

Résultats des tests en faisceau 2003

R. Brunelière
IPN Lyon

Plan

- Dispositif expérimental
- Reconstruction de l'énergie
 - Reconstruction d'une impulsion
 - Traitement du bruit
 - Performances obtenues avec SM1
- Reconstruction du point d'impact
 - Méthodes
 - Résultats
- Autres résultats
 - Système de refroidissement
 - Comportement sous irradiation
 - Intercalibration

Dispositif expérimental en 2003

Tests de deux modules SM0/SM1 avec 100/50 canaux
(anciennes/nouvelles cartes VFE)

- architectures électronique et mécanique finales
- systèmes finals de refroidissement et de monitoring laser.

- **Table contrôlée à distance:**

crée un vertex virtuel

- **Scintillateurs**

(déclenchement)

- **Hodoscopes**

(faisceau $\sim 145 \mu\text{m}$)

	SM0	SM1
# cristaux equip.	100	50
Electronique VFE	Ancienne FPPA	Nouvelle MGPA
Période	Longue (1.5 mois)	Courte (10 jours)
Energies	20, 35, 50, 80, 120, 150, 180, 200 GeV	25, 50, 70, 100 GeV (runs d'ions lourds)

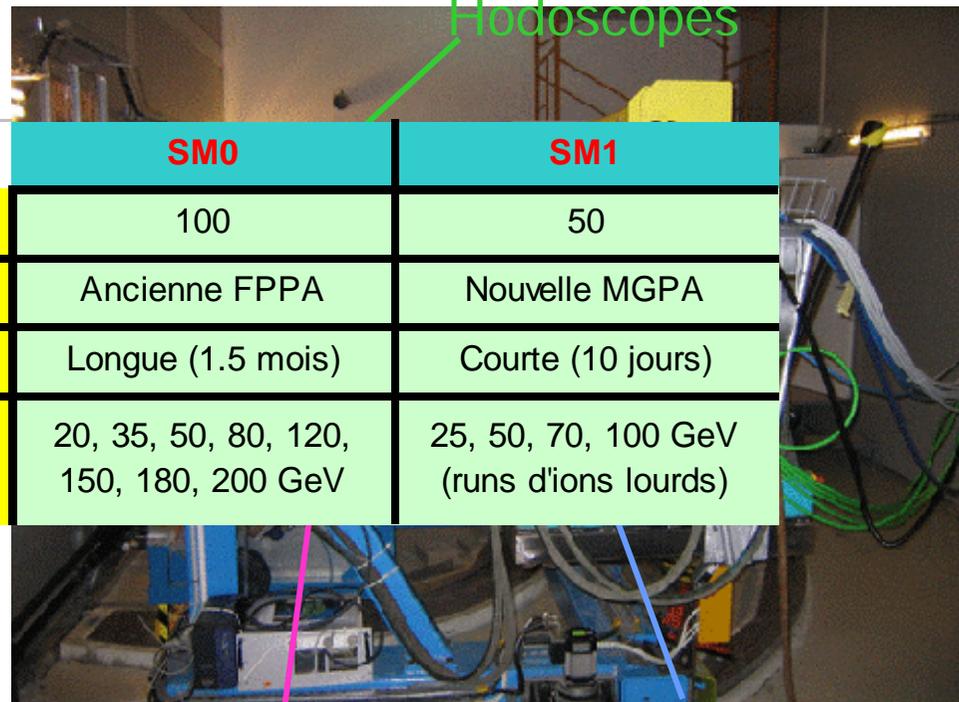
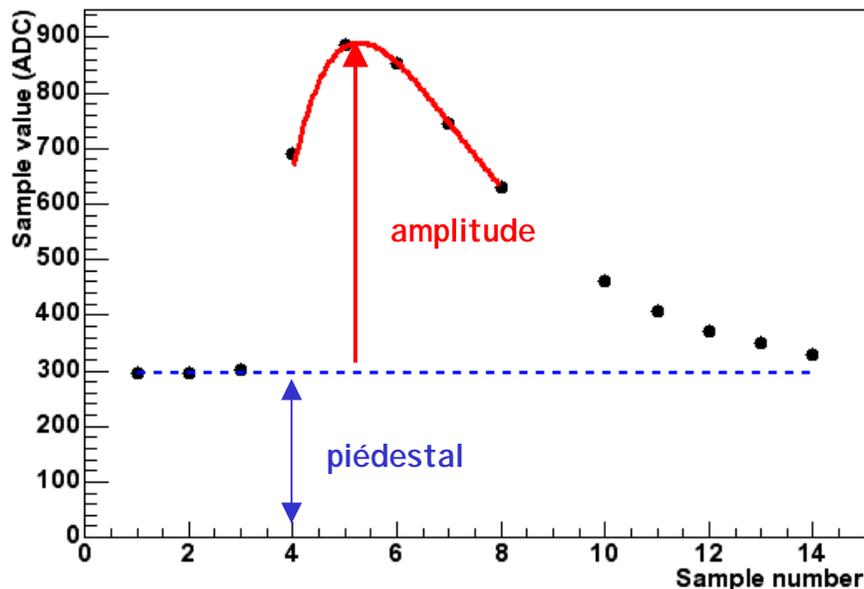


Table mobile

Supermodule

Traitement des signaux

Le signal de chaque canal est enregistré après numérisation selon 14 échantillons.

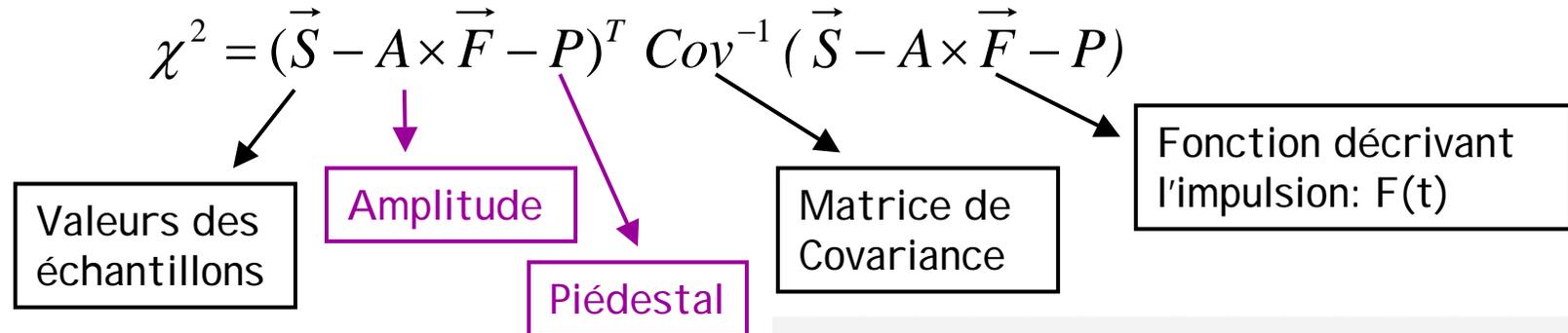


Parmi ces 14 échantillons:

- 2 à 3 échantillons sont pris avant le début de l'impulsion
→ étude du piédestal
- 11 à 12 échantillons sont enregistrés durant l'impulsion
→ extraction de l'amplitude du signal

