

# Journées de Rencontres des Jeunes Chercheurs 2011

« Alpha Magnetic Spectrometer :  
un détecteur de particules sur  
la Station Spatiale Internationale »

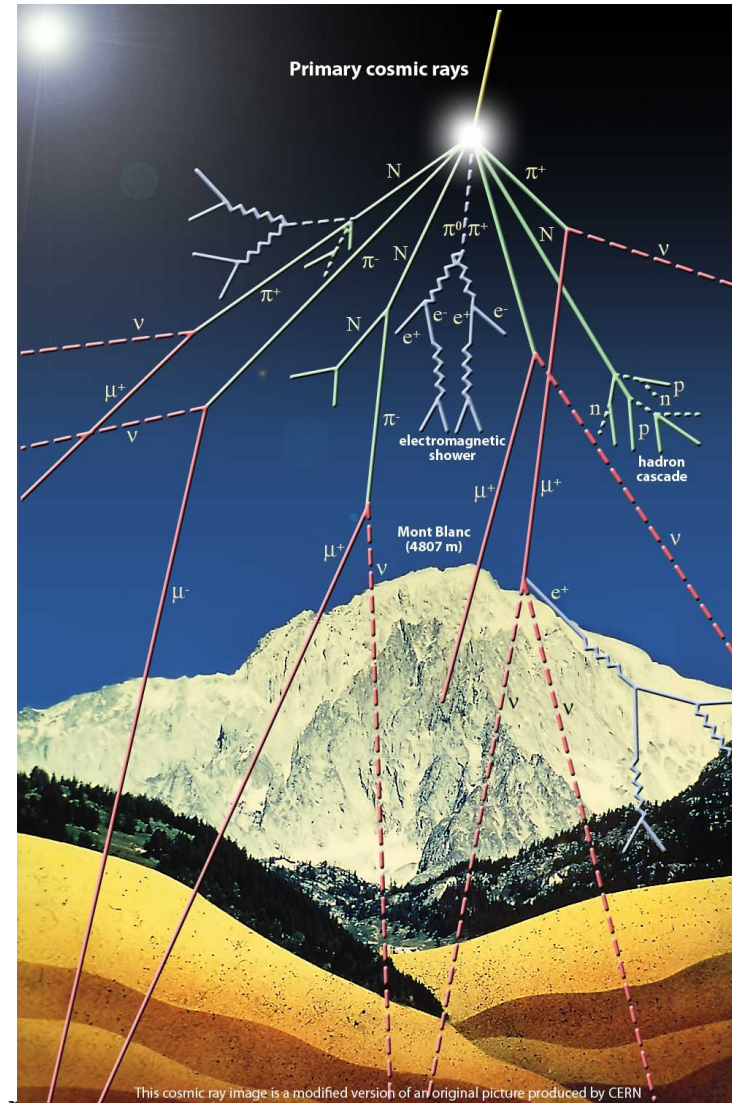
L. Basara

# Plan de l'exposé

- Quelques rappels d'astroparticules
- AMS : un détecteur de particules dans l'espace
- Le MIP comme sonde
  - Intercalibration
  - Comparaison des données sol / espace
- Premières analyses
- Perspectives

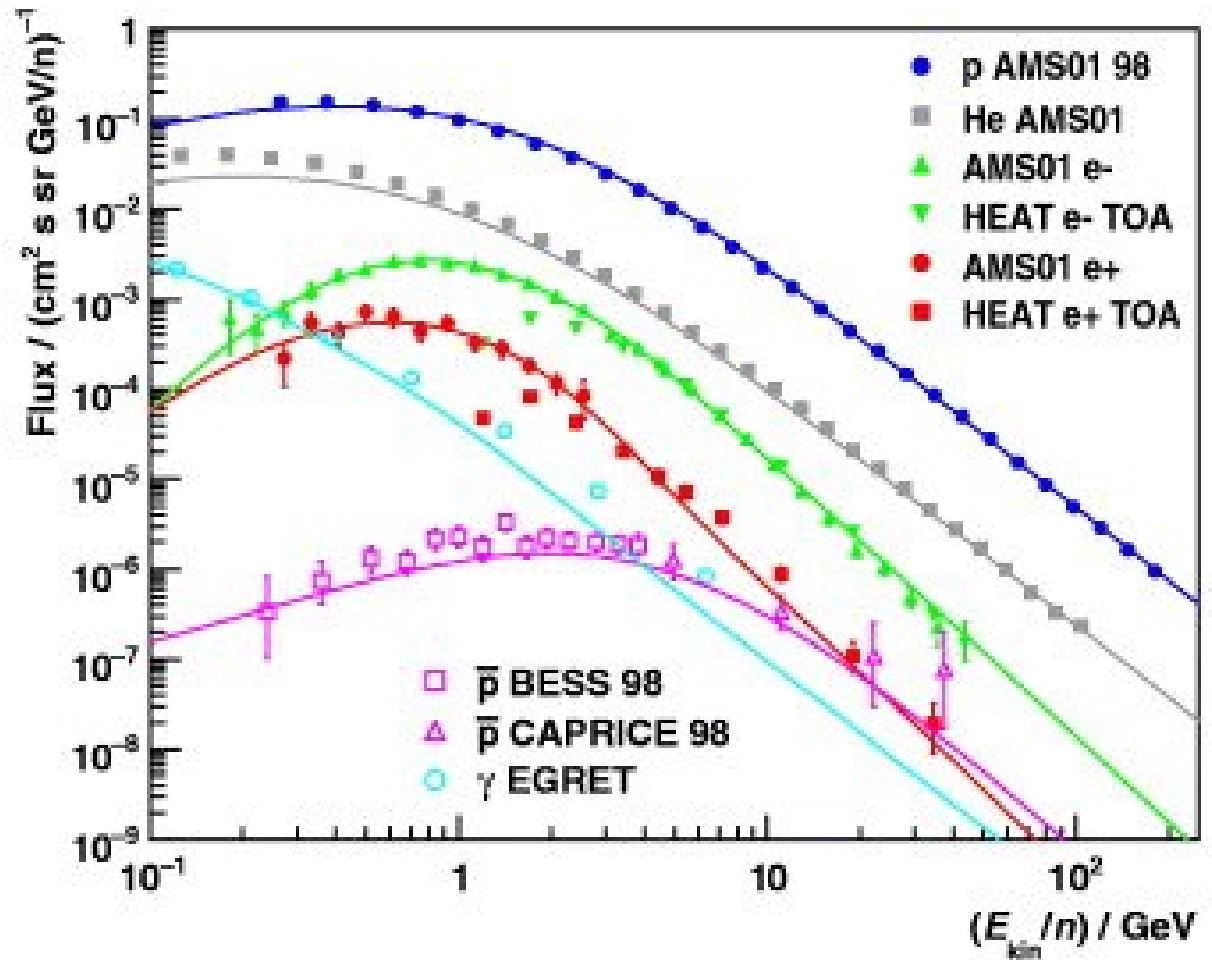
# Les rayons cosmiques

- Atmosphère = calorimètre
- Au sol → essentiellement muons
- Remonter aux primaires → prendre de l'altitude (ballons, satellites...)



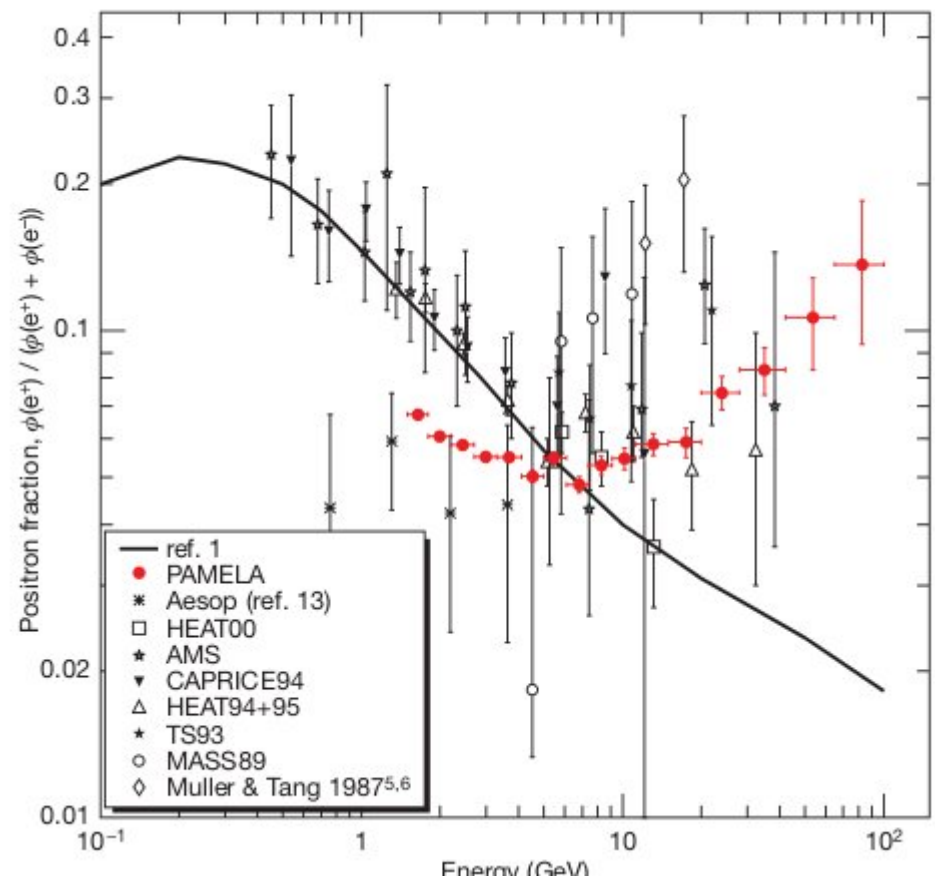
# Spectres des cosmiques autour du GeV

- <100 MeV : modulation solaire
- >10 TeV : flux faible
- Dominé par les protons
  - 88% p
  - 9% He
  - 1% e<sup>-</sup>
  - 0.1% e<sup>+</sup>
  - 1% noyaux plus lourds



