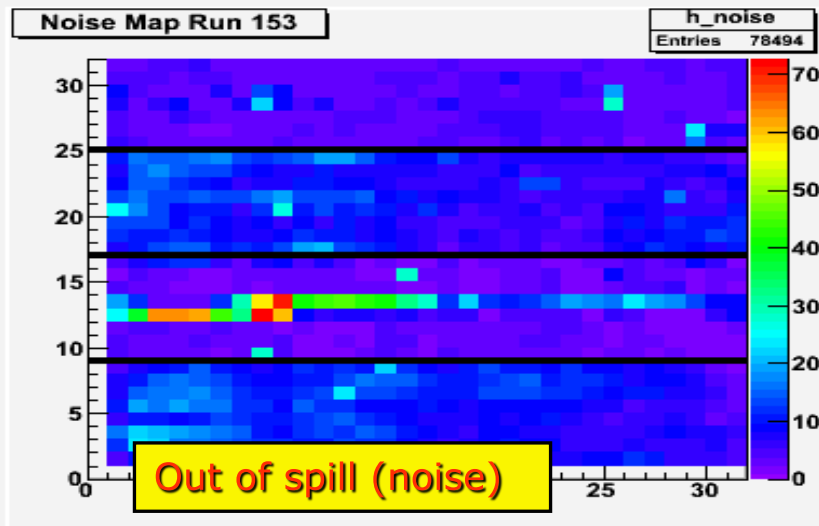
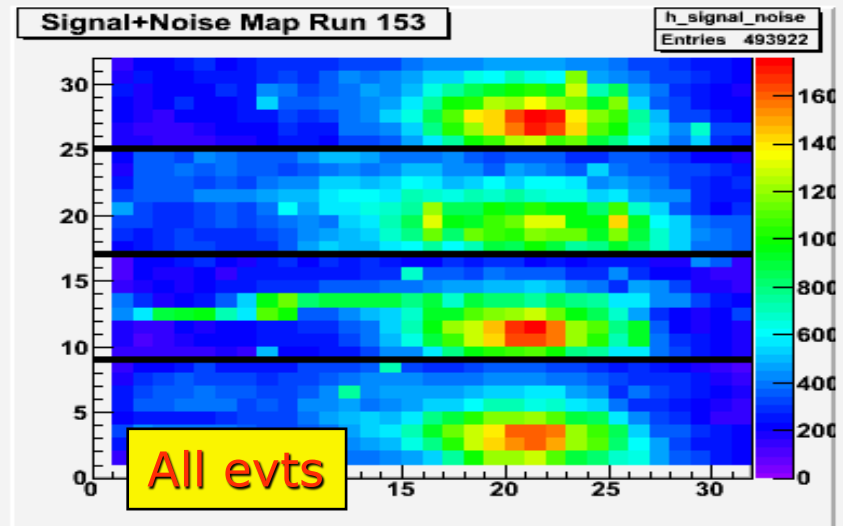
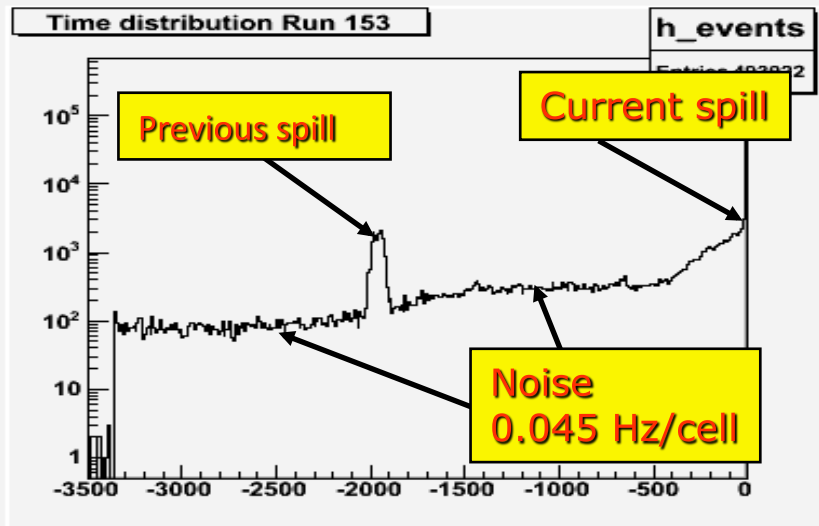
# Tests sur faisceau au CERN



