

R&D calorimètre pour les futurs collisionneurs

M. Chefdeville pour le groupe Micromegas

Journée de prospective LAPP
3/10/2013, Fondation Mérieux, Veyrier-du-Lac

1. État des lieux (LC, PFA, DHCAL, R&D, testbeam)

2. Prospectives

Le futur collisionneur linéaire (ILC/CLIC)

ILC : collisions e^+/e^- à $\sqrt{s} = 500$ GeV, $L \sim 2.10^{34}$ /cm²/s
Accélérateur de 31 km équipé de cavités RF supra. (31.5 MV/cm)

Objectifs : Spectroscopie du Higgs, étude neutralino et sleptons

Peu de bruit de fond mais sections efficaces faibles

→ pas de système de déclenchement nécessaire

→ désintégrations hadroniques à haut rapport d'embranchement ne peuvent être ignorées

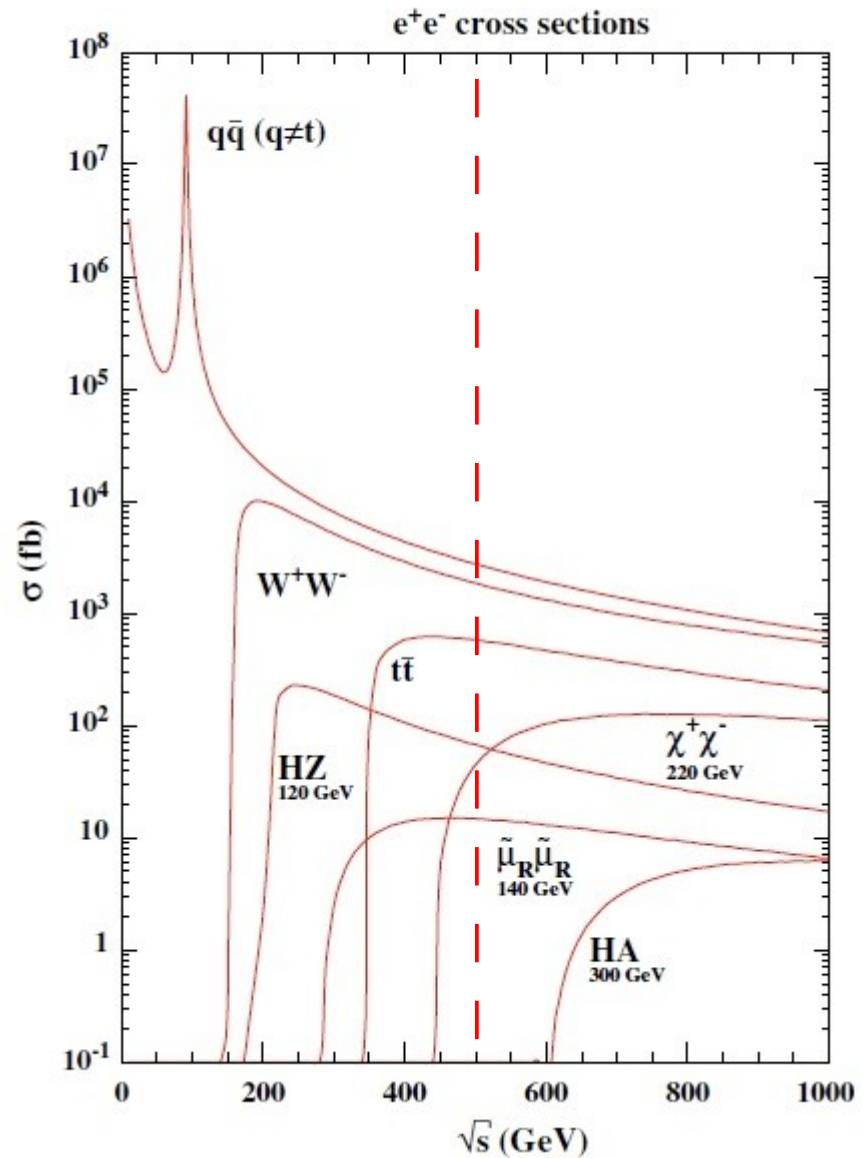
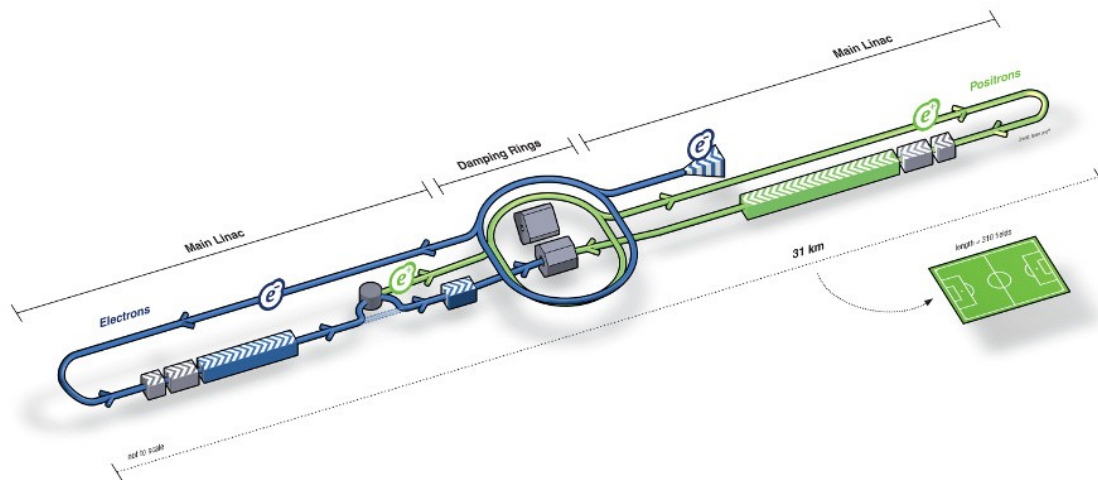
Contraintes détecteurs

Résolution sur l'énergie des jets cruciale ($H \rightarrow bb, WW, gg...$)

Excellente mesure de l'impulsion ($ee \rightarrow HZ$)

Identification efficace des saveurs

Électronique auto-déclenchée et basse consommation



Reconstruction des jets par la méthode du *Particle Flow*

Mesure des particules avec le détecteur le mieux adapté :