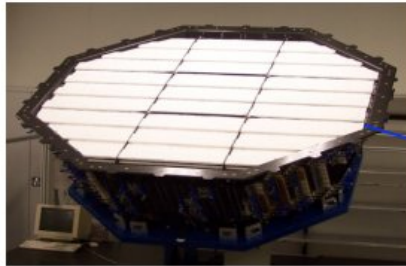
# Spectre attendus des positons

- $e^+$  produits secondaires en général
- Bosse : composante additionnelle MN ?
- Déterminer précisément le rapport  $e^+/(e^+ + e^-)$
- Difficultés :
  - $e^+$  mille à dix mille fois moins nombreux que les protons
  - Risque de confusion
    - $e^-$
    - $p$  : besoin de réjection

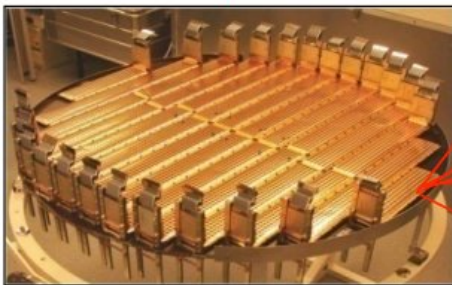


# AMS : un détecteur de physique des particules dans l'espace

TRD  
Identify  $e^+$ ,  $e^-$



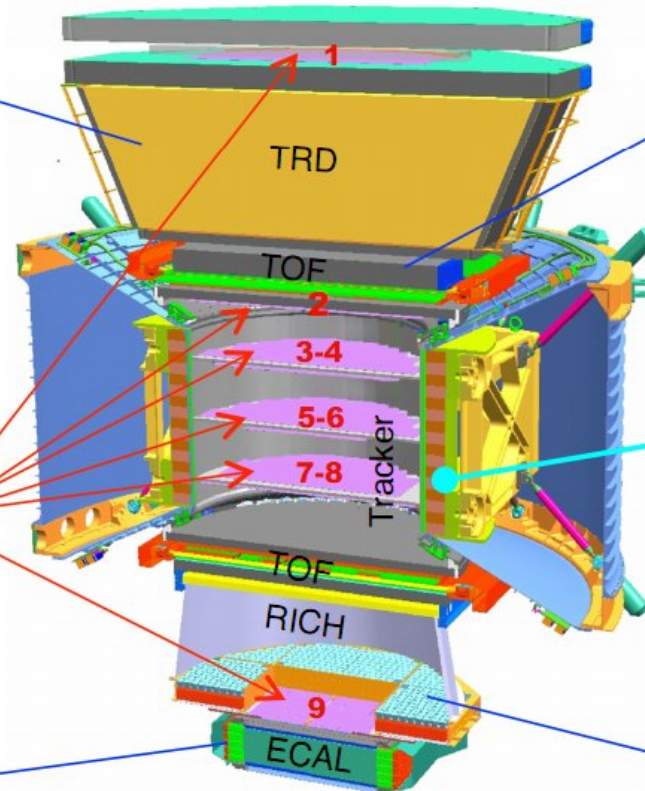
Silicon Tracker  
 $Z, P$



ECAL  
 $E$  of  $e^+$ ,  $e^-$ ,  $\gamma$



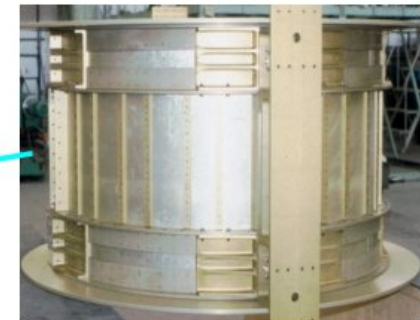
Particles and nuclei are defined by their charge ( $Z$ ) and energy ( $E \sim P$ )



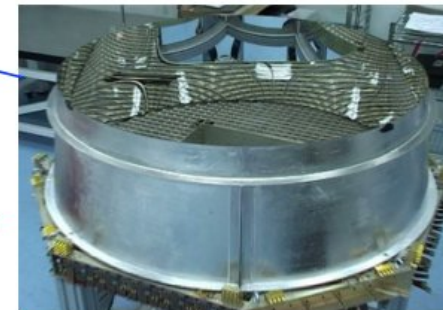
TOF  
 $Z, E$



Magnet  
 $\pm Z$

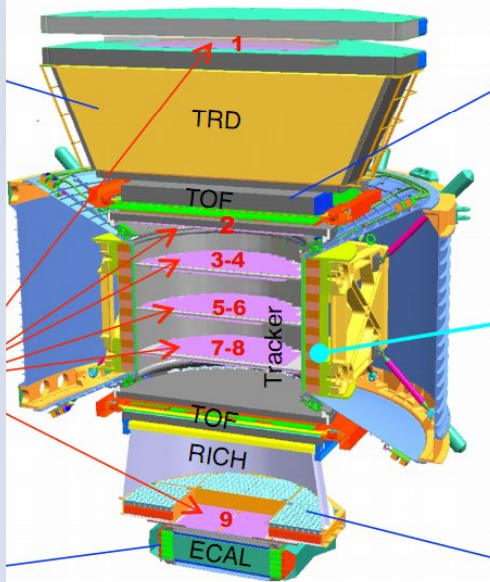


RICH  
 $Z, E$



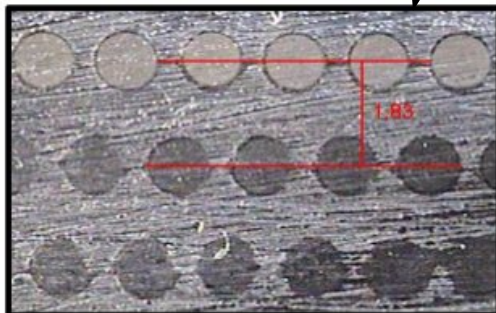
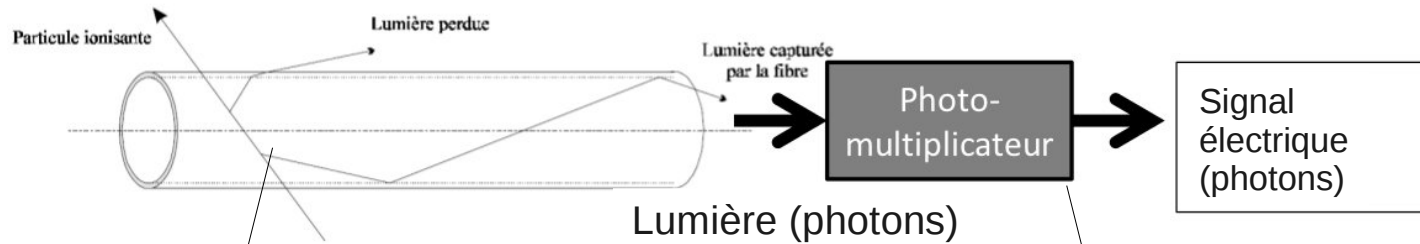
$Z, P$  are measured independently from Tracker, RICH, TOF and ECAL

# Identification des particules par leurs signatures



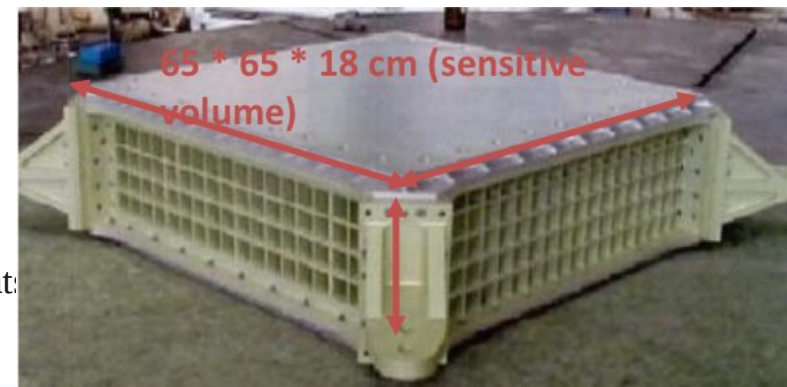
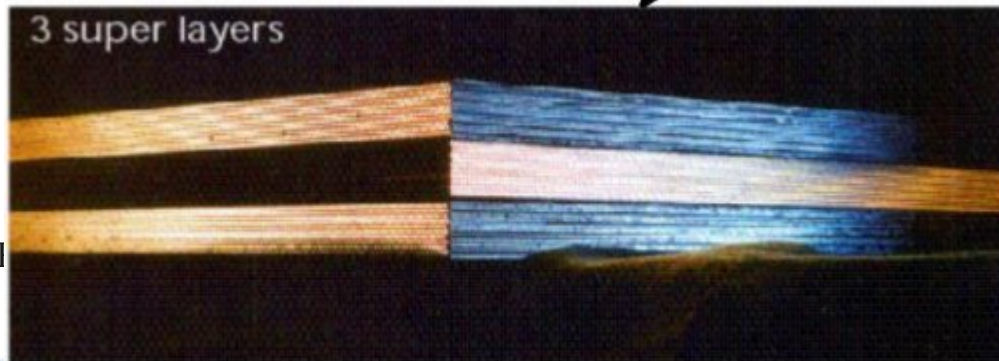
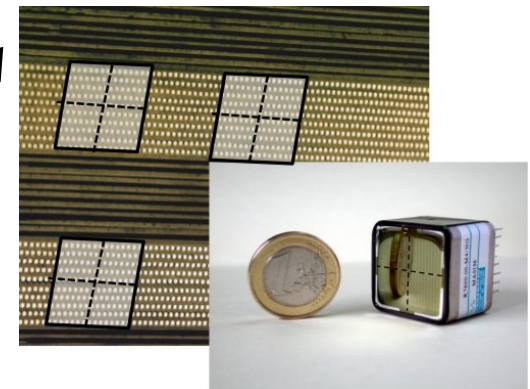
	$e^-$	P	He, Li, Be, ... Fe	$\gamma$	$e^+$	$\bar{P}, \bar{D}$	$\bar{He}, \bar{C}$
<b>TRD</b>							
<b>TOF</b>							
<b>Tracker</b>							
<b>RICH</b>							
<b>ECAL</b>							
<b>Physics example</b>	<b>Cosmic Ray Physics</b>				<b>Dark matter</b>	<b>Antimatter</b>	