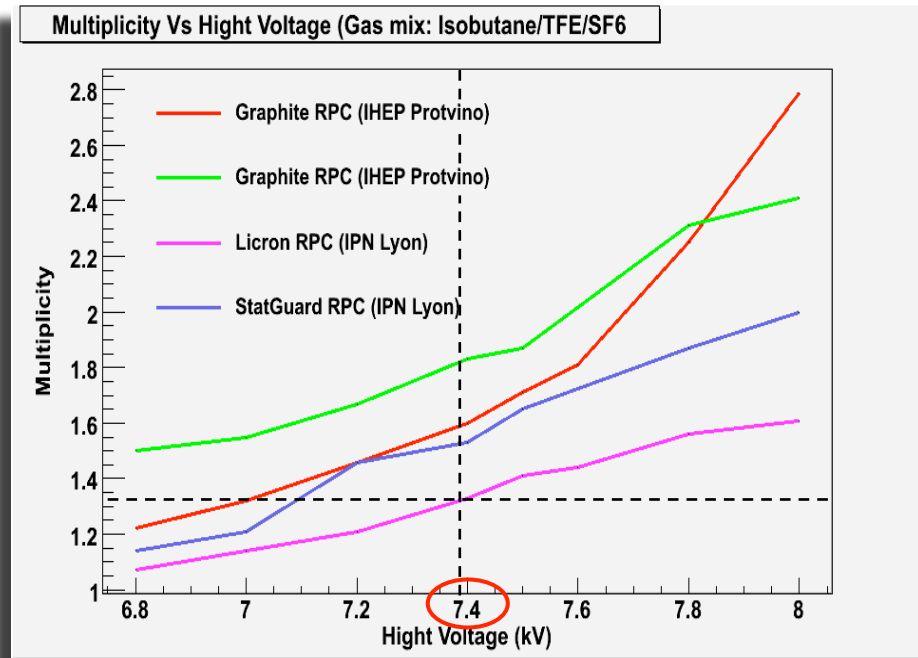
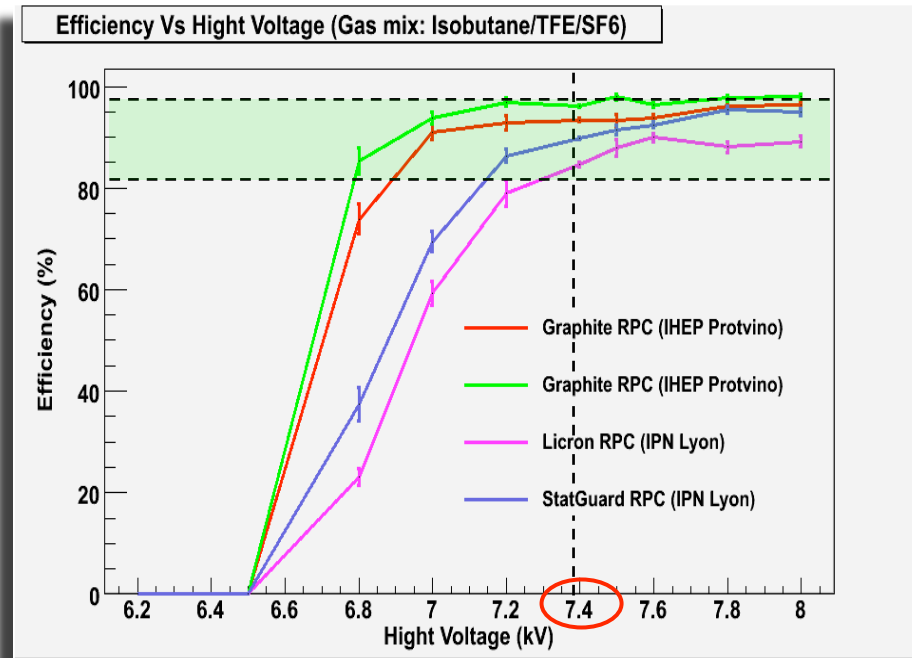
But: exposer un assemblage de 4 prototypes, à des faisceaux de pions (1-12GeV), afin d'évaluer les performances des détecteurs et de l'électronique pour différentes conditions de fonctionnement:  
(Tension de polarisation/Rate du faisceau/Mélange gazeux/Seuils)

Evaluer la pertinence des choix techniques réalisés lors de la conception des chambres de détection (R&D détecteur).