Estimation de l'amplitude

L'amplitude est estimée par une méthode des moindres carrés

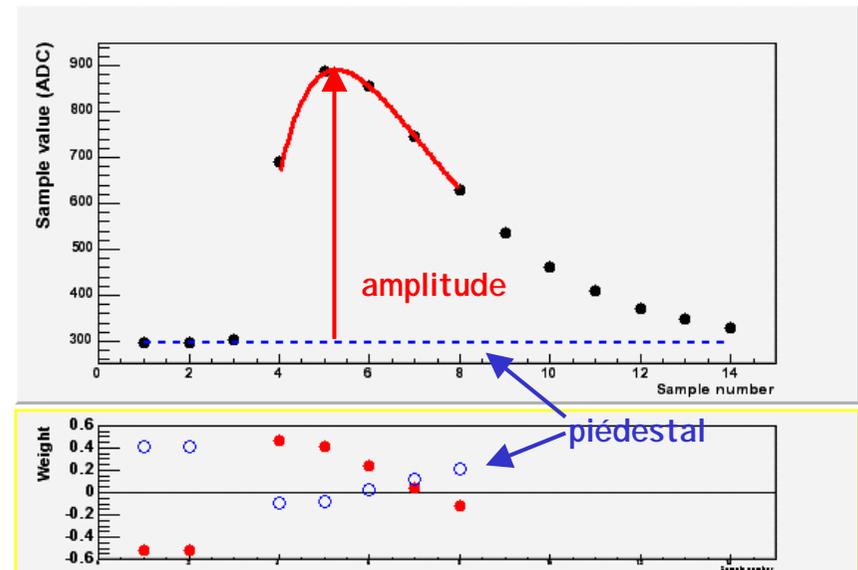


Dépendance linéaire des valeurs attendues avec les paramètres (A, P)

→ solution simple exprimée par une matrice de poids

$$\hat{A} = \sum_i w_{i,0} \cdot s_i,$$

$$\hat{P} = \sum_i w_{i,1} \cdot s_i$$



Information en temps

CMS: électronique synchronisée avec les croisements du LHC

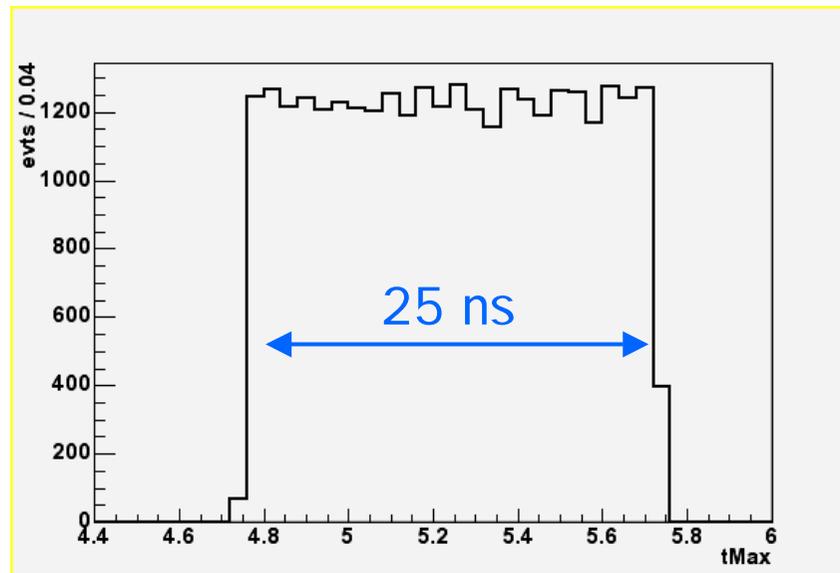
Tests en faisceau: phase aléatoire de 0 à 25 ns entre l'arrivée de l'électron et le déclenchement de l'acquisition

Précision de T_{max} :

CMS: jitter < 1 ns

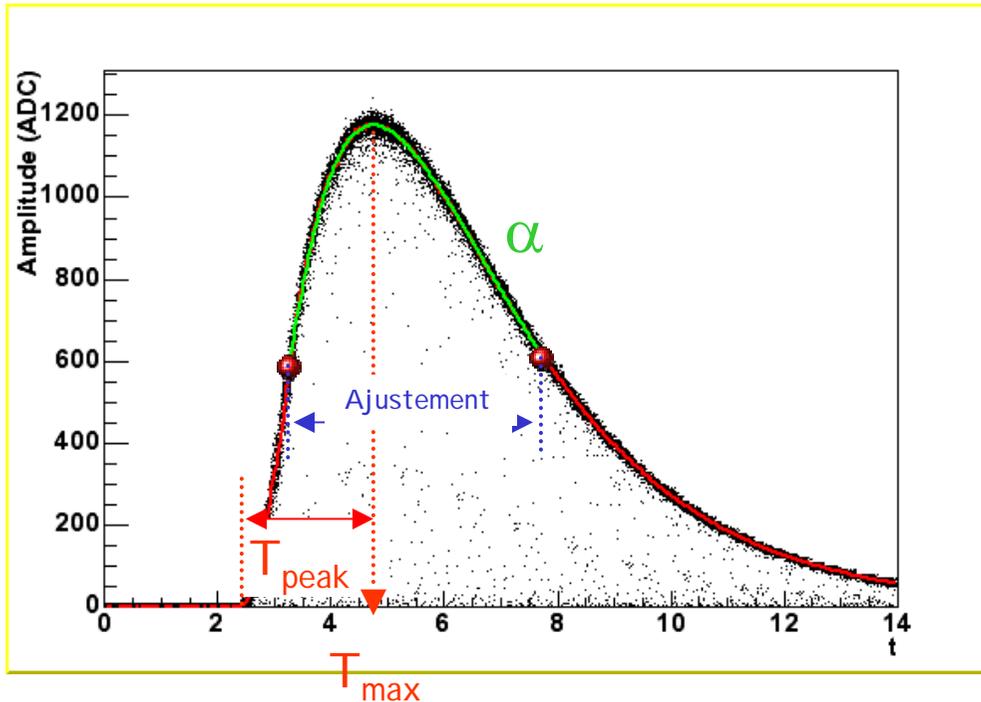
Tests en faisceau: < 1 ns
(bins de 1 ns)

Distribution en temps du maximum



Forme théorique de l'impulsion F(t)

La forme attendue est obtenue à partir de l'impulsion moyenne



- Description **expérimentale** du signal à partir de son **profil**.

- Description **analytique** du signal:

$$f(t) = \left[\frac{t - (T_{\max} - T_{\text{peak}})}{T_{\text{peak}}} \right]^{\alpha} e^{-\alpha \left(\frac{t - T_{\max}}{T_{\text{peak}}} \right)}$$

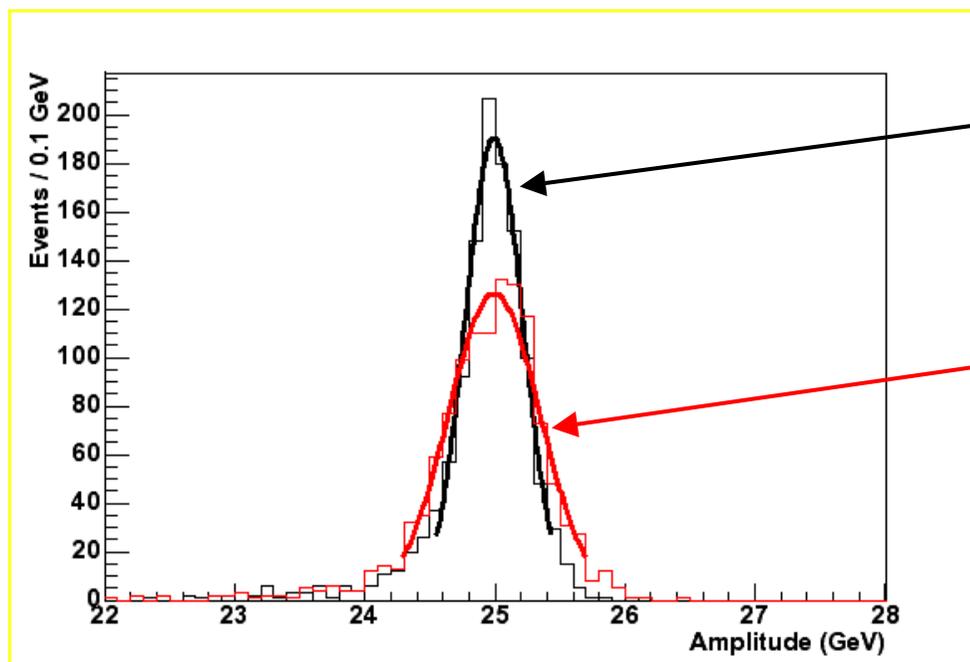
Note: les paramètres (T_{peak} , α) sont similaires entre cristaux

➡ description universelle de l'impulsion à partir des paramètres moyens.