# Le calorimètre électromagnétique



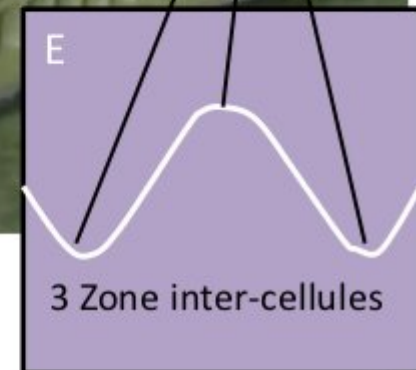
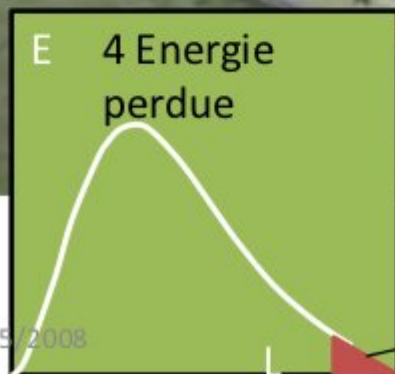
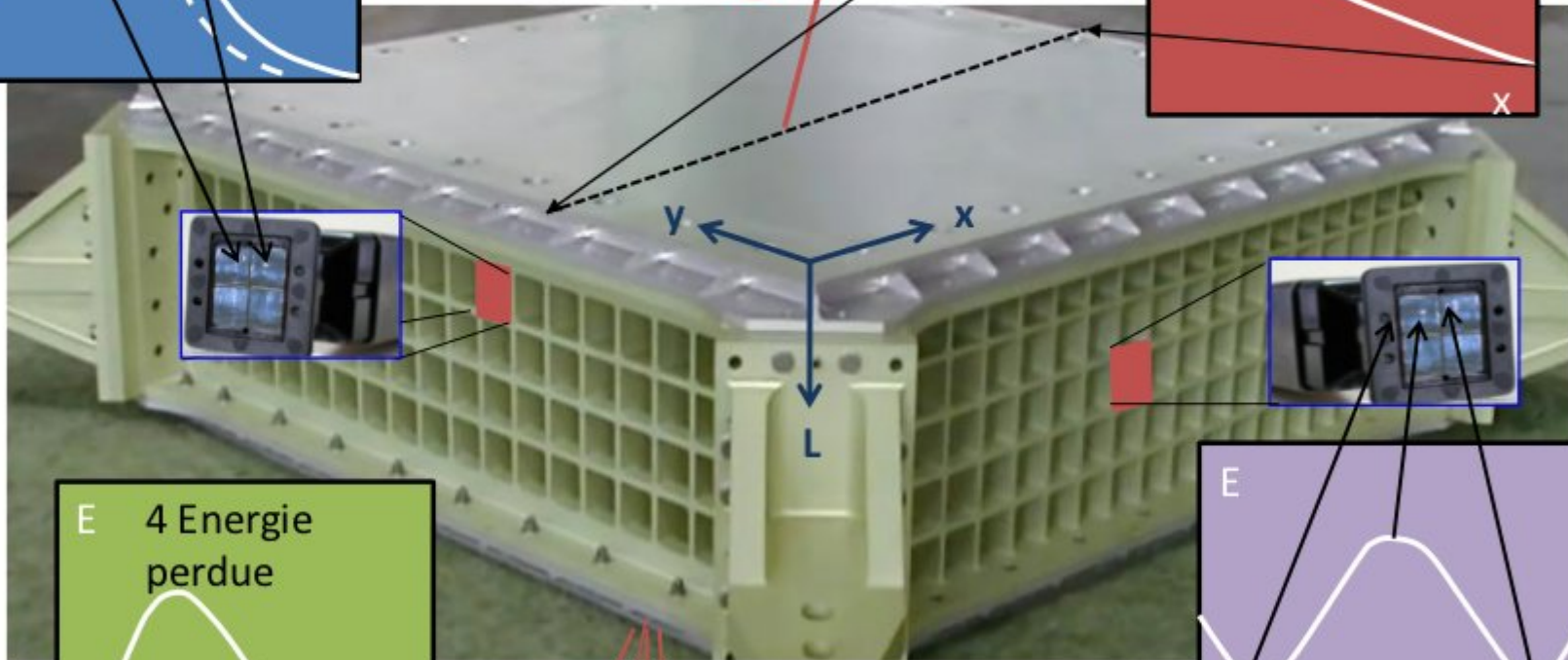
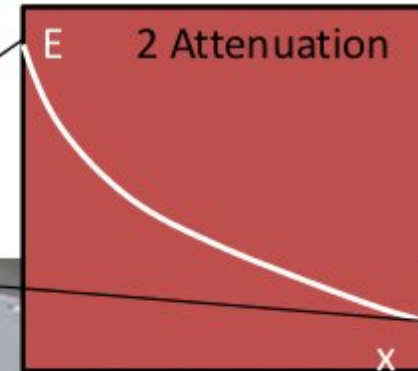
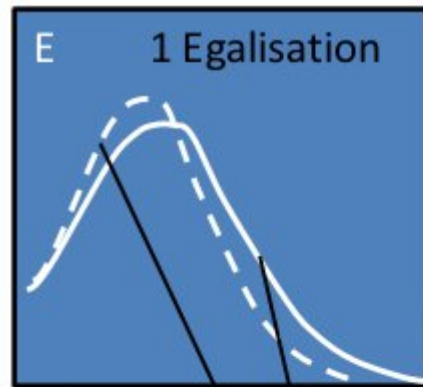
Fibres plomb/silicium

Chaque fibre  $\in$  1 anode (cellule)  
 1 PM = 2\*2 anodes  
 1 couche = 72 anodes  
 1 supercouche = 2 couches consécutives (=36 PM alternés → pas de zones mortes)  
 Supercouches alternées en X et Y → reconstruction 3D  
 9 supercouches au total (5 en Y, 4 en X)  
 Longueur calo :  $17 X_0$



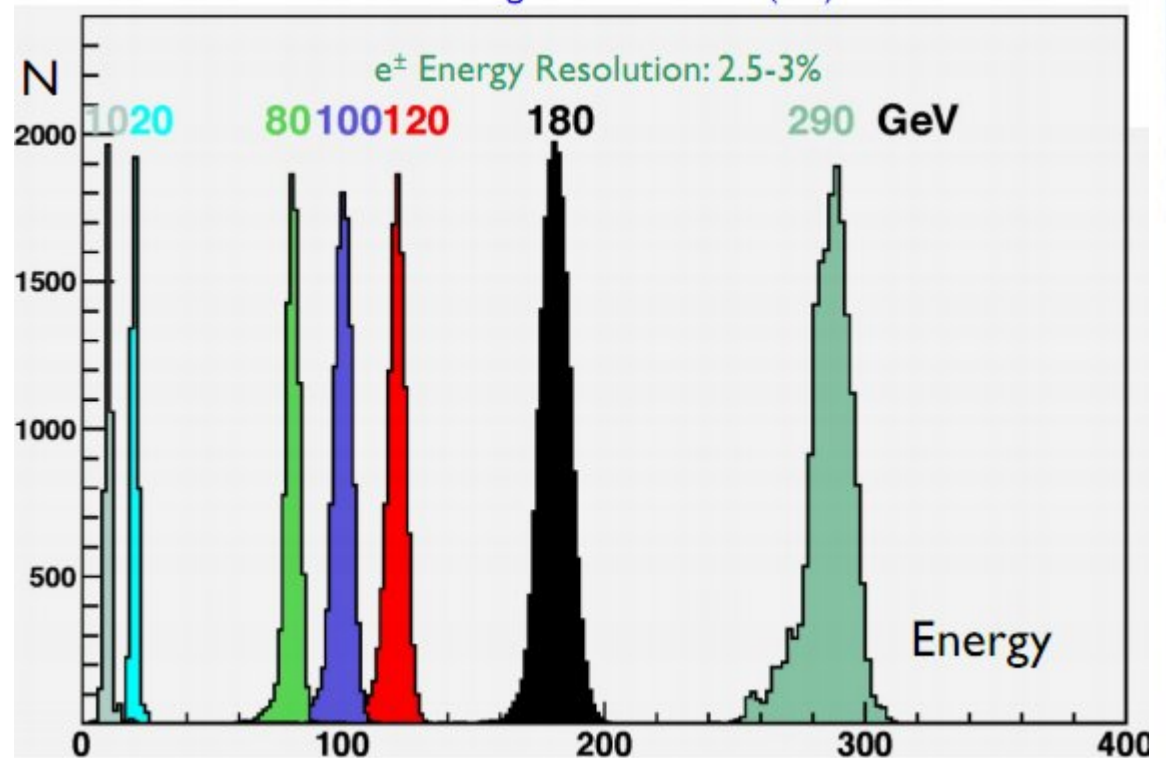


# Nécessité de corrections



# Jeux de données 1

- Tests faisceau au CERN :
  - TB 2007 (ECAL)
  - TB 2010 (AMS au complet)
  - Hadrons, électrons → énergie calibrée
- Tests au sol avec les cosmiques (KSC)
  - Muons essentiellement