# Sélection temporelle des évènements



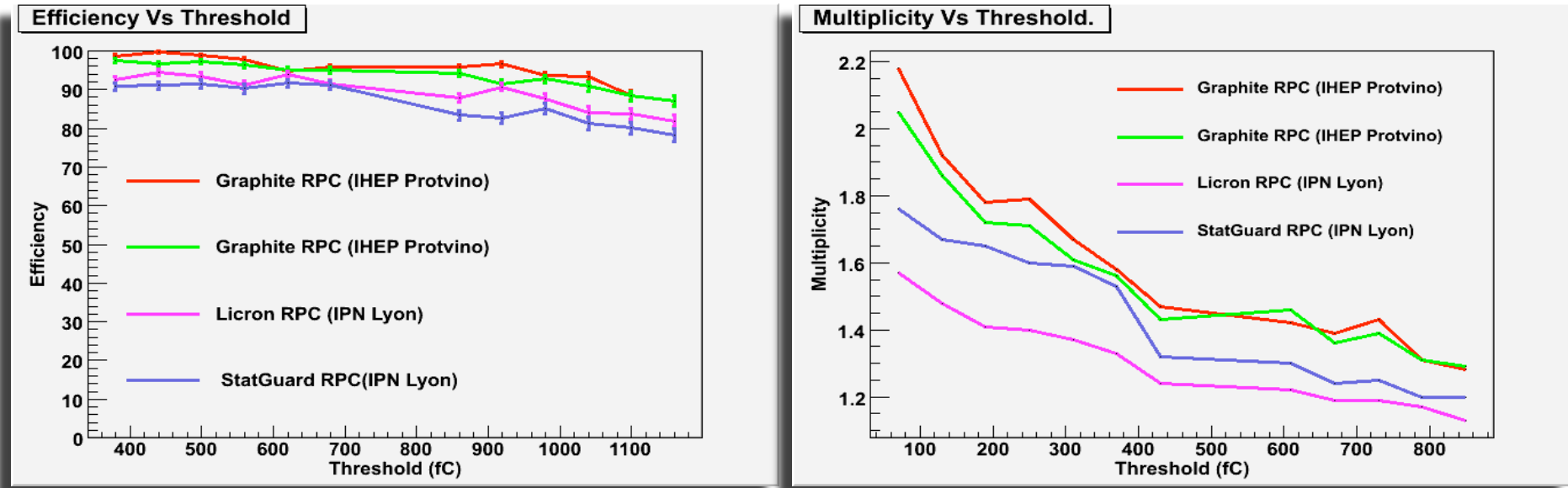
# Scan de la tension de polarisation



## Comparaison de différents revêtements résistifs:

- Seuils de discrimination: 120 fC(bas)/450fC(haut)
- Plateau: 7.2 à 8kV => Efficacité: 80 à 98%
- Meilleur rapport Multiplicité/Efficacité à 7.4kV pour le Licron.