Chargées → trajectographe Neutres → calorimètres

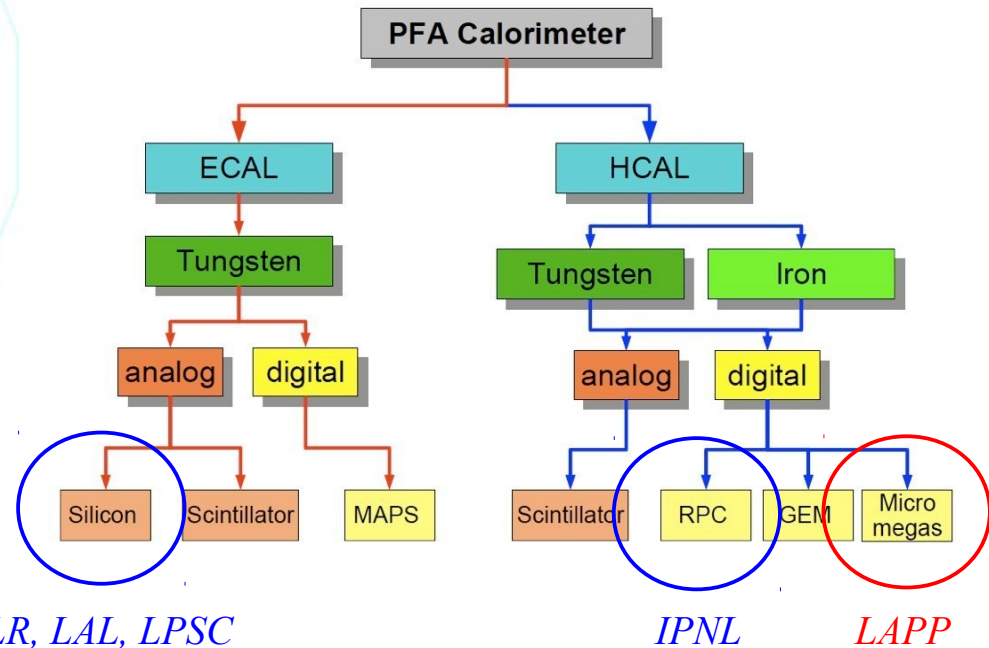
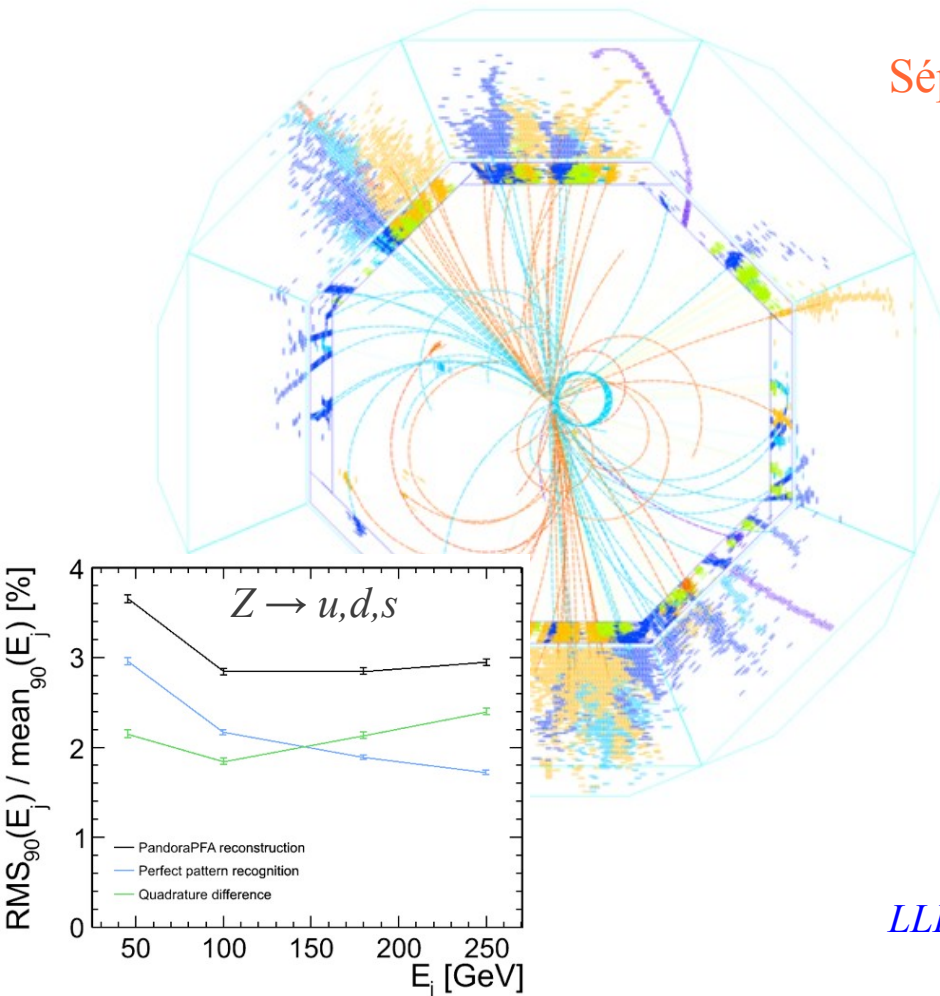
Composition d'un jet : hadron neutres ~ 10 % & photons ~ 30 % (π^0)

→ la résolution des calorimètres est secondaire (20 %/ \sqrt{E} et 60 %/ \sqrt{E} pour le ECAL et HCAL suffisent)

Séparation des gerbes dans les jets = Hardware + Software

→ calorimètres granulaires (CALICE)

→ algorithmes de reconstruction sophistiqués



Calorimétrie hadronique à seuil(s)

Méthode de reconstruction PFA → les calorimètres sont granulaires ($30 \cdot 10^6$ voies pour le DHCAL)...