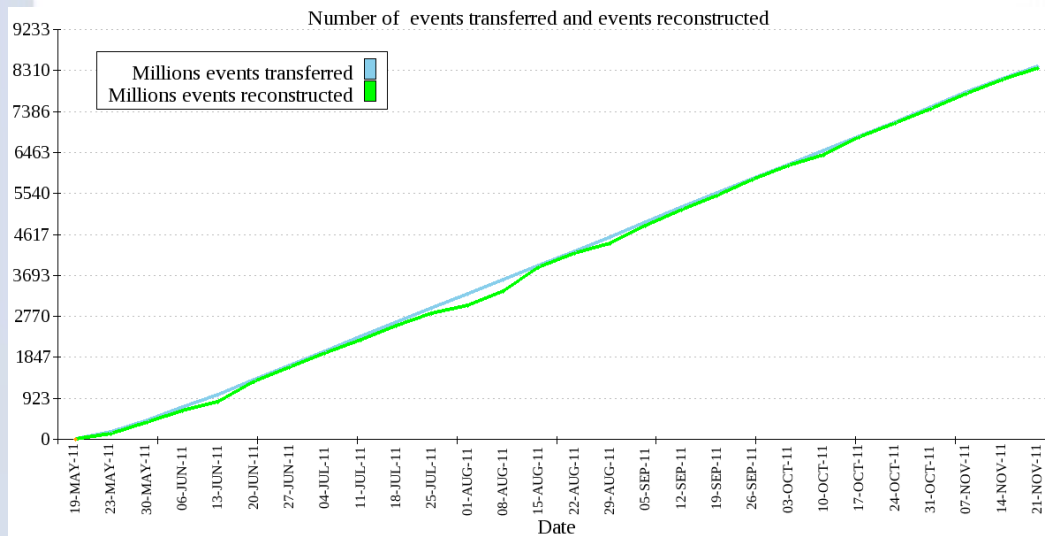
STS-134 launch May 16, 2011 @ 08:56 AM



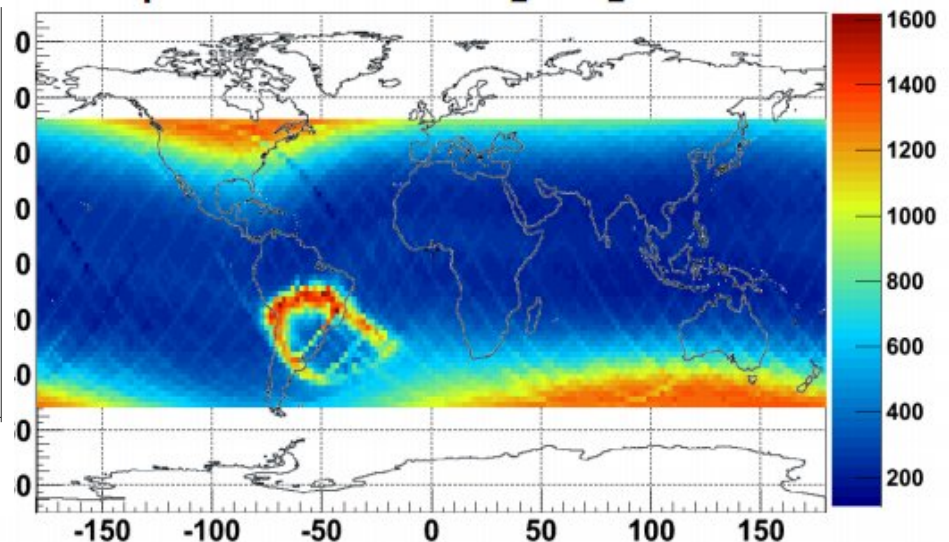
Endeavour approaches the International Space Station

# Jeux de données 2

- Installation sur ISS
  - 9 milliards d'événements
  - Essentiellement des protons

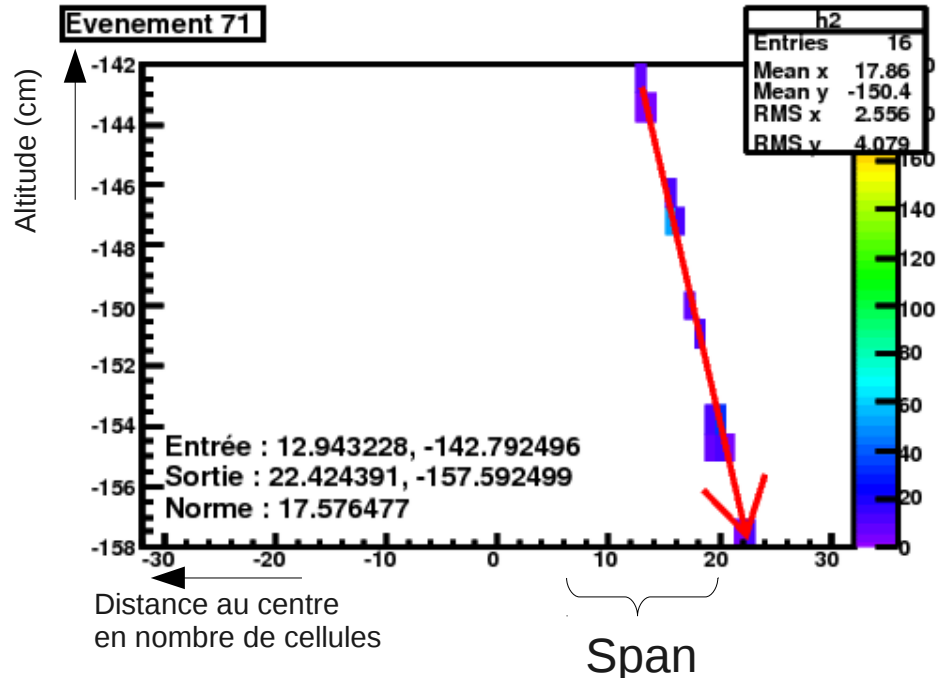


## Acquisition rate [Hz]



# Le MIP comme outil d'intercalibration

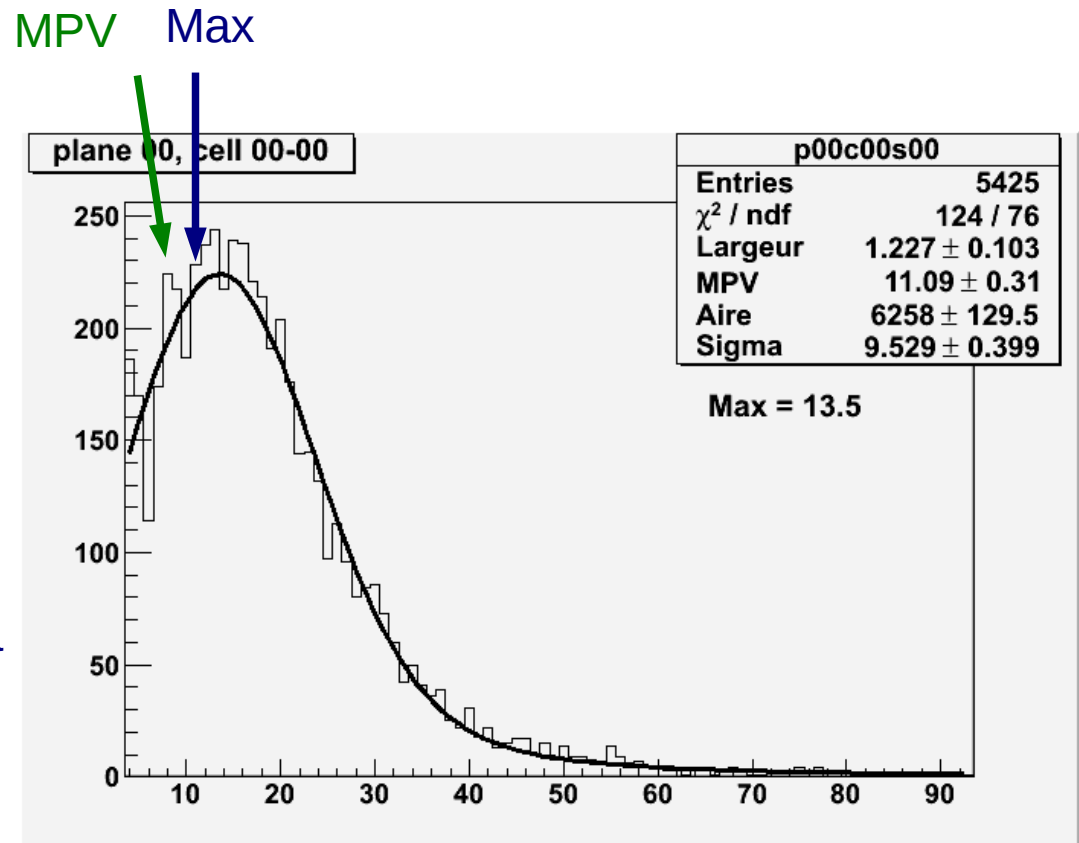
- MIP : noyau ayant réagi par ionisation
- ECAL = 1 longueur d'interaction  
→ 50 % des protons sont des MIPs
- Trace rectiligne, dépôt d'énergie faible
- Traces obliques : dispersion de l'énergie déposée → on ne garde que les traces verticales
- Critères de sélection
  - Nombre minimal de couches touchées
  - Nombre de cellules adjacentes touchées
  - Énergie minimale / maximale déposée (varie en  $Z^2$ )