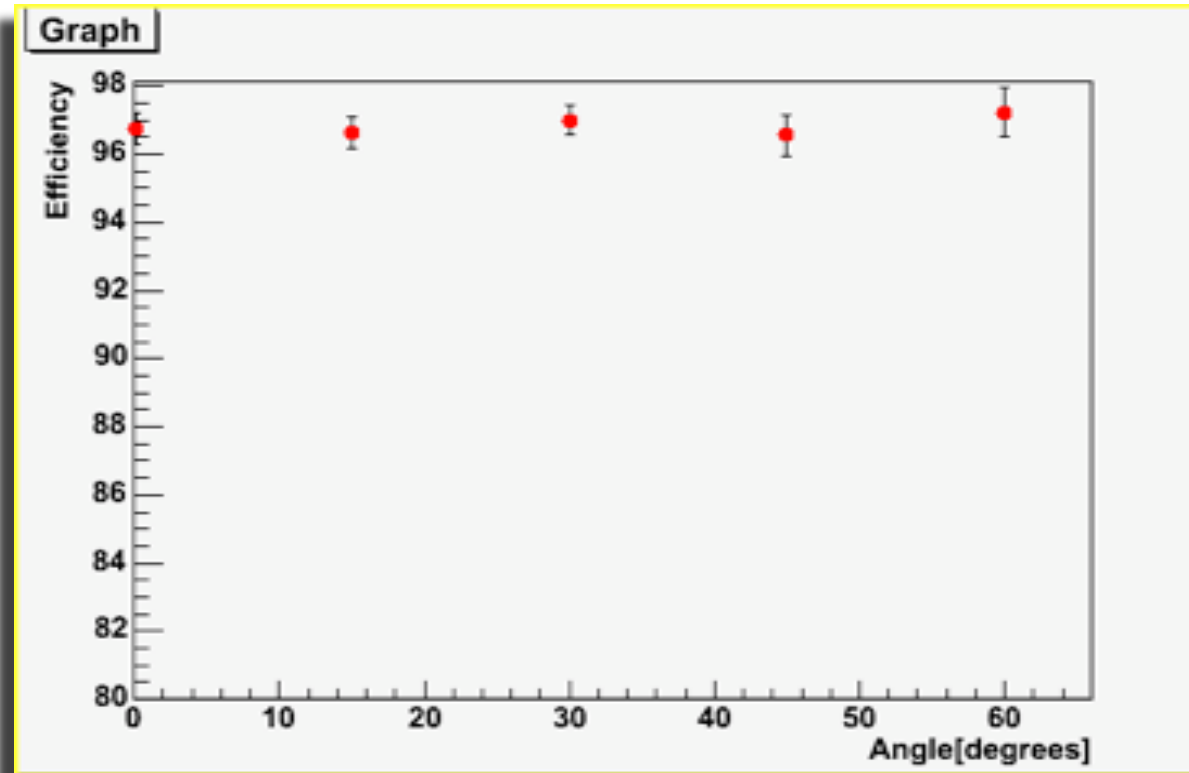
# Scan du seuil de déclenchement



## Etude de la sensibilité du HARDROC I (puce de traitement):

- Utilisation du point de référence: 7.4kV
- Gamme dynamique du HARDROC I trop faible pour un spectre de MIP:  
=>Maximum 1.1pC inférieur à 2pC (charge moyenne/MIP)
- Diminution de la multiplicité: Effet tel que attendu...

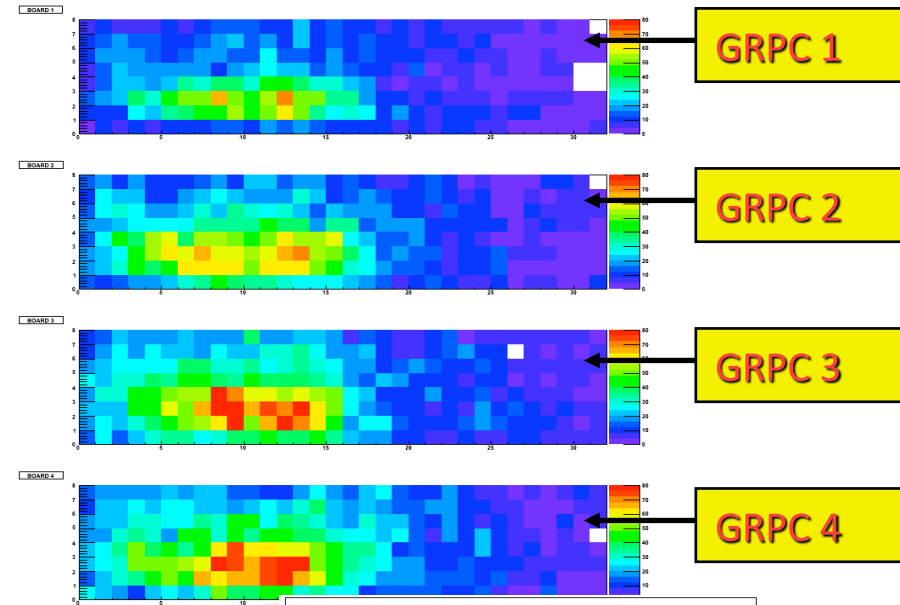
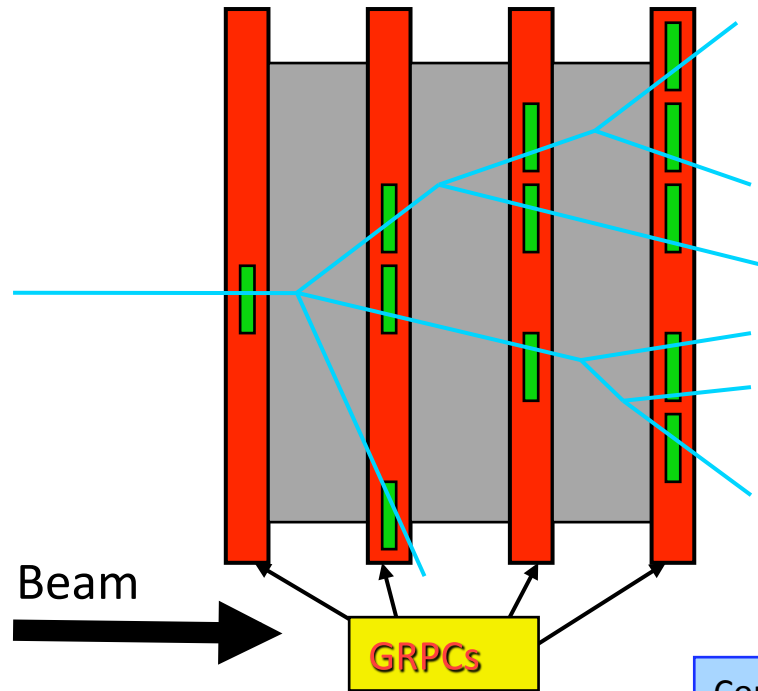
# Scan en angle