Traitement du piédestal

2 possibilités :

- estimation à partir des « runs piédestaux »
- estimation lors de l'ajustement



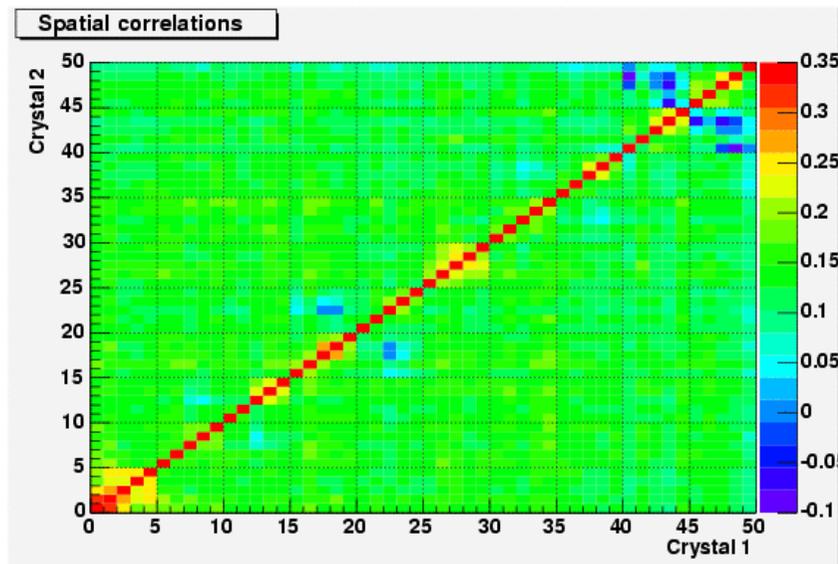
Ajustement du piédestal
 $\sigma(E)/E = 0.89 \pm 0.03 \%$

À partir des « runs piédestaux »:
 $\sigma(E)/E = 1.42 \pm 0.05 \%$

Cf: l'estimation lors de l'ajustement est uniquement possible lorsqu'il n'y a pas de changement de gain ($E < 140$ GeV).

Les corrélations entre canaux

Étude des corrélations entre canaux à partir des « runs piédestaux ».

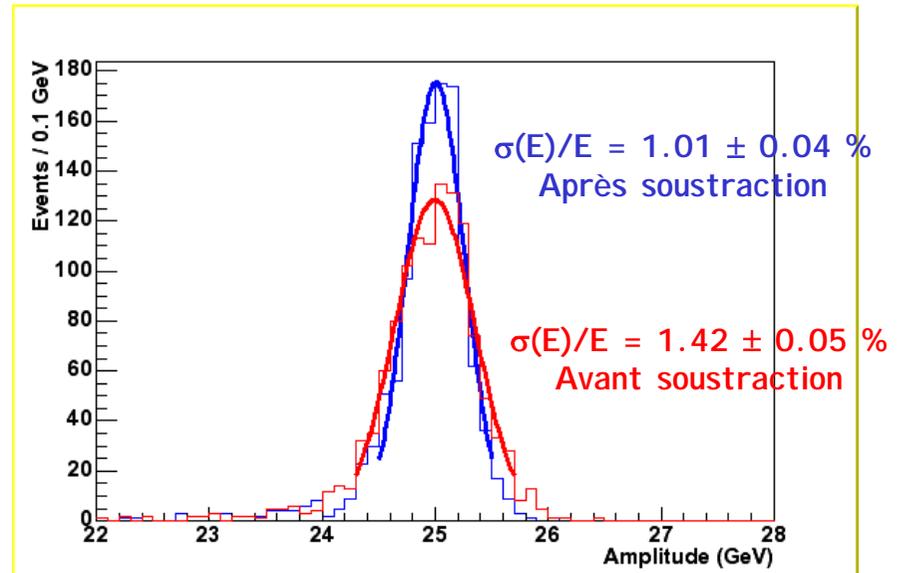


L'ensemble des canaux sont corrélés entre eux d'environ $\rho \sim +0.13$

Bruit basse fréquence

→ possibilité de soustraire la variation lente à partir de

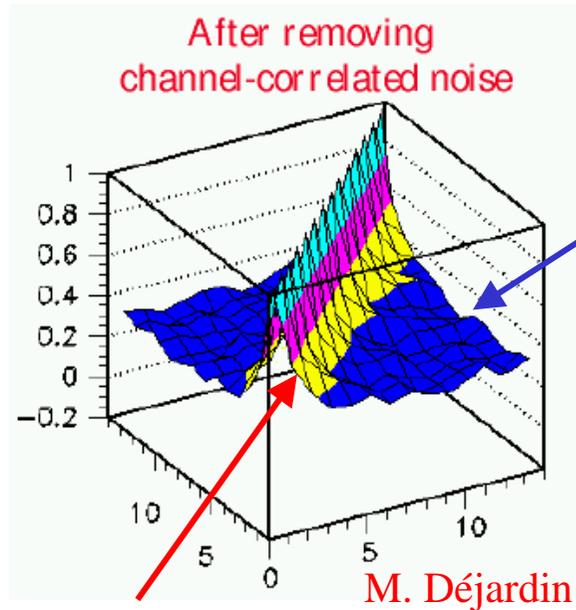
$$\text{breathing} = \frac{1}{N} \sum_{\text{crystals}} \frac{S_0 + S_1}{2}$$



Les corrélations entre échantillons

- Calcul de la matrice de corrélation entre échantillons $c(t_i, t_j)$

Bruit total / canal ≈ 1.5 ADC (1 ADC ≈ 35 MeV)

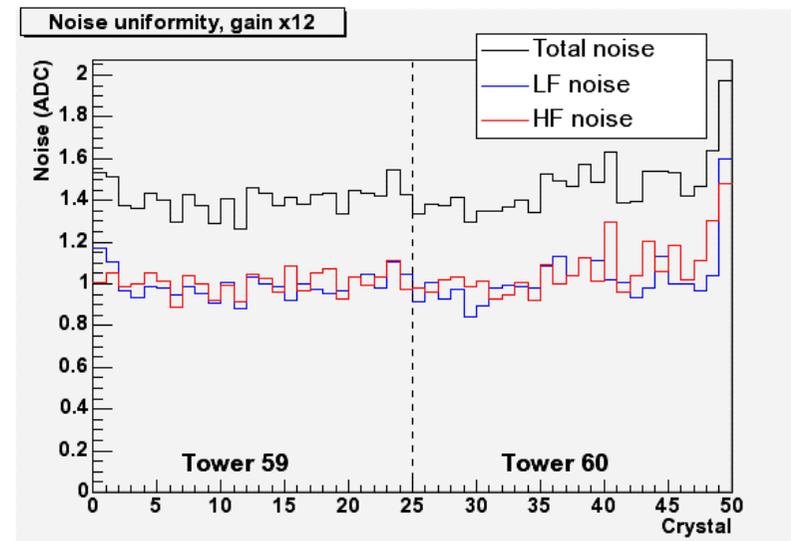


Bruit basse fréquence :

- $T > 14 \times 25$ ns
- $\rho \approx 0.3$

Bruit haute fréquence :