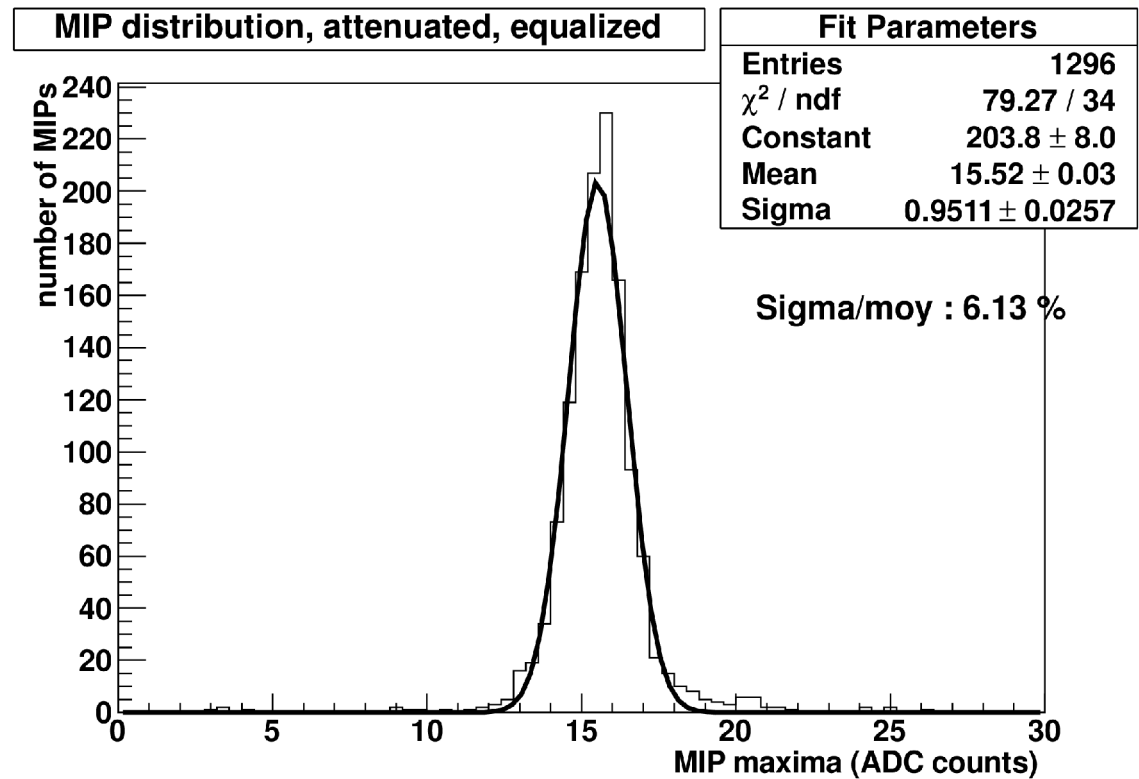
# Ajustement par cellule

- TB 2010
- Landau  $\otimes$  gaussienne
- 4 Paramètres
  - 3 de la Landau
    - Aire
    - Largeur
    - MPV (Most Probable Value)
  - 1 de la gaussienne : sigma
- Calculés par ailleurs
  - Maximum de la courbe
  - $\chi^2$



# Égalisation

- Distribution des ajustements
  - Gaussienne
  - Ecart-type → indicateur de dispersion
  - Dispersion = sigma / moyenne
  - Objectif : réduire la dispersion
- Égalisation
  - Une cellule = des paramètres d'ajustement donnés
  - On considère le max trouvé dans chacune des 1296 cellules
  - Signal pondéré pour chaque cellule par  $1/\max_{\text{cellule}}$



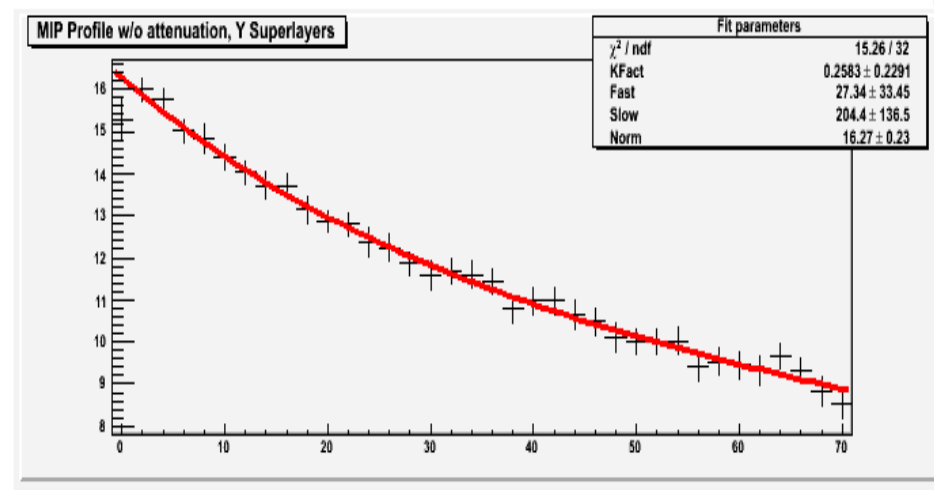
Données KSC sept. 10

# Atténuation

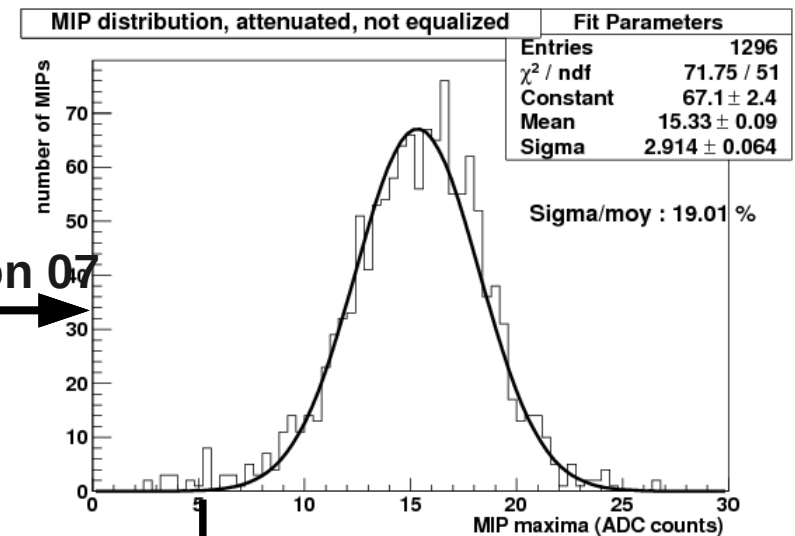
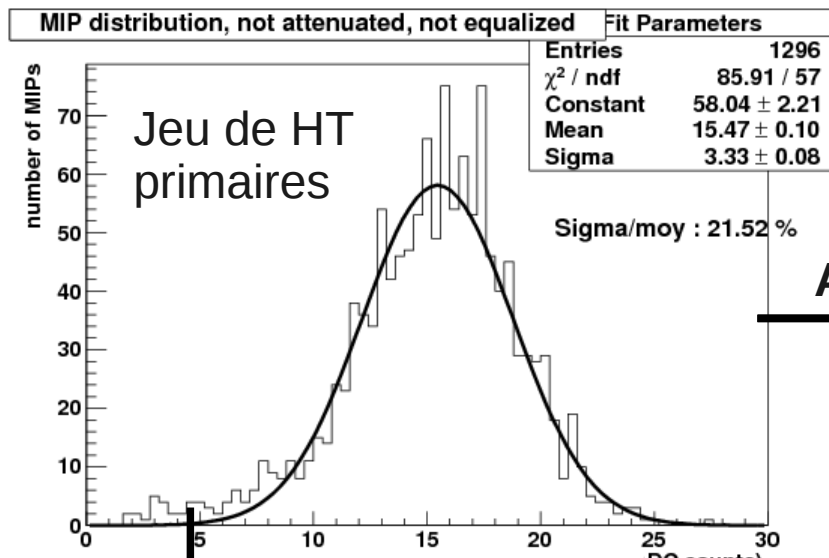
- Décrite par  
AMS Note 2008-07-01
- Détermination de la position des hits  
par interpolation
- Profil suit la formule
  - X, distance au PM en  
« cellules »
  - N normalisation

$$Att(X) = N \left[ k \exp\left(\frac{-X}{fast}\right) + (1-k) \exp\left(\frac{-X}{slow}\right) \right]$$