L'angle d'incidence n'a pas d'effet notable sur l'efficacité de détection.

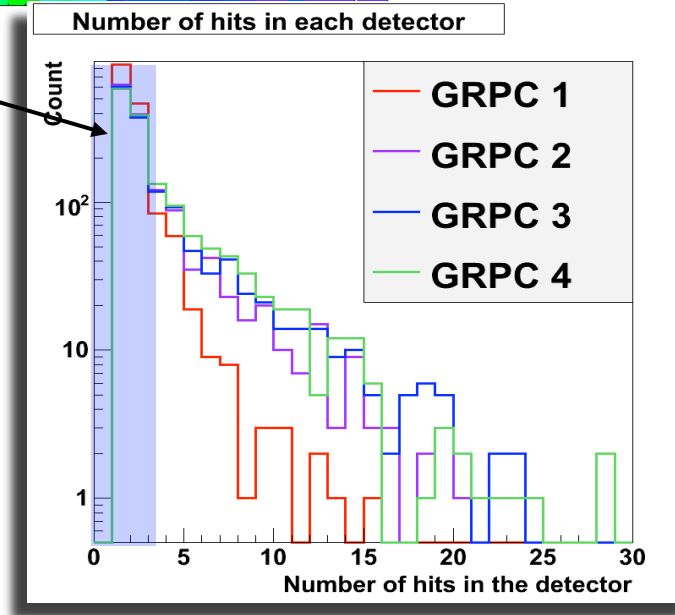


# Premières gerbes de PION



Contamination Muons

Le prototype ne contient pas complètement les gerbes, mais permet d'avoir un premier aperçu du développement de celles-ci.





# Le prototype de 1m<sup>2</sup>

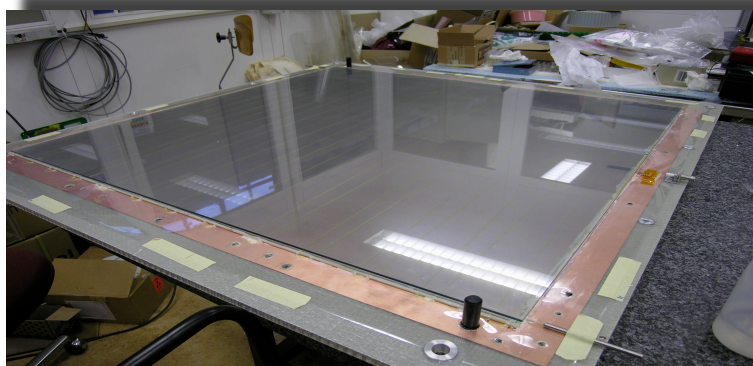


GRPC Licron (IPNL)

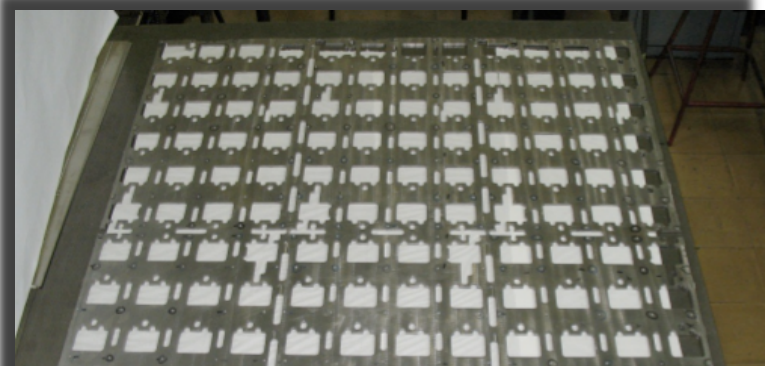


GRPC Statguard (IPNL)

Plusieurs détecteurs de 1m<sup>2</sup> ont été réalisés. Différentes peintures résistives, et plusieurs solutions concernant le guidage du flux de gaz dans la chambre ont été testées.