- $T \approx 25$ ns

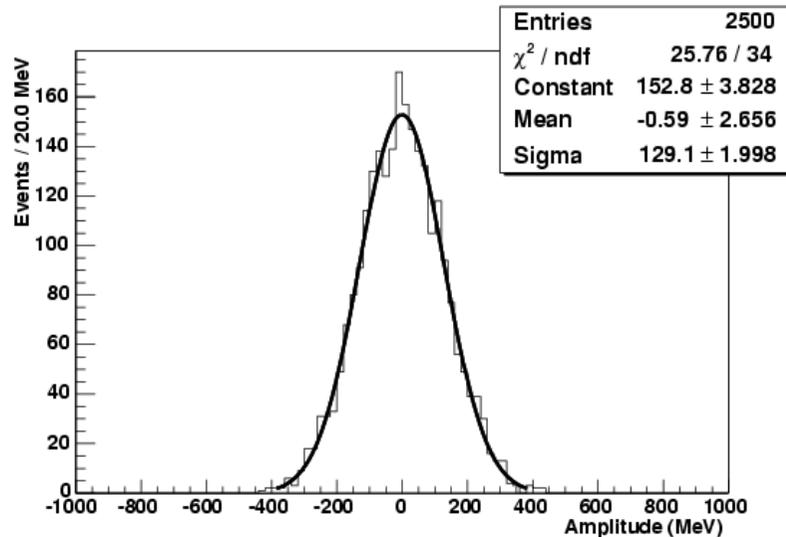


Important d'estimer le piédestal lors de l'ajustement

Estimation du bruit

A partir des « runs piédestaux » :

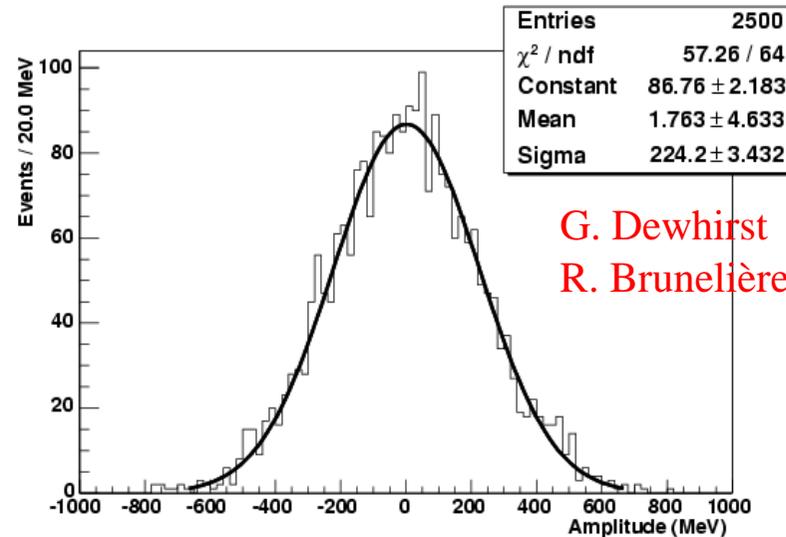
Somme des amplitudes
sur 9 canaux



Bruit / canal ≈ 43 MeV

Sans traitement du bruit = 78 MeV

Somme des amplitudes
sur 25 canaux



Bruit / canal ≈ 45 MeV

Sans traitement du bruit = 114 MeV

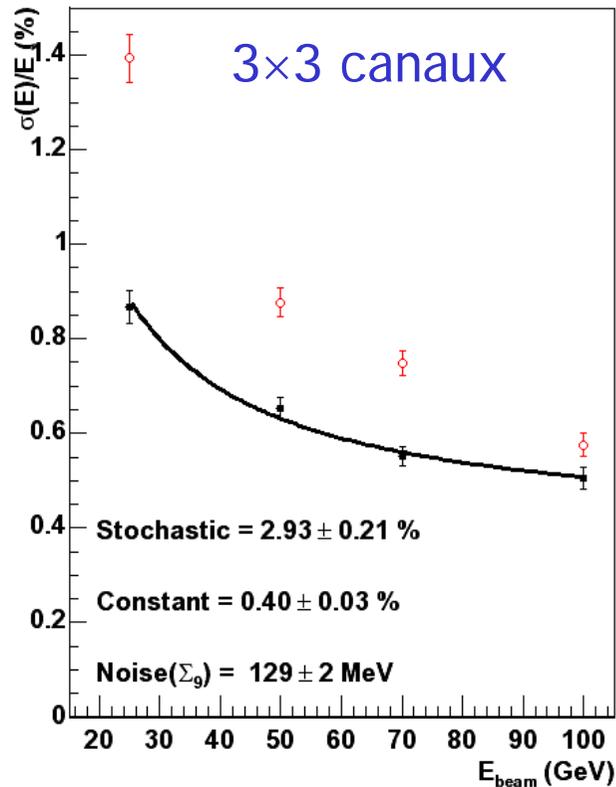
G. Dewhirst
R. Brunelière



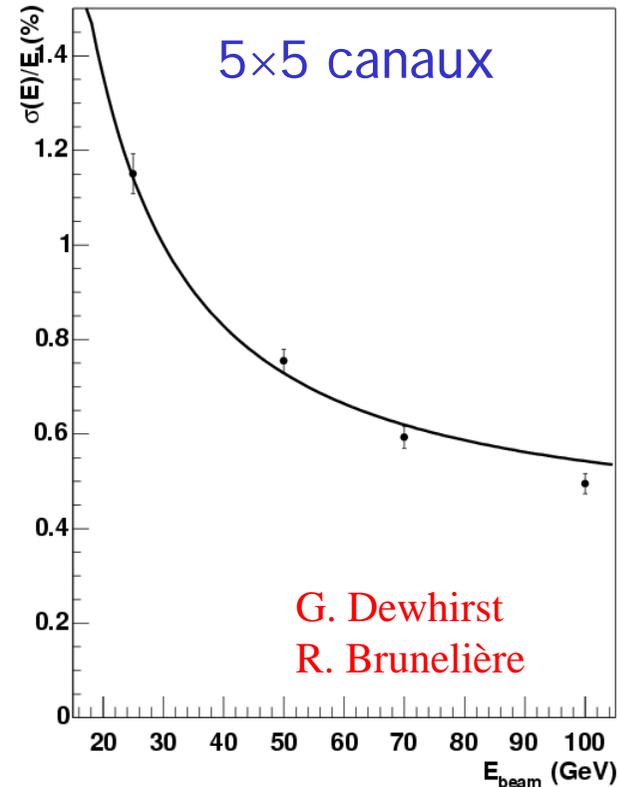
Très faible corrélation entre canaux si piédestal estimé
lors de l'ajustement

La résolution en énergie

- Résolution en énergie obtenue sur le cristal 1517 à partir d'une fenêtre de 4x4 mm² autour du maximum.