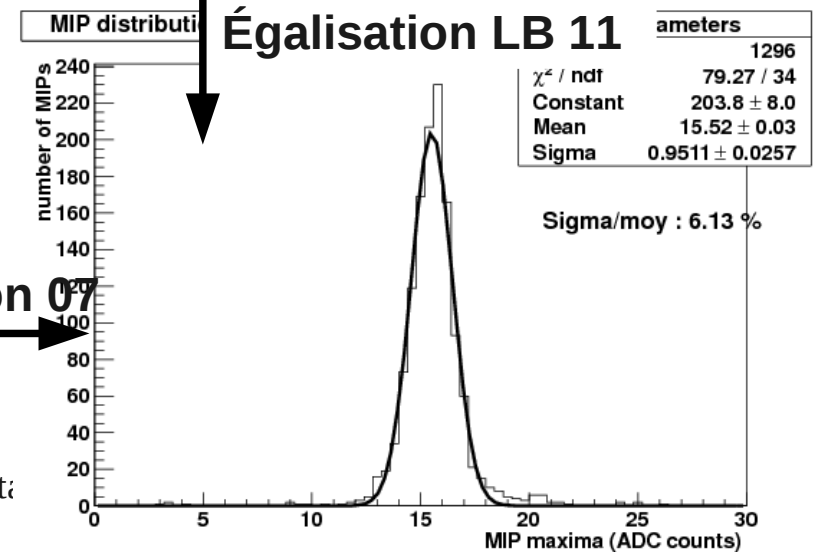
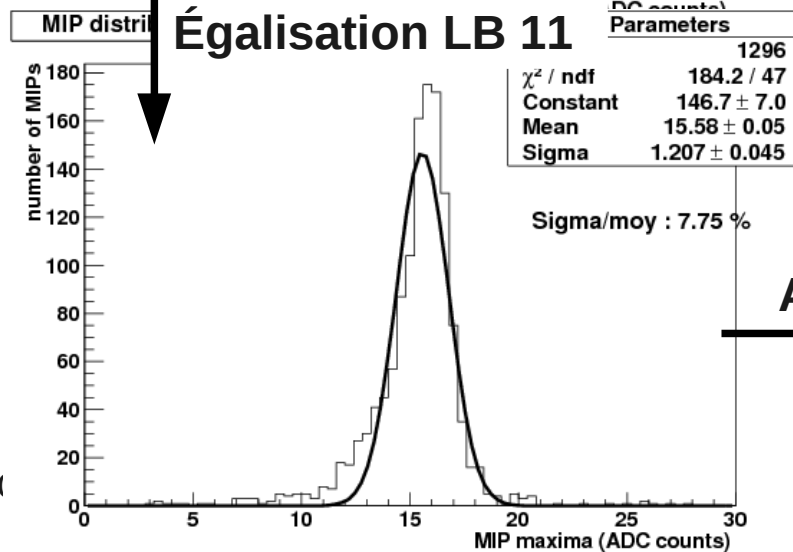
- On trouve  $k = 17.7\%$   
 $slow = 286.30$   
 $fast = 12.11$