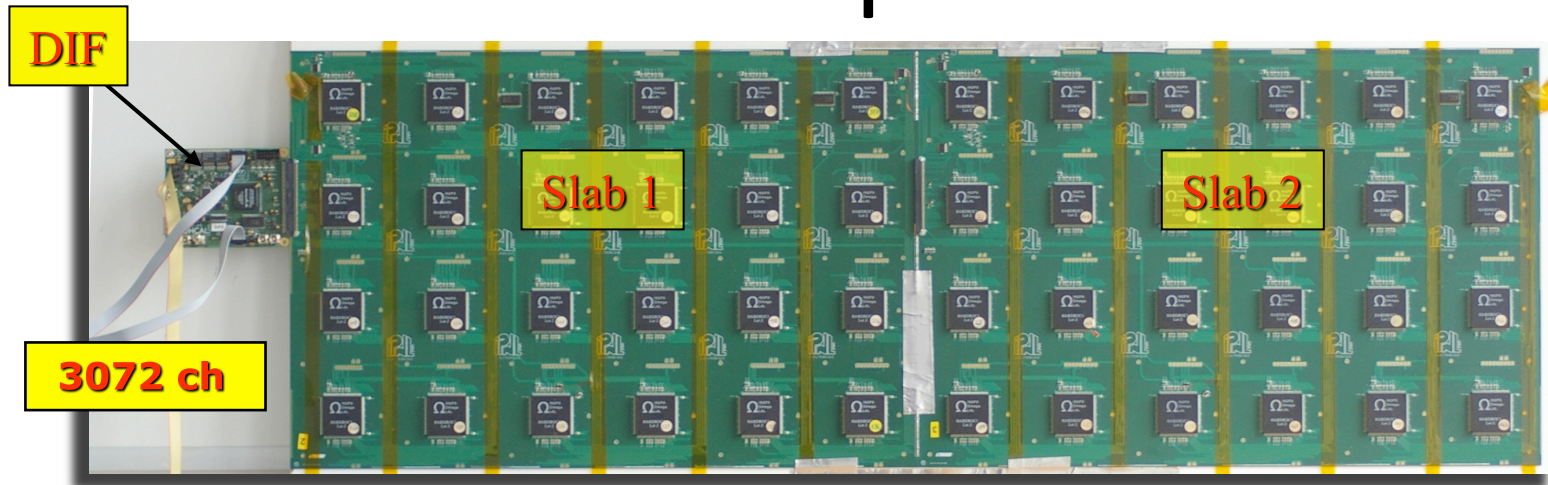


GRPC Multigap (INFN bologne)

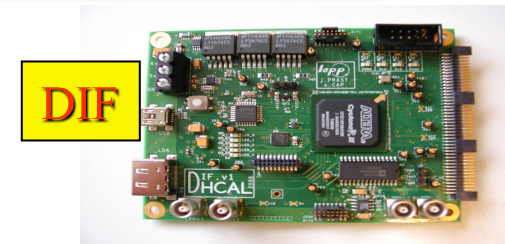


Support pour l'électronique (CIEMAT)