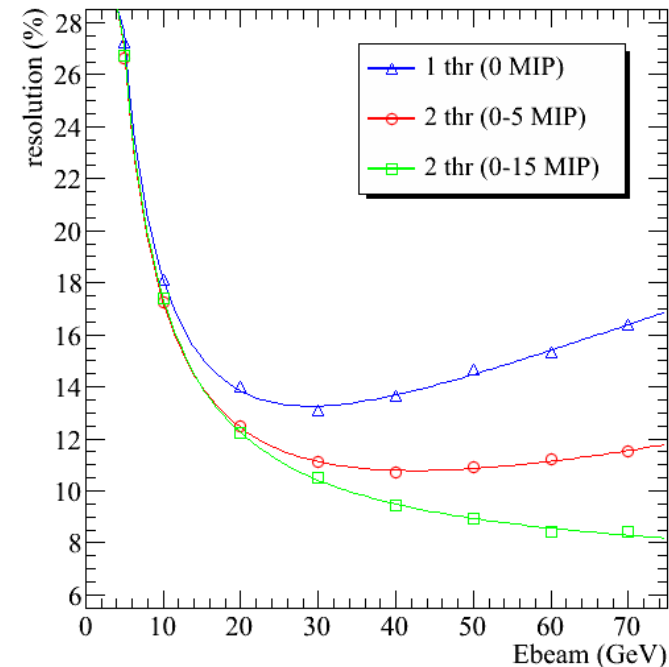
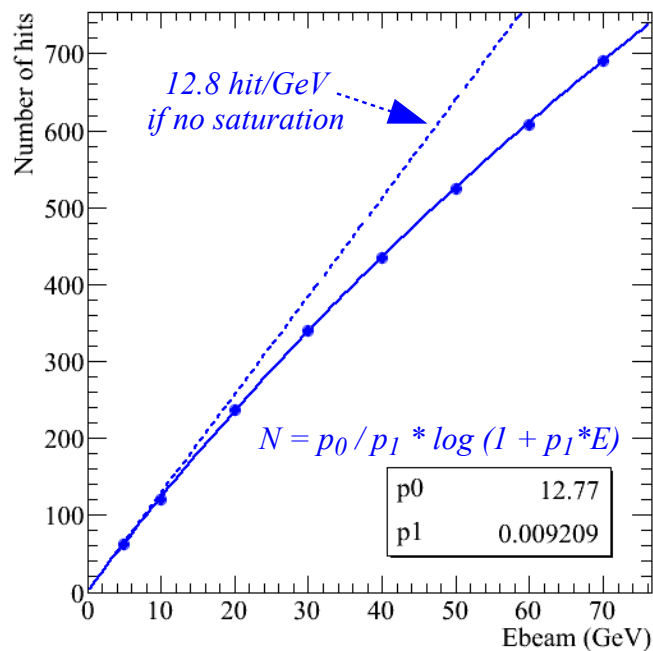
→ électronique frontale intégrée dans les calorimètres : PCB complexes (et coûteux)

... et dans l'aimant

→ pas de place pour un système de refroidissement actif

→ électronique basse consommation : 1 ADC / voie → 1 seuil / voie + « power-pulsing »

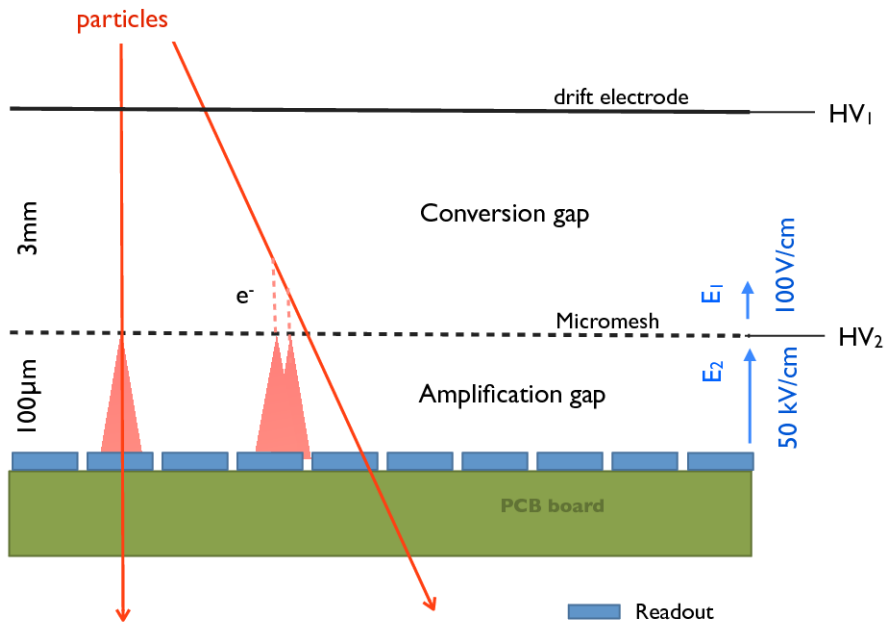
Réponse et résolution sur l'énergie des pions d'un DHCAL Fe/Ar profond ($11 \lambda_{int}$) doté de cellules de $1 \times 1 \text{ cm}^2$



Saturation « géométrique » de la réponse (cœur EM) → dégradation de la résolution > 30 GeV

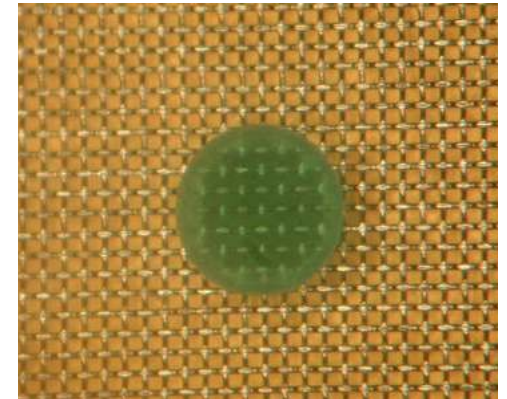
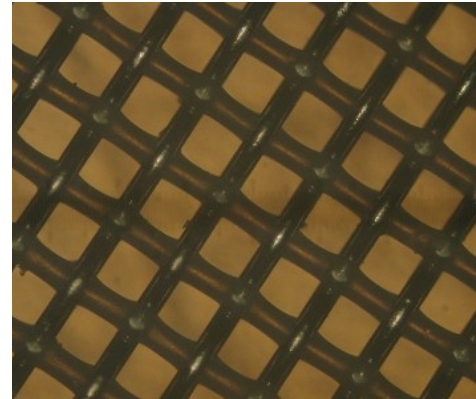
Techniques de compensation possibles : seuils supplémentaires, topologie des gerbes (MIP, densité)

Micro mesh gaseous structure (Micromegas)



Micromegas (fabrication « Bulk »)

*Grille en acier tenue par de petits piliers isolants
Solide et bonne uniformité spatiale du signal*