# Effets relatifs de l'atténuation et de l'égalisation



Atténuation 07

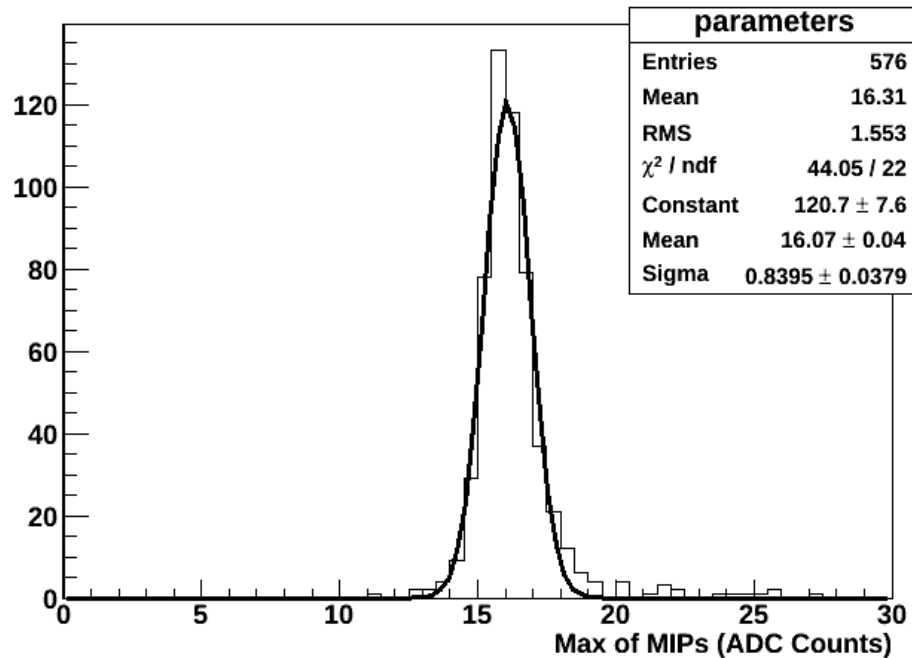


Atténuation 07

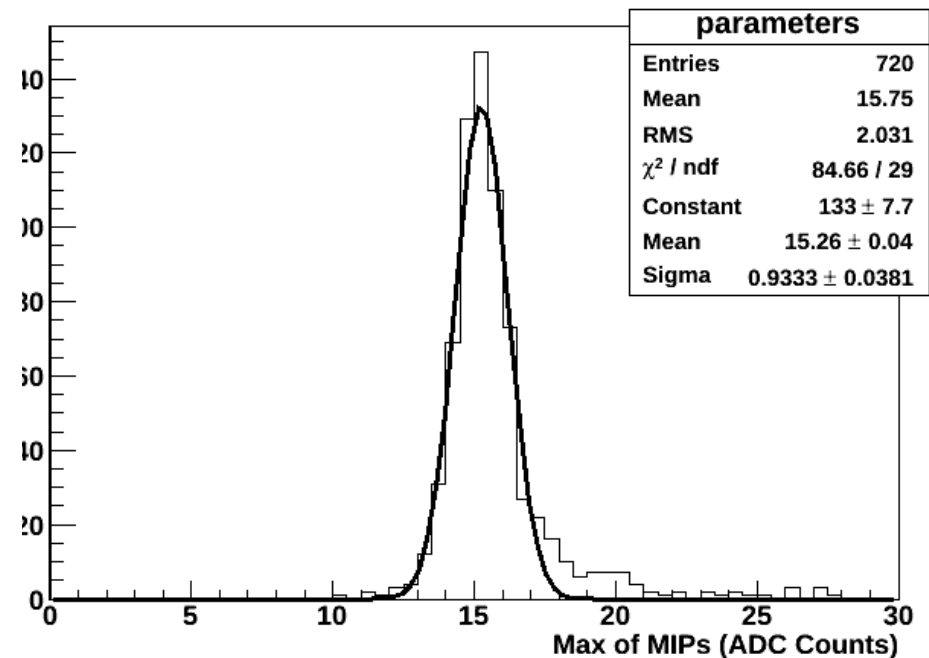
premiers résultats

# Différences selon les axes

MIPs max distribution, Odd SL



MIPs max distribution, Even SL



Moy = 16.1, dispersion = 5.2 %

Moy = 15.3, dispersion = 6.1 %

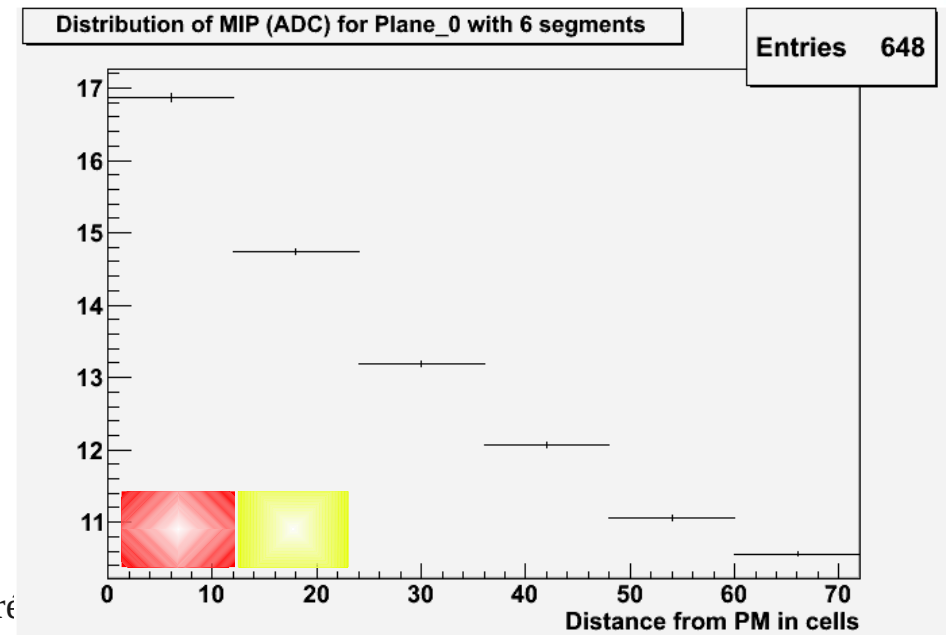
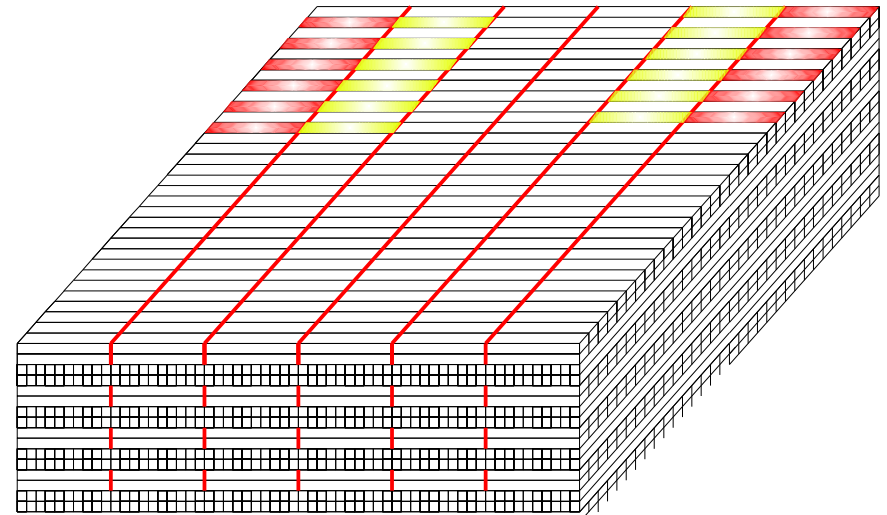
- Queue de distribution pour les couches en Y
- Des valeurs différentes de k, fast et slow en X et Y ?

# Calcul généralisé de l'atténuation

- Division de chaque cellule en n segments
  - Tenir compte de la distance au PM
- Tous les segments « en rouge » sommés
- Ajustés par landau  $\otimes$  gaussienne
  - A chaque segment correspond un maximum
  - Chaque maximum ajouté à un profil

$$Bin(1)_{value} = \sum_{72 \text{ first blocks}} \frac{Max_{Distribution \text{ of MIPs} \in \text{first block}}}{72 \text{ blocks}}$$

→ Réduire le biais via la statistique



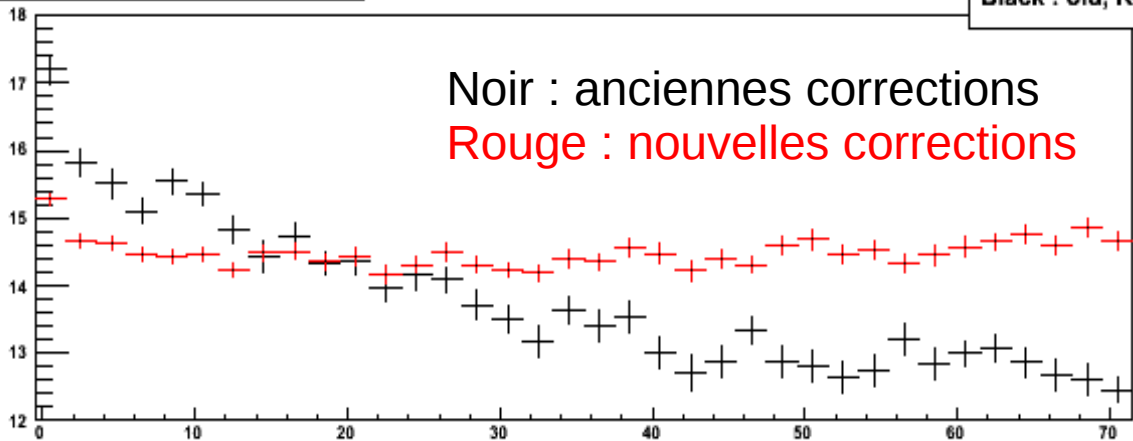
# Prise en compte des nouveaux coefficients

- Coefficients recalculés avec TB en X (4 SC) et Y (5 SC)
- Appliqués aux cosmiques KSC
- Données redressées, en particulier en Y
- Statistique insuffisante pour le faire par couche

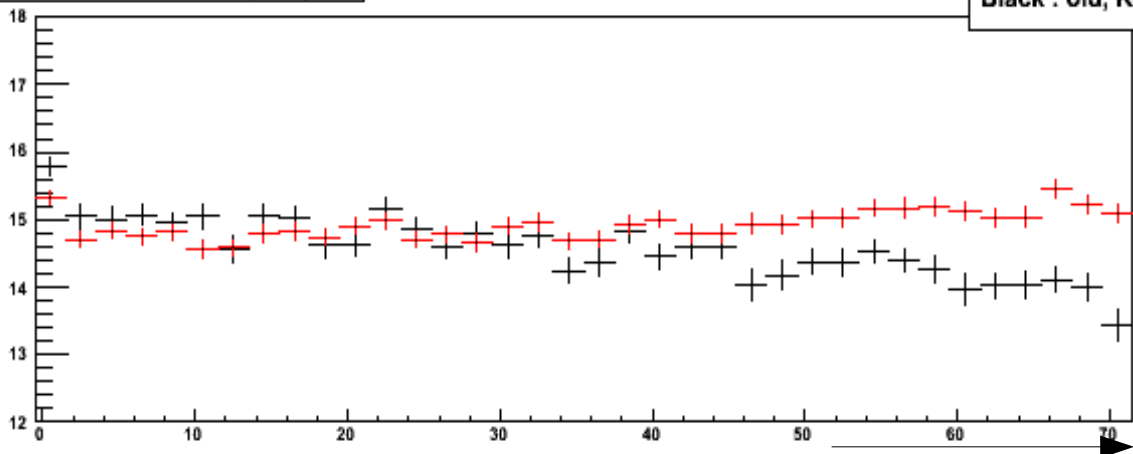
→ AMS Note  
2011-04-01  
avec C. Goy

JRJC - 5/12/2011

MIP Profiles, ADC counts, Y Superlayers



MIP Profiles, ADC counts, X Superlayers

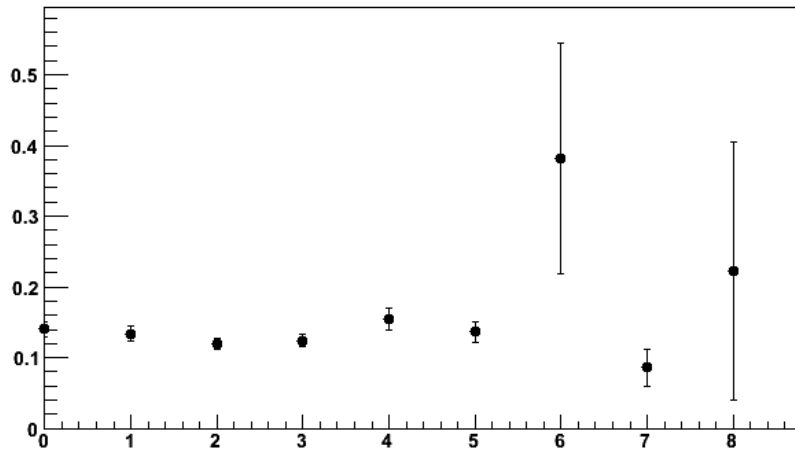


L. D'Adda - PREMIERS RESULTATS U AMS

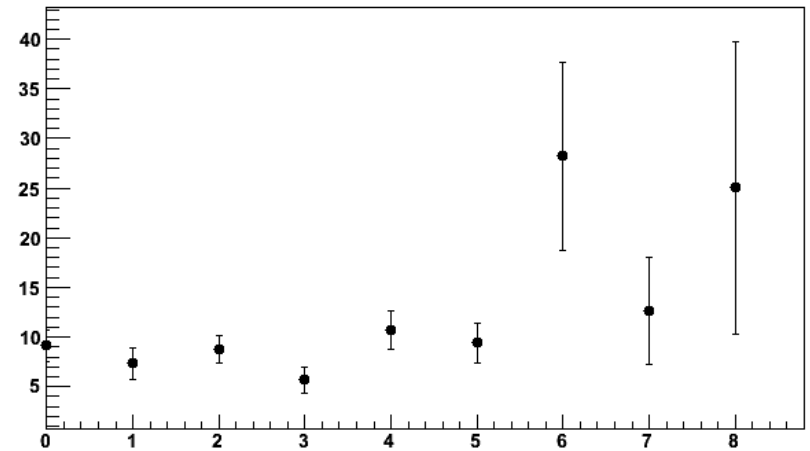
Distance au PM (cellules)