En rouge : sans traitement du bruit

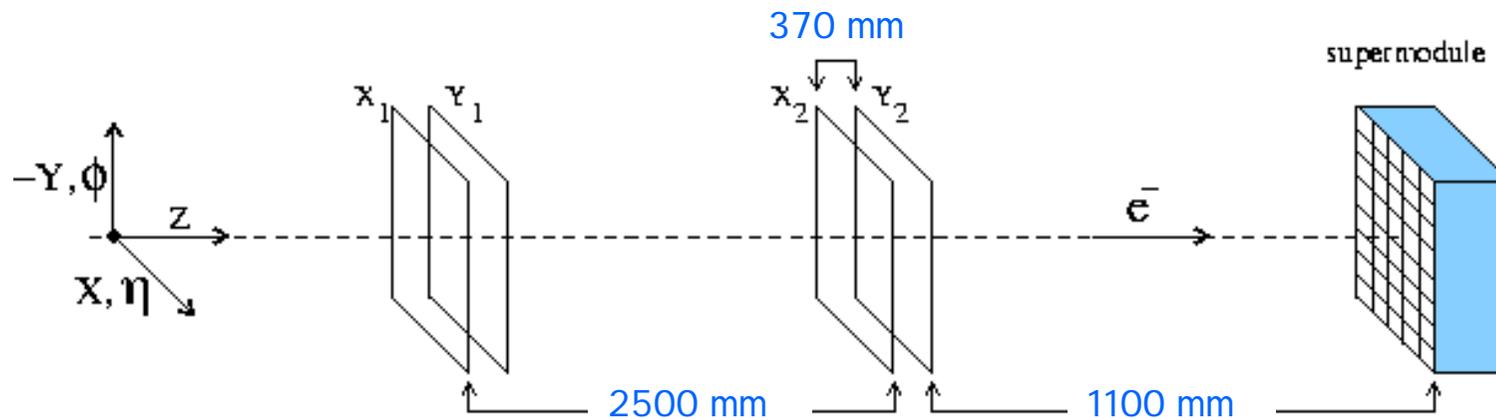


Corrélation entre termes stochastique et constant ~ -0.93

Reconstruction du point d'impact

- Un système d'hodoscopes détermine la trajectoire de chaque électron

➡ le point d'impact sur le cristal



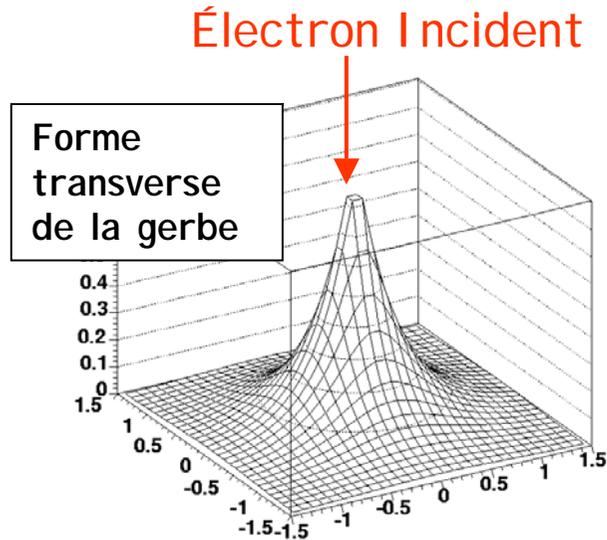
Résolution obtenue:

$$\sigma(x) = \sigma(y) = 145 \mu\text{m}$$

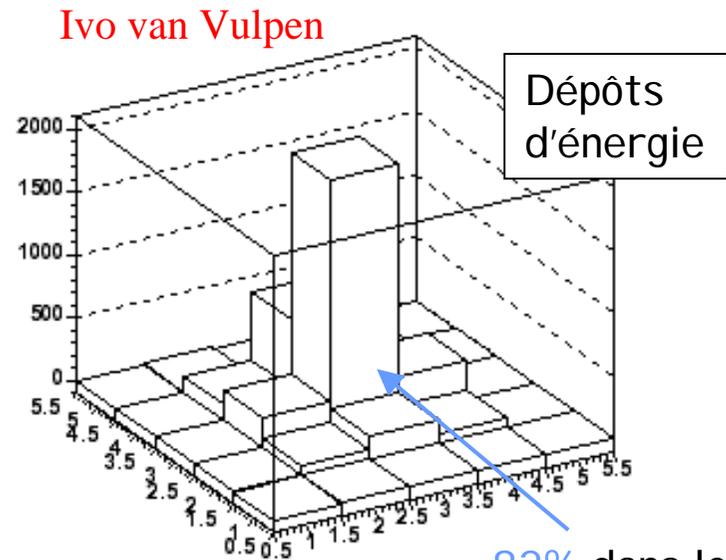
➡ Possibilité de comparer la position reconstruite à partir du calorimètre avec la position attendue

Méthodes de calcul du point d'impact

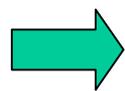
I dée générale : dépôt d'énergie maximal lié à l'impact de l'électron



Taille du cristal
2.2 x 2.4 cm



82% dans le cristal central



Somme pondérée par l'énergie :

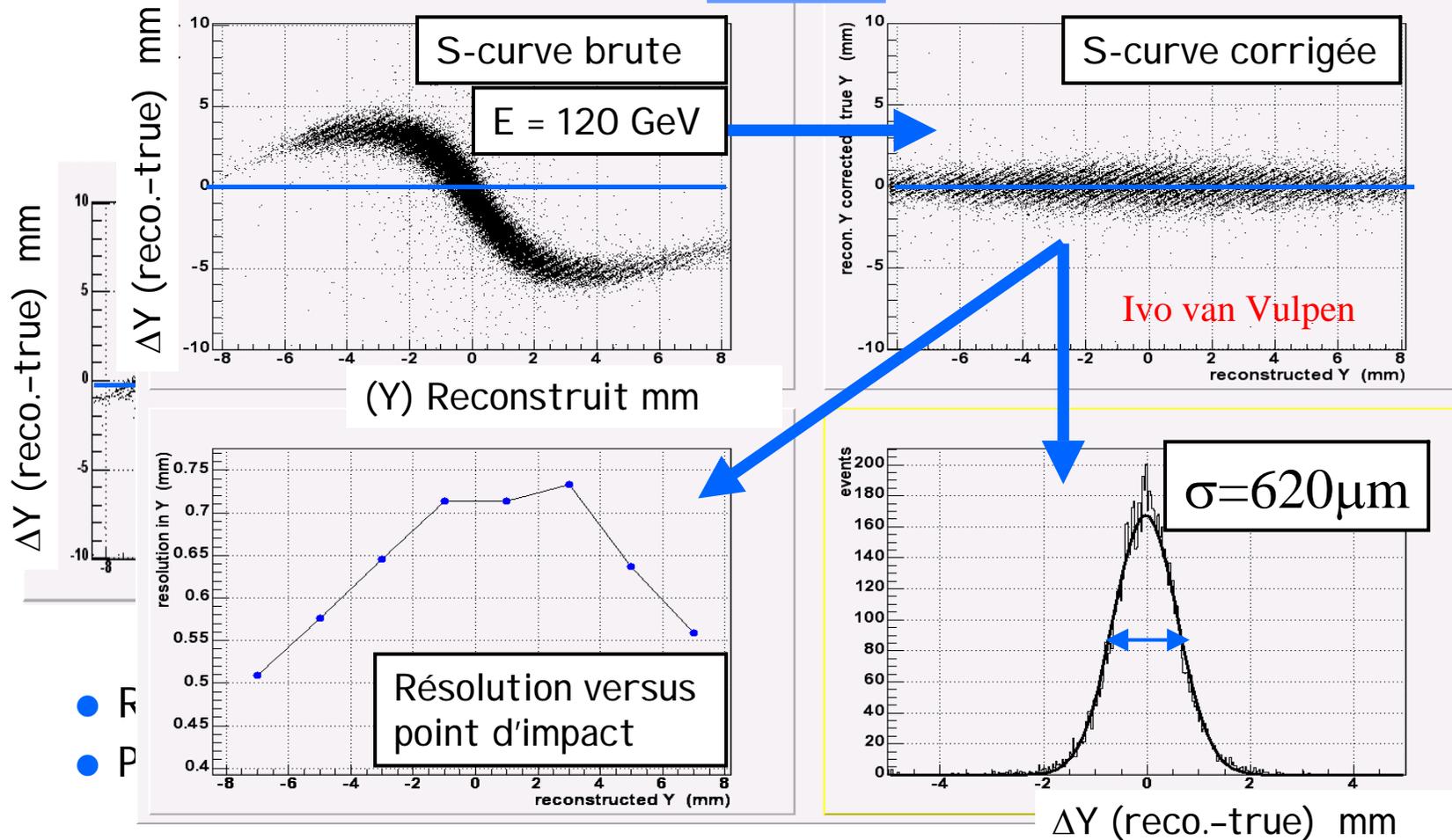
$$\langle x \rangle = \frac{\sum_i w_i \cdot x_i}{\sum_i w_i}$$