Principe de fonctionnement

Ionisation → dérive des e- vers la grille → multiplication des électrons

(ions d'avalanche collectés par la grille en 50-100 ns → pas de charge d'espace (& excellente tenue au flux))

in a 3 mm argon gap

Primary charge: 30 e- on average per MIP

Drift of electrons to the mesh in ~ 50 ns

Maximum multiplication factor given by the spark limit: e.g. 10^4 - 10^5 for X-rays

Single electron signal has a fast (~1 ns) and a slow (~50-100 ns) component

R&D Micromegas

ANR DHCAL: digital hadron calorimeter

4 prototypes 1x1 m² dotés de $\sim 10^4$ damiers d'anode de 1x1 cm² et d'une électronique frontale embarquée (au dos des PCB)

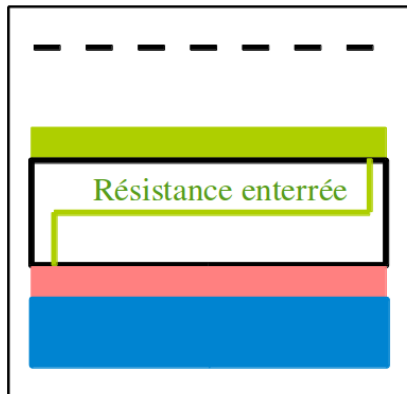
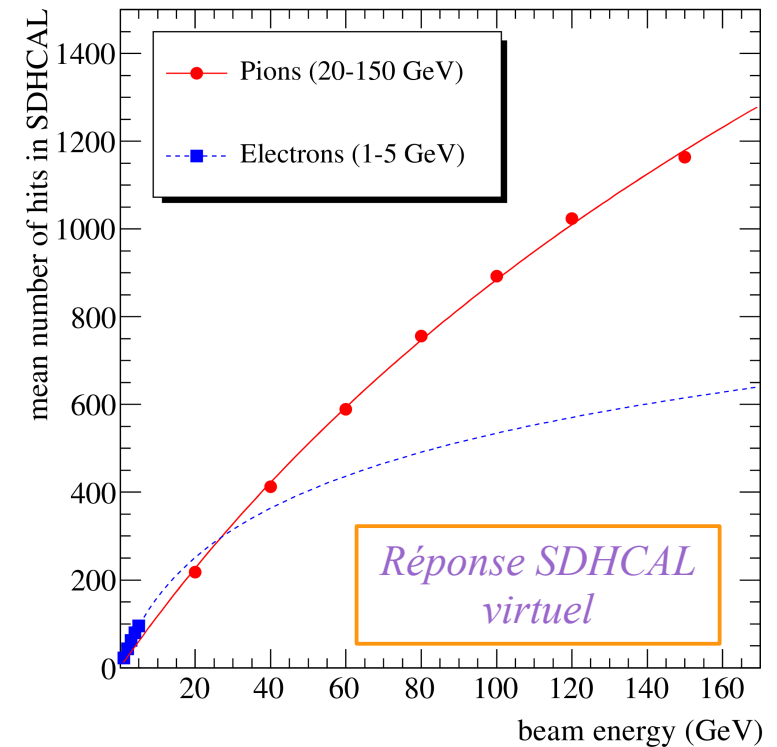
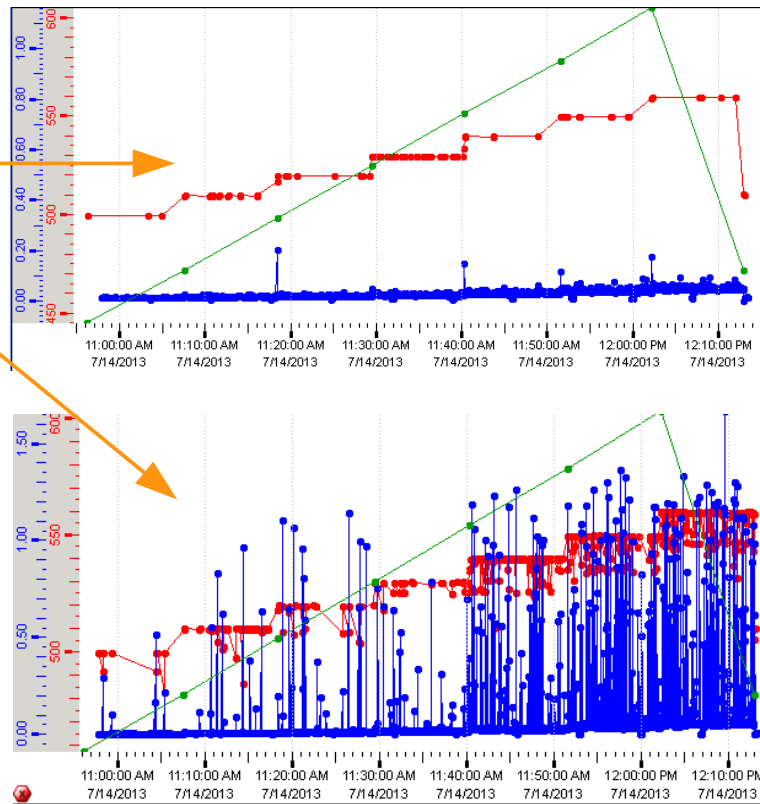
ANR SPLAM: spark protected large area Micromegas

5 prototypes 16x16 cm² dotés de 256 damiers de 1x1 cm² d'anode avec ou sans dépôt résistif