# Electronique 1m<sup>2</sup>

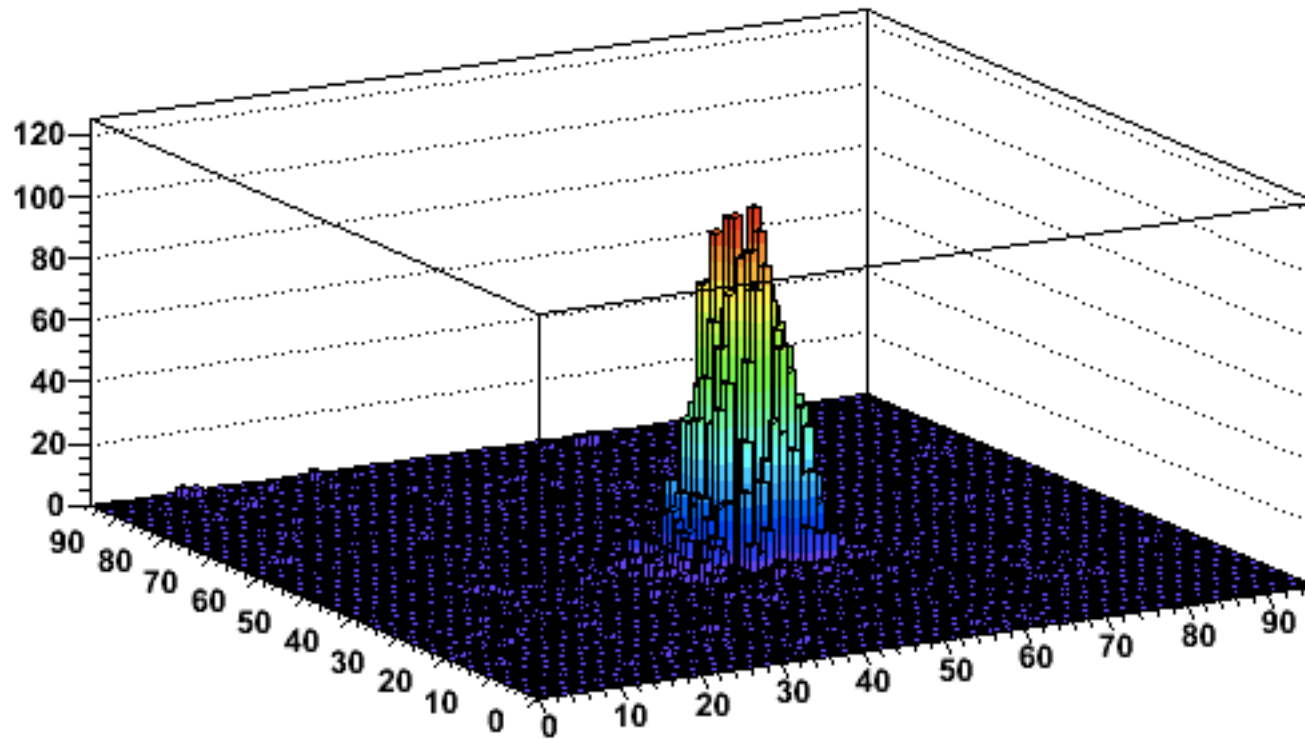


- 3x2 Slab de 24 HARDROC
- 3 DIF synchronisées pour orchestrer la lecture.
- Un total de 9216 canaux de 1cm<sup>2</sup> pour un mètre carré.
- Software d'acquisition : Xdaq



# Premiers résultats avec 1m<sup>2</sup>

Board2DLev1



Profil du faisceau enregistré durant la campagne de prise de données au CERN cet été.

# HARDROC II

## Optimisations apportées au design du HARDROC:

- Un seuil en plus. (Total 3 seuils)
- Possibilité de masquer les canaux bruyants.
- Ajustement des gains plus précis => meilleure uniformité obtenue après calibration.
- Gamme dynamique étendue >10pC

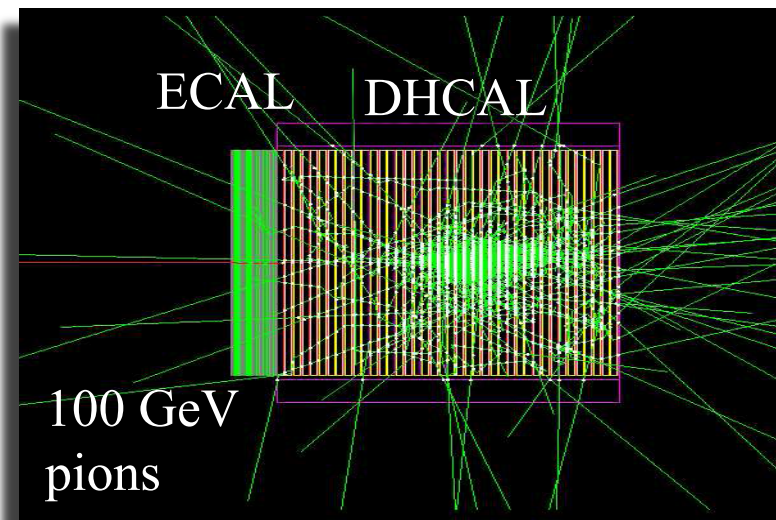
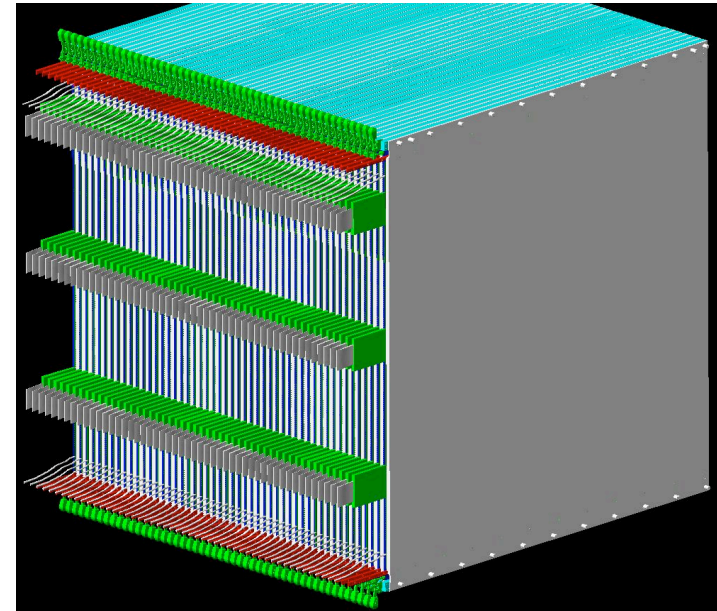
=>Nouvelles cartes en cours de test.