- 2 méthodes pour calculer les poids :

$$w_i = E_i \quad \text{ou} \quad w_i = w_0 + \log \left(\frac{E_i}{\sum_j E_j} \right)$$

Résultats

$$w_i = E_i$$



Très bonne résolution mais requière une correction $f(E, \eta, \phi)$

Conclusion

- Principaux résultats des tests en faisceau de 2003:
 - Les nouvelles cartes « Very Front End » (MGPA) satisfont le niveau de **bruit** requis par CMS (**< 50 MeV/canal**).
 - Point d'impact reconstruit avec une précision **σ_x & $\sigma_y < 1$ mm** ($E > 35$ GeV)
 - Les systèmes de **refroidissement** et de **monitorage laser** satisfont les **performances** attendues dans **CMS**
 - Une « **intercalibration** » **au niveau de 4.1%** est possible uniquement grâce aux données enregistrées en laboratoire.
- Prochains tests:
 - Tests d'irradiation d'un mélange de cristaux russes/chinois des bouchons: juin
 - Test complet d'un supermodule de conception finale : octobre-novembre

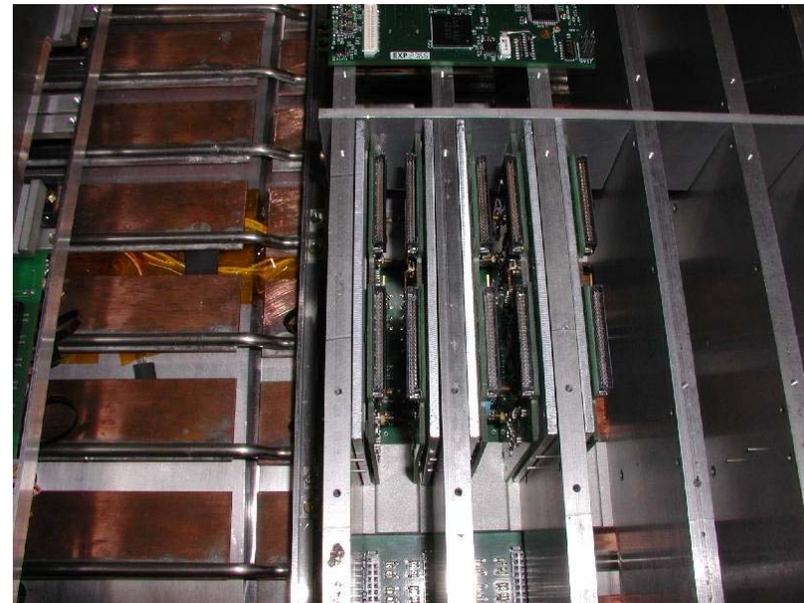
Backup

Système de refroidissement

- Puissance dissipée ≈ 2.5 W/canal (cristal)
- Contraintes:
 - $\Delta T \approx \pm 0.05$ °C sur 3 périodes de « calibration »
 - $\Delta T \approx \pm 0.2$ °C à l'intérieur d'un supermodule

⇒ Tubes de refroidissement
thermiquement couplés avec du
“gap pad” aux composants
électroniques.

Cartes VFE sur les barres de refroidissement



Système de monitoring laser

- **Monitoring continu de la transmission des cristaux afin de suivre les dommages et réparations successives durant les cycles LHC.**
- **Doit être capable de maintenir les coefficients d'intercalibration $< 0.4\%$ durant deux mois.**

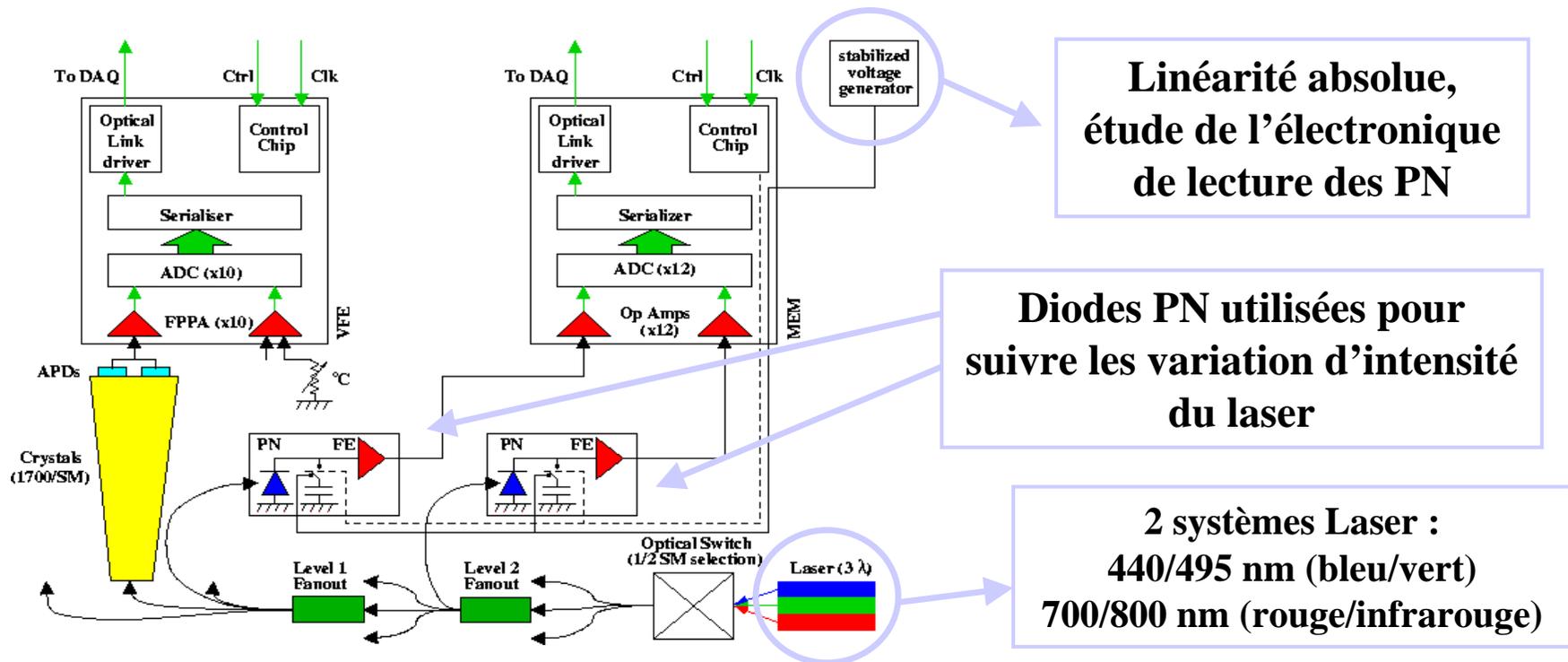
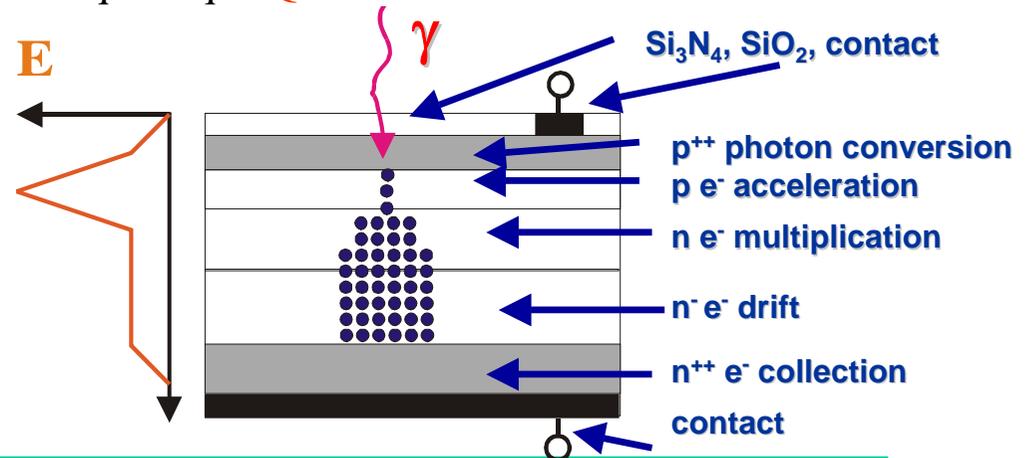