Anode résistive

Anode métallique



Le prototype SDHCAL

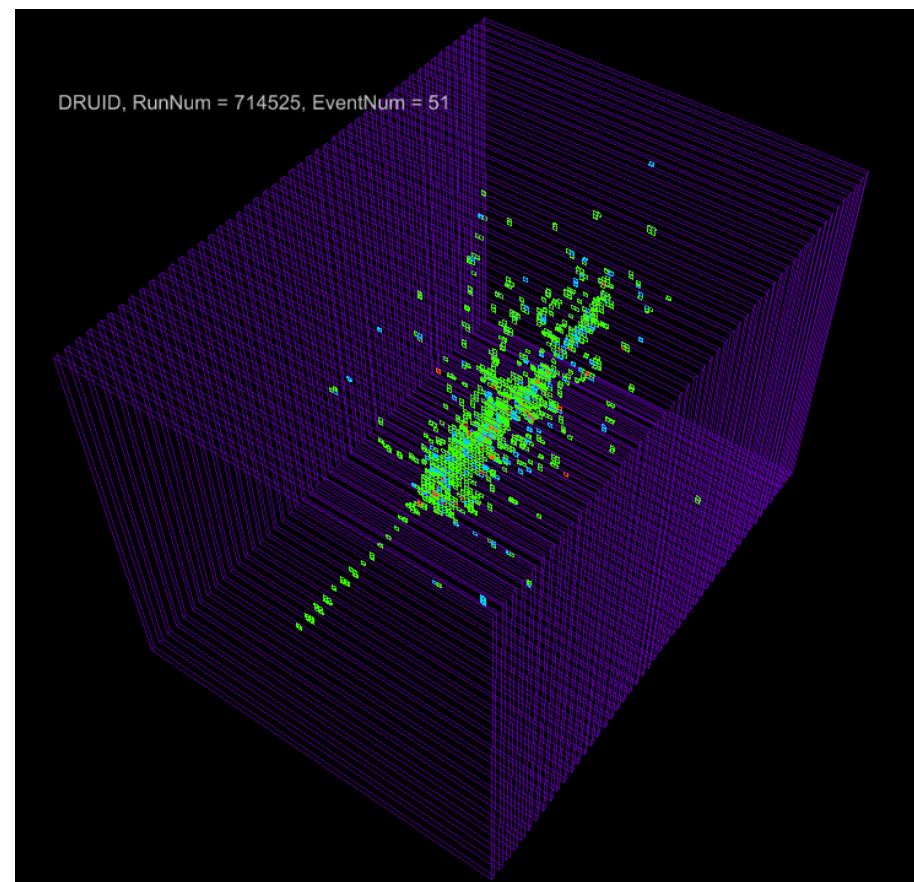
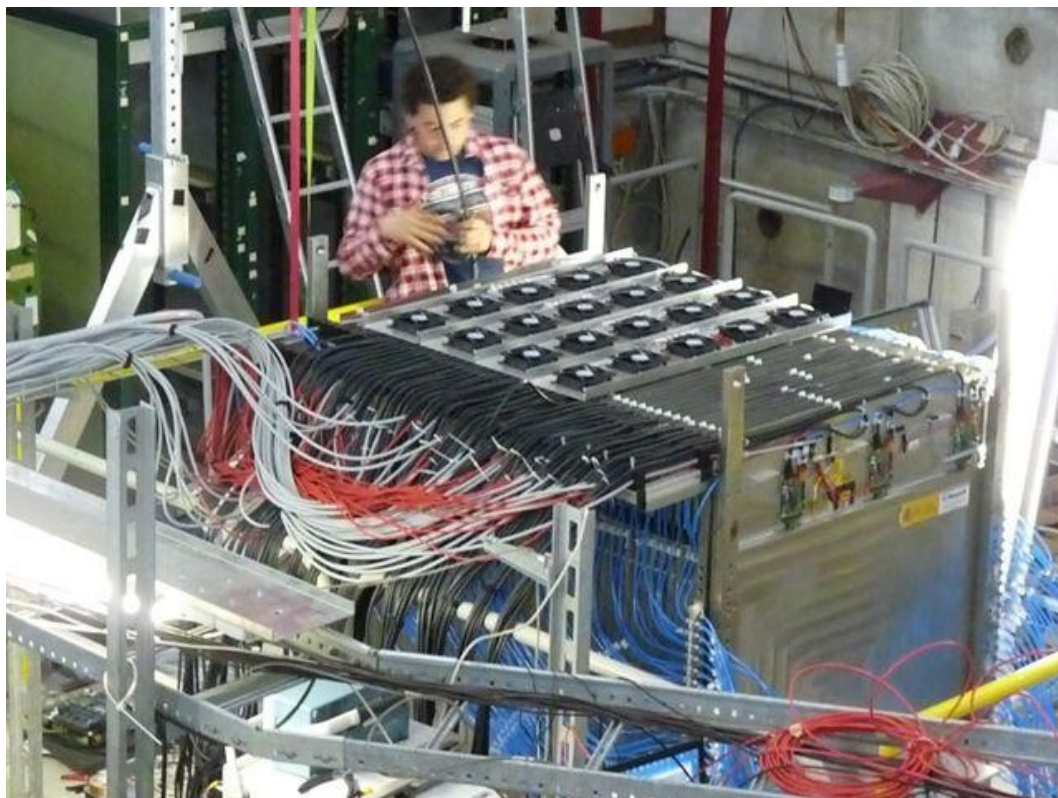
50 plans d'acier ($5.5 \lambda_{\text{int}}$) et de détecteurs gazeux
(principalement RPC et 4 Micromegas de $1 \times 1 \text{ m}^2$)