# La suite: le prototype de 1m<sup>3</sup>

## Etude du design :

- 40 plans de détecteur séparés par des plaques de 20mm d'acier:  
=>6 tonnes  
=>368.640 canaux
- Simulations réalisées pour vérifier le « containment »
- Distribution et recyclage gaz
- Système d'agrégation de données en développement



# Conclusions

## Etat actuel des travaux:

- La R&D détecteur est bien avancée:
  - >Les détecteurs de  $1\text{m}^2$  sont efficaces (>90%).
  - >L'objectif de minimisation des zone mortes est atteint.
  - >Une étude approfondie des éléments responsable du bruit de fond est en cours pour le minimiser.

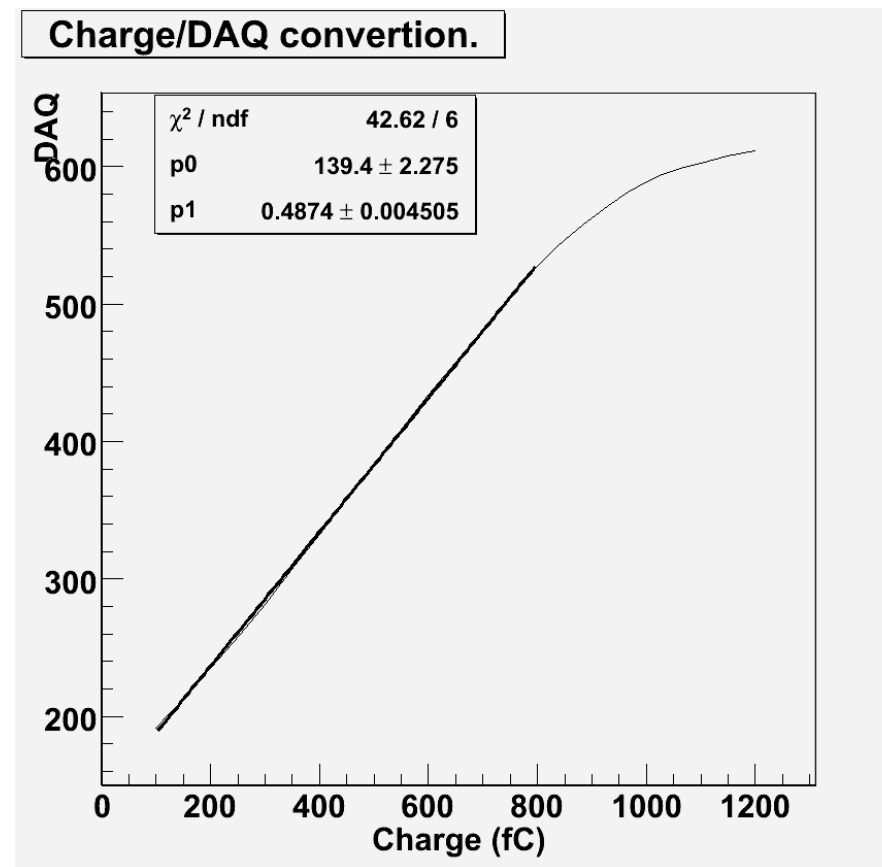
## La suite...

- Démarrage de la production des 40 détecteur, et de la structure du  $\text{m}^3$ .
- Démontrer la faisabilité du « power-pulsing ».
- Pour ma part: développer des outils de reconstruction, et étudier un canal de physique auprès du détecteur ILD, continuer mon travail sur le traitement des données brutes.

Backup Slides



# Dynamique HARDROC I



1 DAQ = 0.48 fC