Photo-détecteurs

- **Tonneau, Avalanche PhotoDiodes** développées par Hamamatsu:
 - Détecteurs silicium insensibles au champ magnétique de CMS
 - Bon recouvrement avec le spectre d'émission du PbWO_4 (Q.E.~80%) et un gain interne compensant le faible taux de lumière (M=50 for V~380V)
 - $dM/dT \sim -2.4\% / ^\circ\text{C}$
 - $1/M dM/dV \sim 3\%/V$
 - All APD screened for radiation hardness
- **Bouchons, Vacuum PhotoTriodes** :
 - Supporte mieux les radiations que les APD
 - Gain plus faible, Gain 8-10 ; efficacité quantique Q.E.~ 20%

2 APDs per crystal:
50 mm² active area



Campagnes de tests

- **2002** : 100 canaux avec l'ancienne électronique, des systèmes de refroidissement et de monitoring laser préliminaires, mais une structure mécanique finale
 - Électronique bruyante \Rightarrow difficile d'extraire la résolution en énergieMais des études approfondies
 - de la stabilité de la température,
 - du système de monitoring du laser (études d'irradiation)
- **2003** : deux modules SM0/SM1 avec 100/50 canaux (anciennes/nouvelles cartes VFE) avec une architecture finale pour l'électronique, le système de refroidissement et le système de monitoring laser.

	SM0 (FPPA)	SM1 (MGPA)
# cristaux equip.	100	50
# gains	4 (x1, x5, x9, x33)	3 (x1, x6, x12)
Période	Longue (1.5 mois)	Courte (10 jours)
Energies	20, 35, 50, 80, 120, 150, 180, 200 GeV	25, 50, 70, 100 GeV (runs d'ions lourds)

- **2004** : 1 supermodule
 - Tests finals et étalonnage complet d'un supermodule: fin septembre
 - Tests en irradiation d'un mélange de cristaux russes/chinois des bouchons: juin

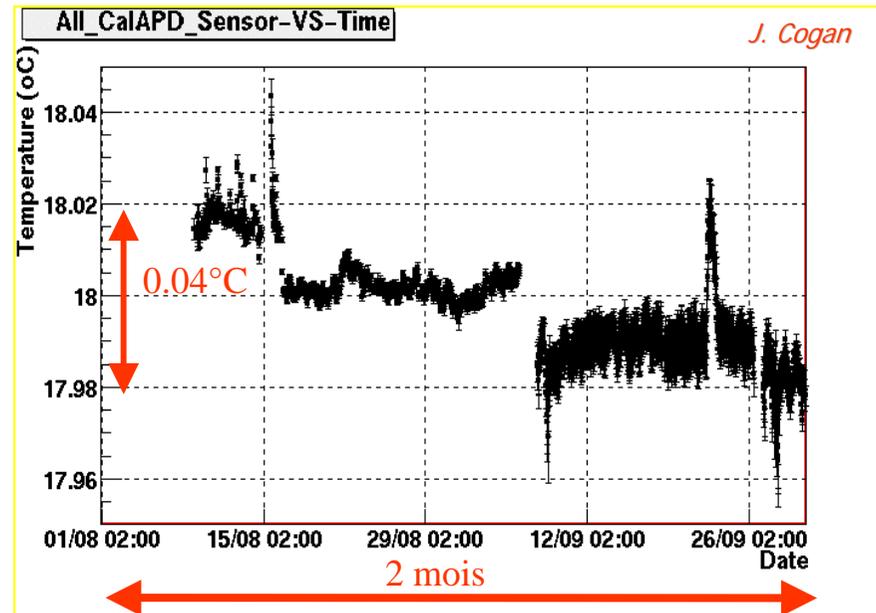
Stabilité de la température

Contraintes CMS:

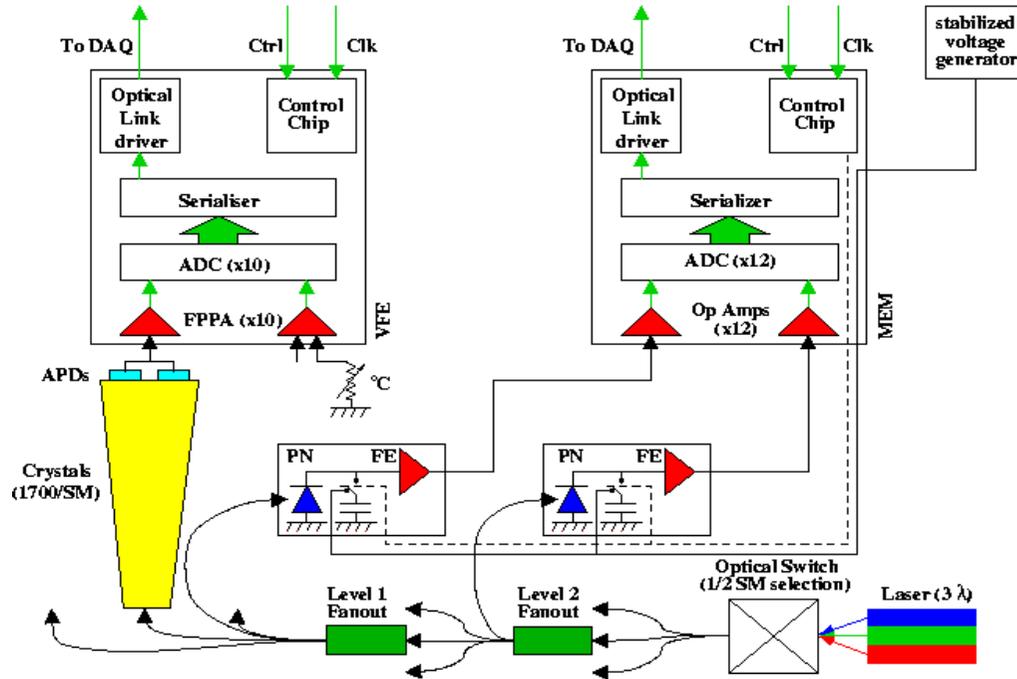
$$\Delta T < 0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

En 2002 & 2003 des capteurs
étaient placés sur :