Record de $\sim 450\,000$ voies de lecture

LAPP = carte lecture frontale + DAQ firmware

Fonctionne sans trigger

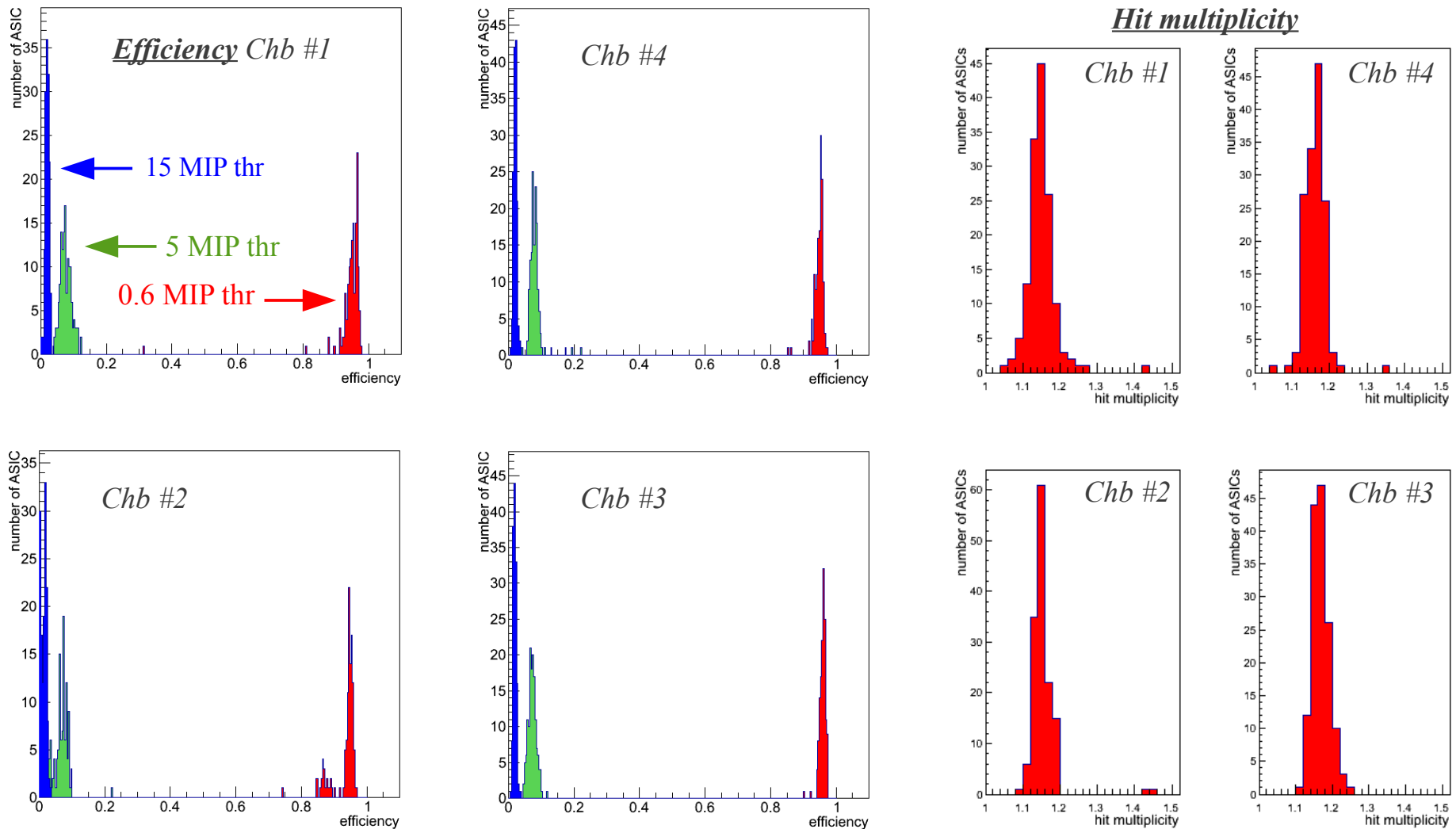
Enregistre « tout ce qui passe »



Particules au minimum ionisant (MIP)

Novembre 2012: 4 grands Micromegas testés dans le SDHCAL RPC-Fe (Micromegas @ couches 10,20,35,50)

→ Scan en position (1 mesure / ASIC) sur toute la surface des prototypes (RPCs = télescope)



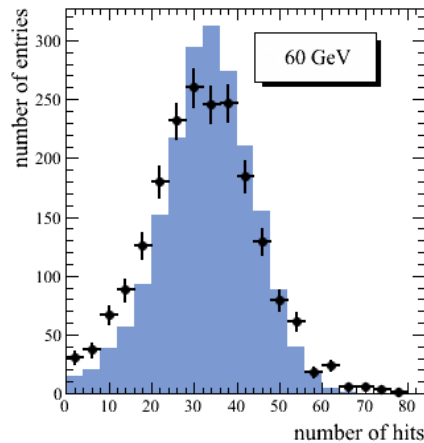
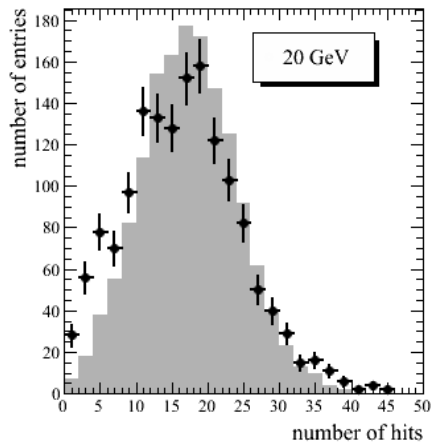
Uniform performance over 4 m² → precise calibration, reproducible manufacturing process

Gerbes hadroniques (pions)

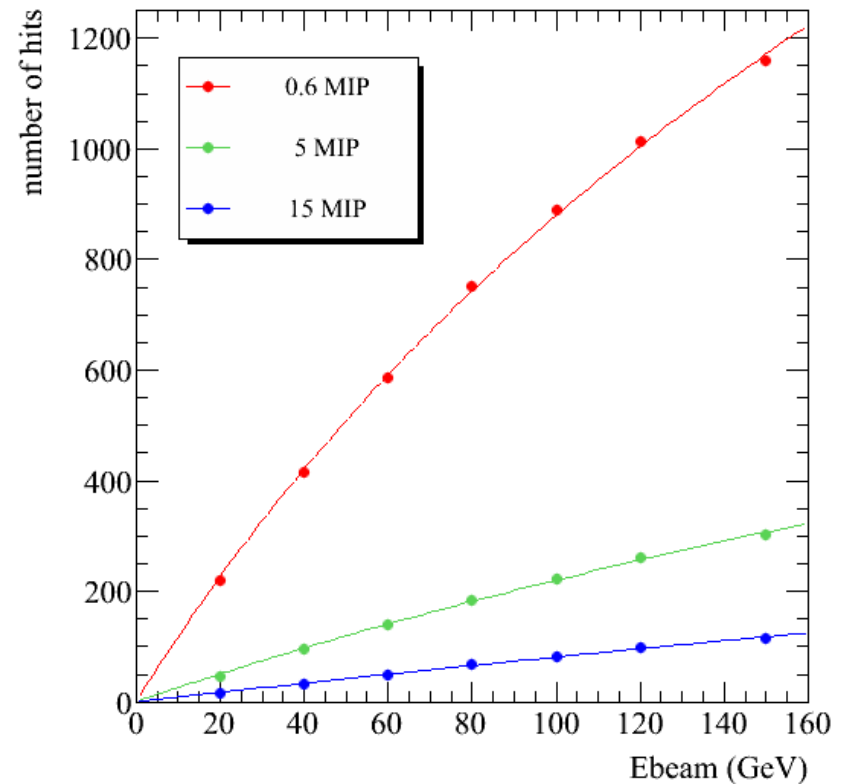
Novembre 2012: 4 grands Micromegas testés dans le SDHCAL RPC-Fe (Micromegas @ couches 10,20,35,50)

→ Scan en énergie de 20 à 150 GeV (départ de la gerbe identifié avec les RPCs) → $N_{hit}(z)$ dans les Micromegas