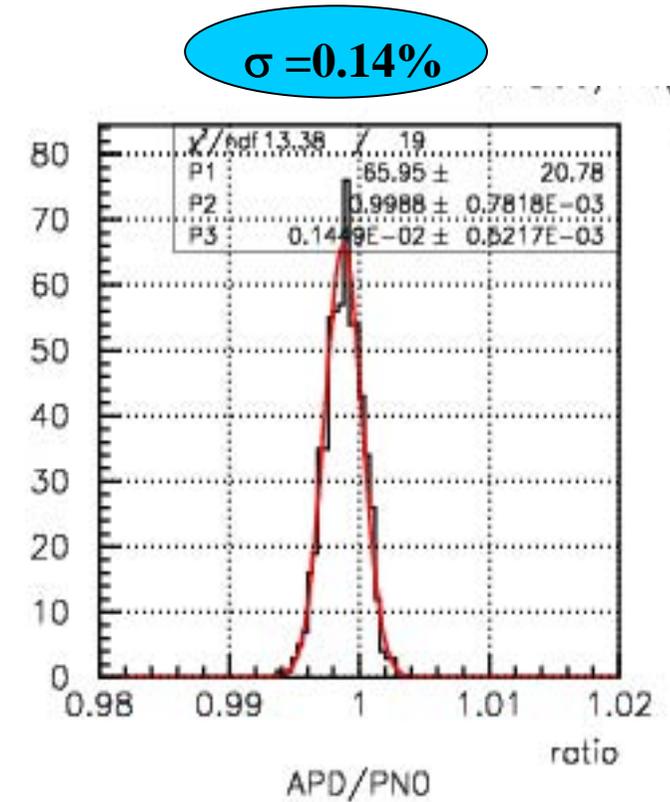
- l'écran thermique devant les cristaux
- la grille séparant les cristaux de l'électronique
- les capsules (APD)



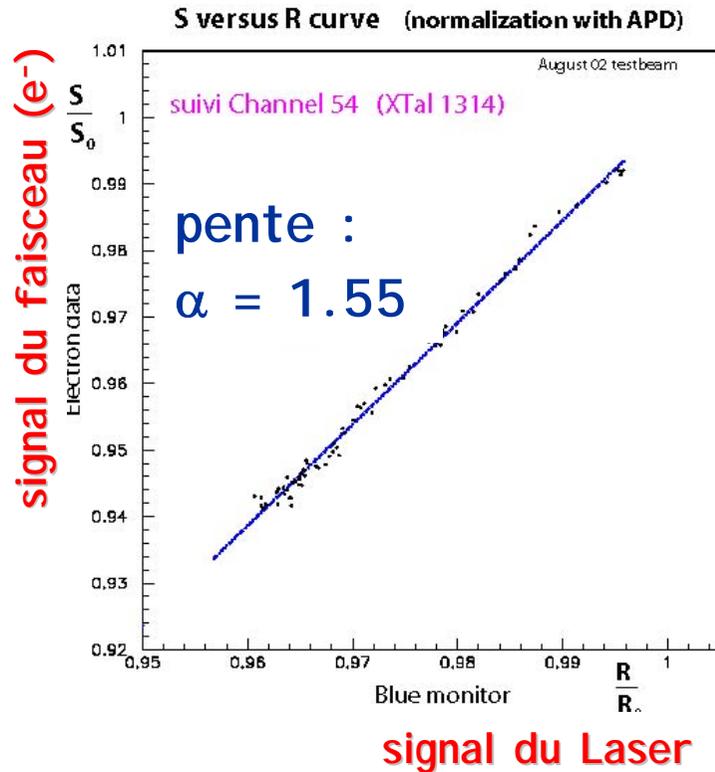
Stabilité du système de monitoring laser



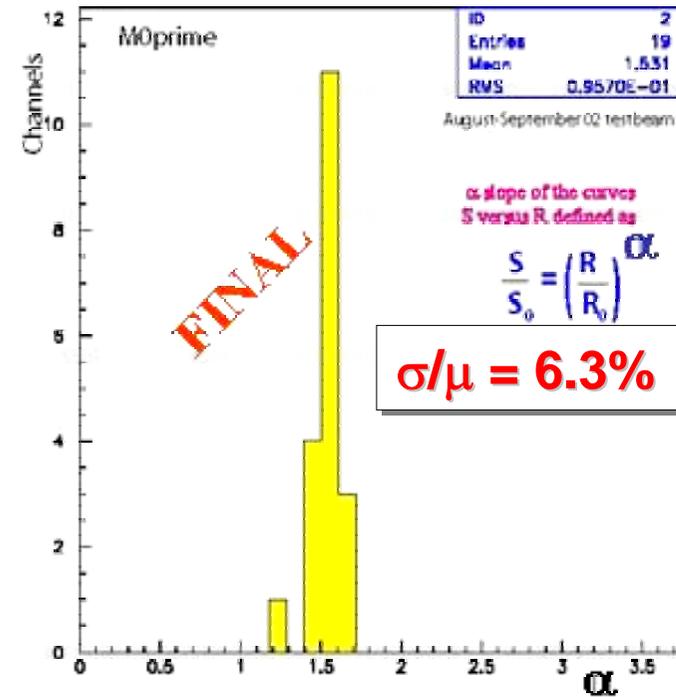
Stabilité du monitoring au niveau de 0.1 % en normalisant le signal avec les diodes PN



Comportement sous irradiation



Dispersion de α pour 19 cristaux



- Mêmes pentes entre 2002 et 2003 (\neq types de cristaux)
- Mêmes pentes entre des irradiations avec des électrons ou des pions

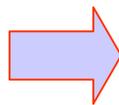
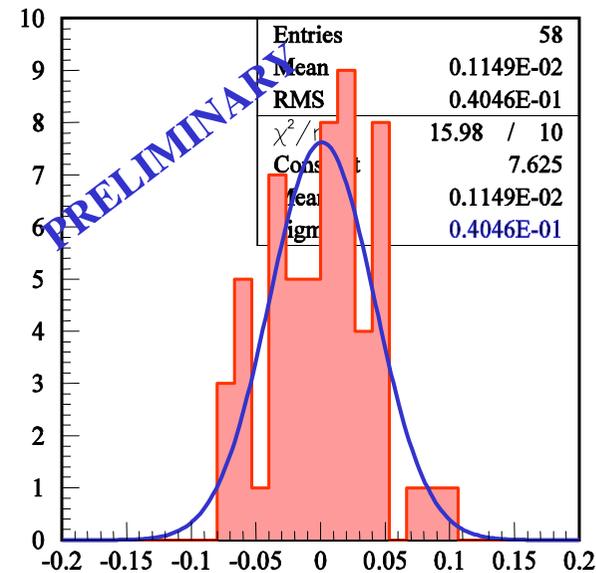
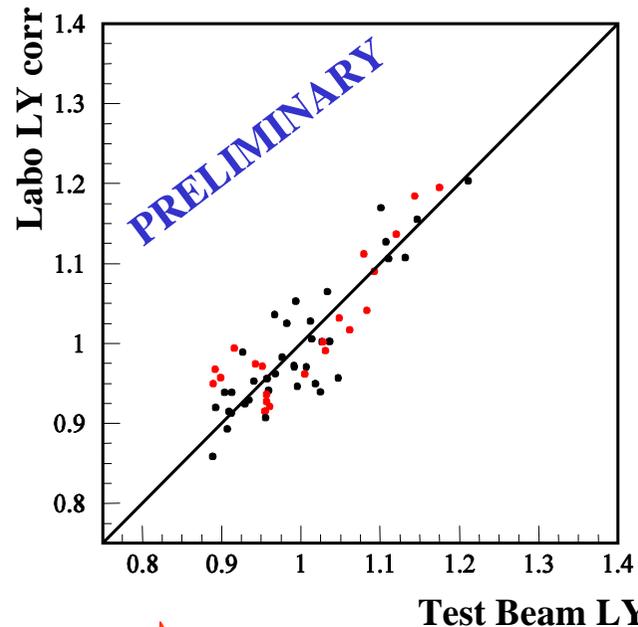
\Rightarrow Utilisation du même coefficient α pour tous les cristaux possible !
Universalité de α

Pré-étalonnage au laboratoire

Nous ne serons pas capable de pré-étalonner tous les SM en faisceau

Une première « intercalibration » peut être obtenue à partir des taux de lumière mesurés au laboratoire (LY corrigé des APD et de l'électronique)

Vérifié par comparaison des résultats au **labo** et en **faisceau** :



Intercalibration du **laboratoire** ~ 4.1 %