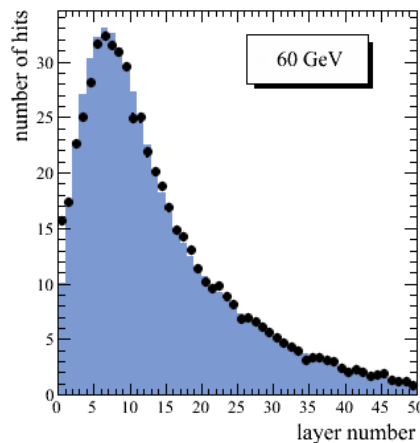
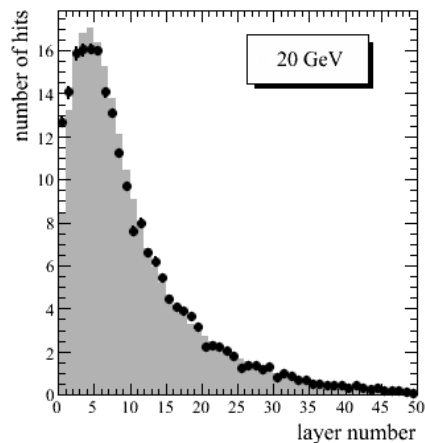
Testbeam/Monte Carlo: N_{hit} distribution at shower max



Pions 20-150 GeV (SPS)



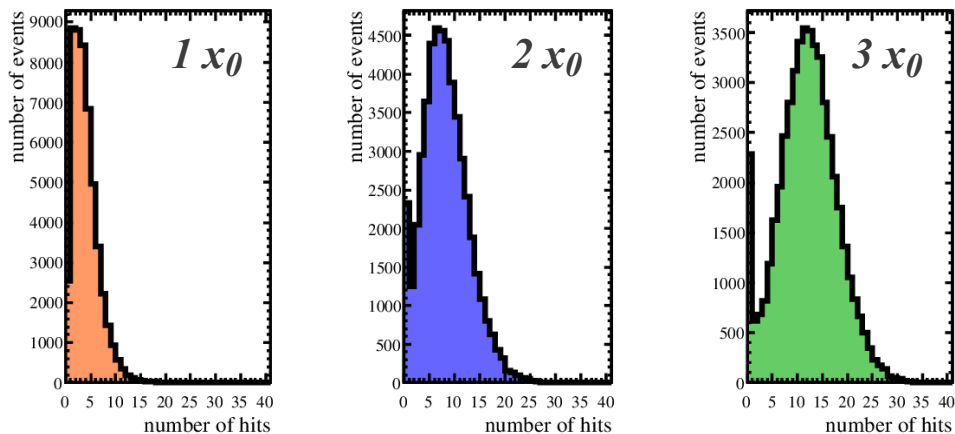
Testbeam/Monte Carlo: Longitudinal profile



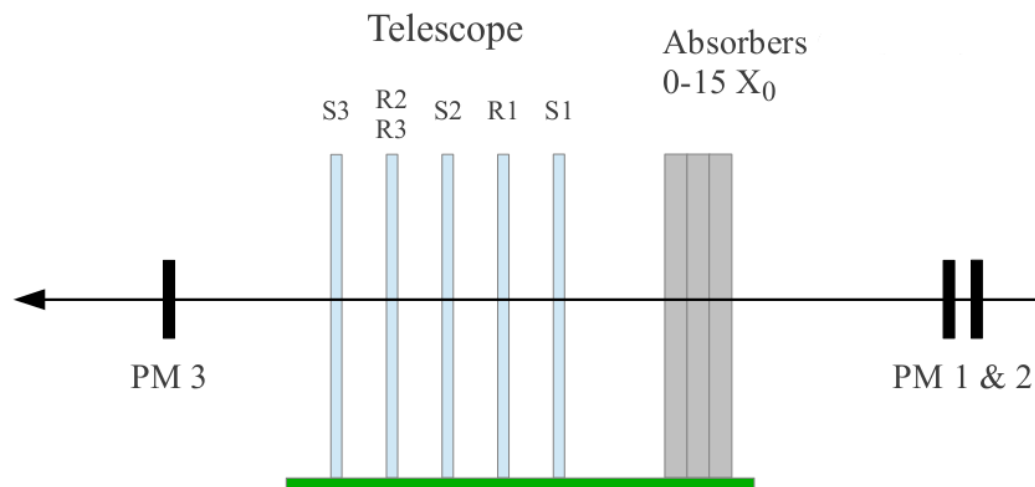
Gerbes électromagnétiques (électrons)

Juillet 2013: test de petits prototypes à DESY (16x16 cm²) avec une épaisseur variable d'acier en amont

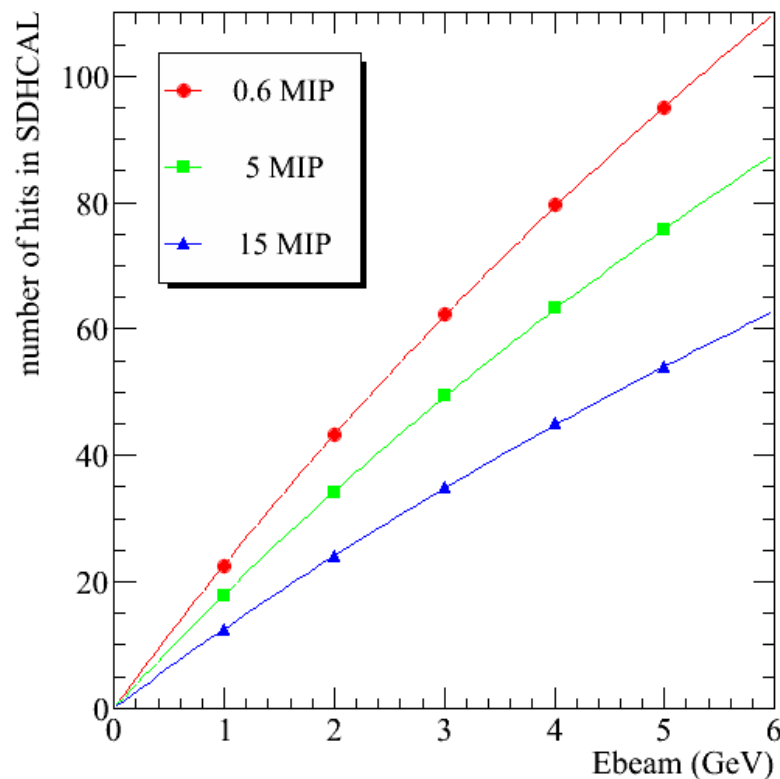
→ Scan en énergie de 1 à 5 GeV (mesure de N_{hit} dans la 1^{ère} chambre) → $N_{\text{hit}}(\text{Fe thickness}) \sim N_{\text{hit}}(z)$



Number of hits – 3 GeV electrons

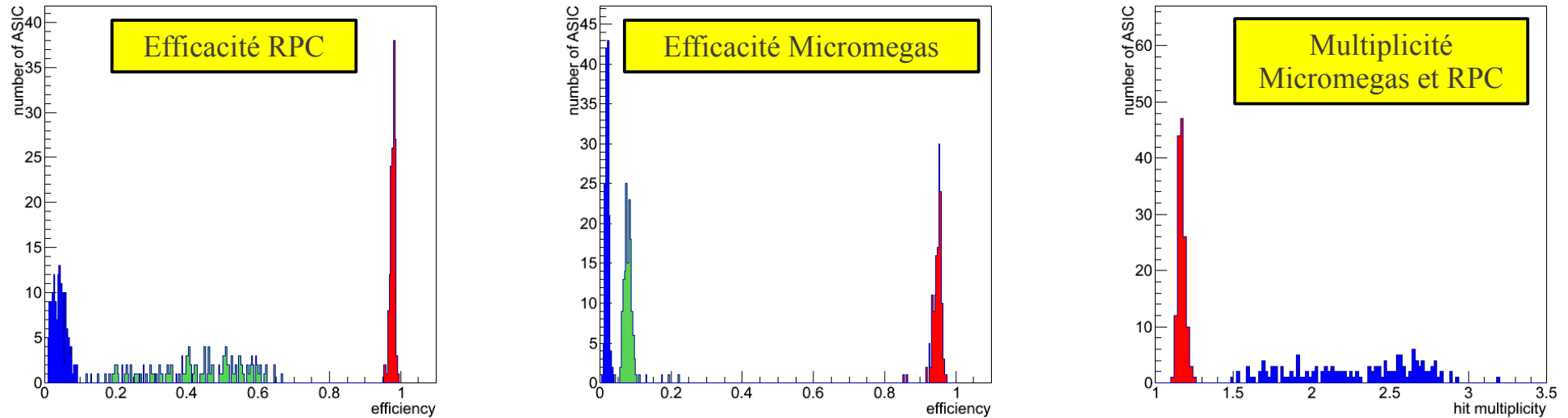


Electrons 1-5 GeV (DESY)

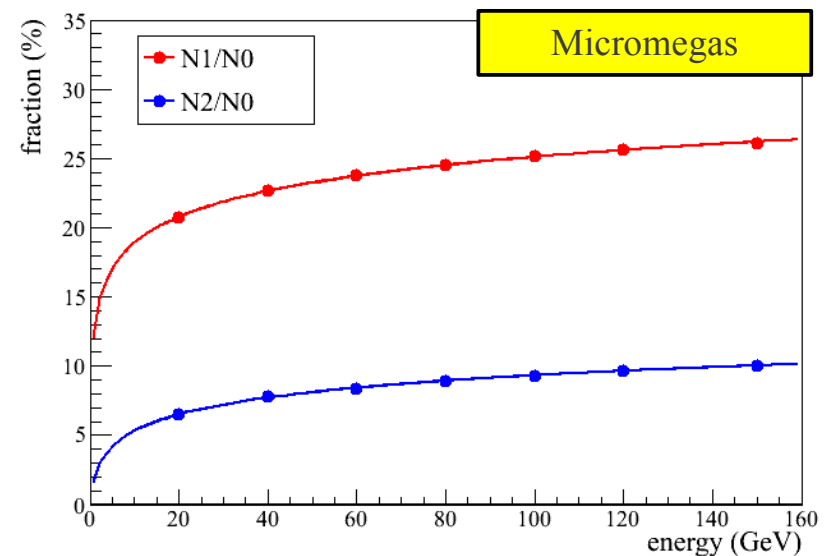
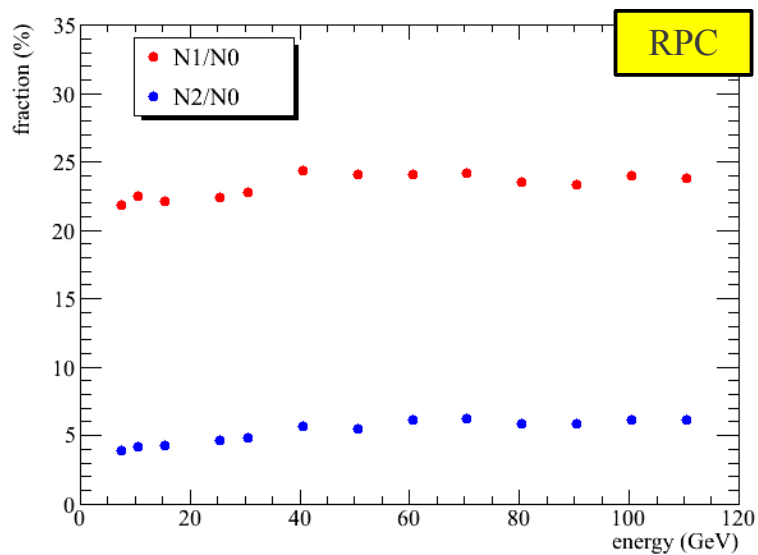


Comparaison RPC/Micromegas (MIP et pions)

Distribution de l'efficacité sur toute la surface des prototype 1x1 m² pour les 3 seuils de lecture à 0.5-5-15 MIP



Fraction des hits passant les seuils à 5 MIP (N1/N0) et 15 MIP (N2/N0) VS l'énergie des pions



Prospectives

Proposition Japonaise d'héberger un ILC
Choix d'un site de construction (Kitakami)

Quelques années de négociations internationales

→ résultats du LHC à 14 TeV...

Satoru Yamashita, chair of Japan's ILC Strategy Council

"It now has to go through international negotiations and this should take at least a few years.

*The Japanese government **can only officially decide to 'go' after establishing international partnerships.**"*

Priorité de l'IN2P3 : financement des upgrades LHC

LAPP : Activités de R&D calorimètre réduite (nouveau Contrat d 'Objectifs et de Moyens) mais pas arrêtées

→ grands prototypes Micromegas résistifs

→ collaboration embryonnaire sur les upgrades des calorimètres vers l'avant de CMS

→ recherche de financement pour un « petit » calorimètre Micromegas (ANR)