# Données ISS : paramètres par couche

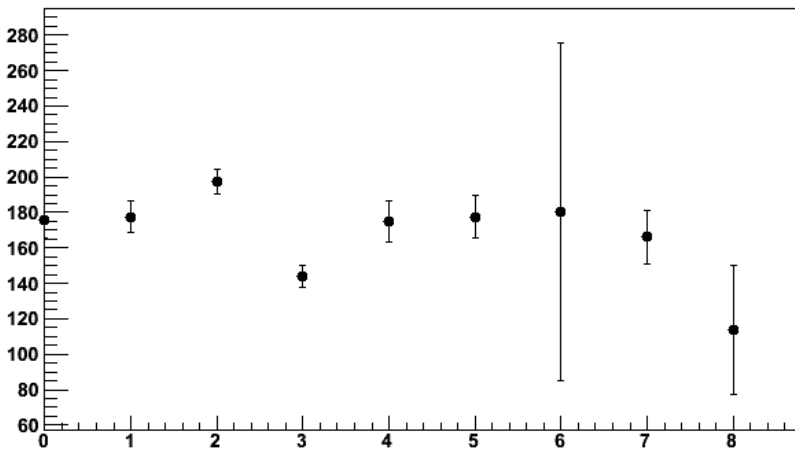
K



F



S

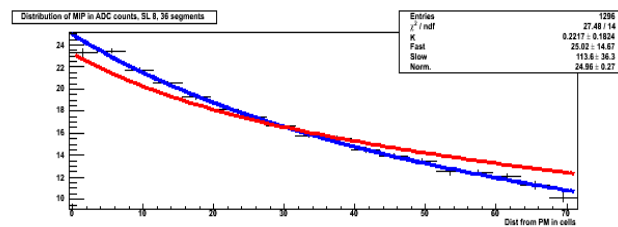
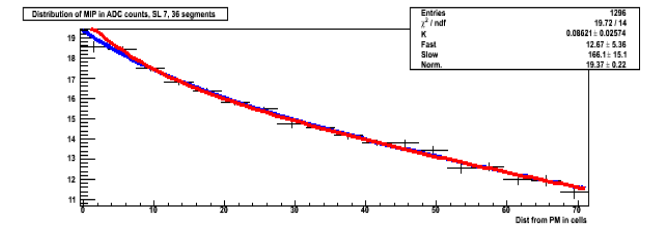
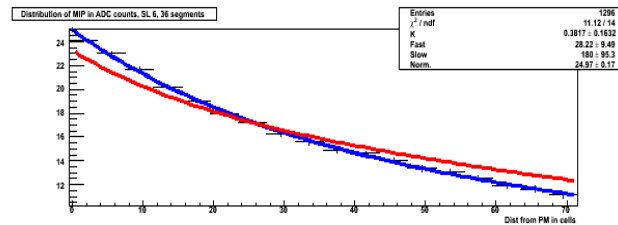
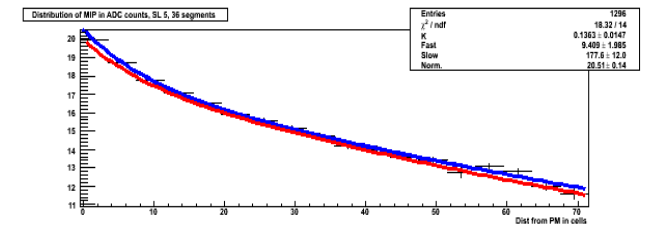
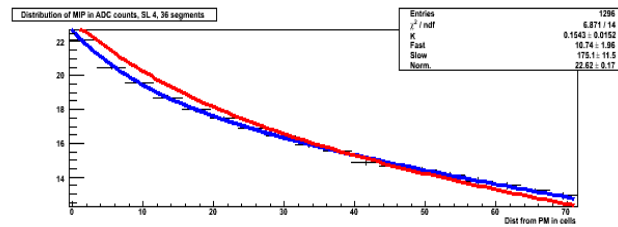
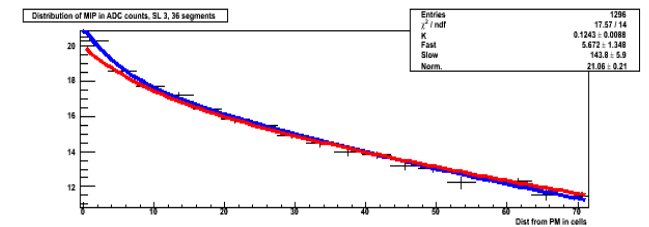
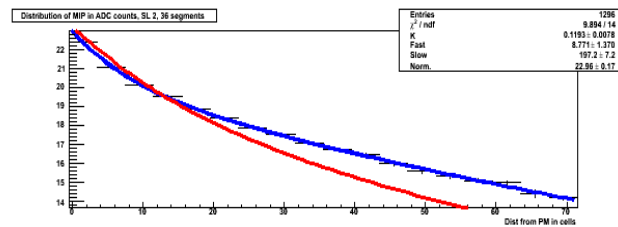
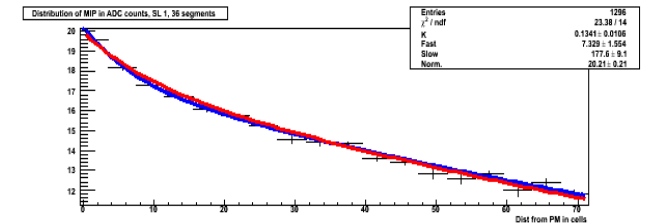
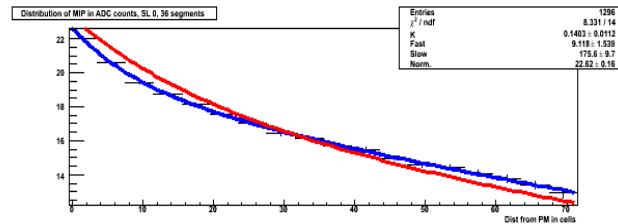


- Homogène pour les SC impaires, dispersion pour les paires (notamment deux dernières)



# Courbes d'atténuation ISS

- Atténuation le long de la fibre
- Rouge : par vue, bleu : par couche
- Problèmes pour les SC paires (à gauche)



# Bilan du travail sur le MIP

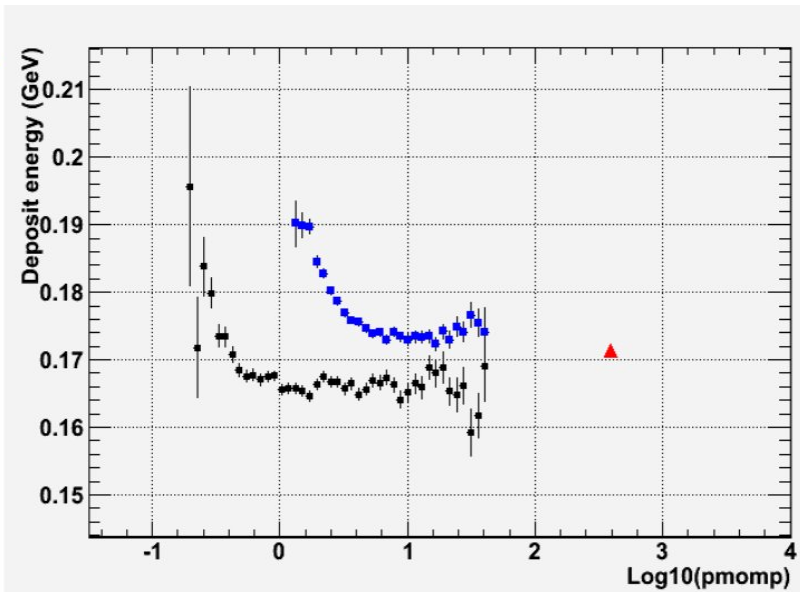
- Égalisation : normaliser les cellules les unes par rapport aux autres (gain : 12%)
- Atténuation : corriger l'éloignement au PM
  - Insuffisance de l'hypothèse d'homogénéité des cellules
  - Paramètres par supercouche désormais implémentés dans le logiciel de reconstruction
- Suivre l'évolution du système complet de collection de lumière
  - Avec quelle précision (évolution à 1%, cf. S. Rosier & al., AMS Note-2010\_12\_04.pdf)

# Retrouver Bethe-Bloch grâce au MIP

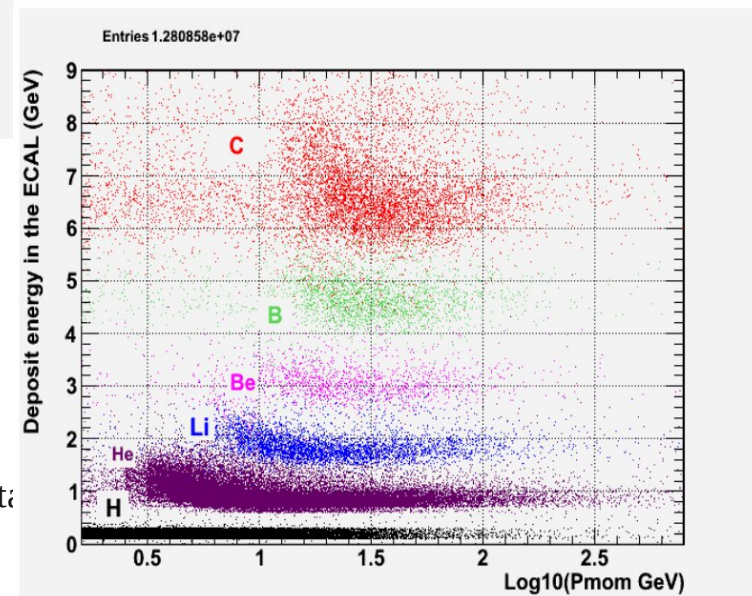
ISS data – 2 days –  
mid of July  
(temp=13 C)

KSC data – 2910  
(temp 23 C)  
Calibration and  
attenuation to be  
checked

Proton 400 GeV  
(temp 23 C)  
Calibration and  
attenuation to be  
checked

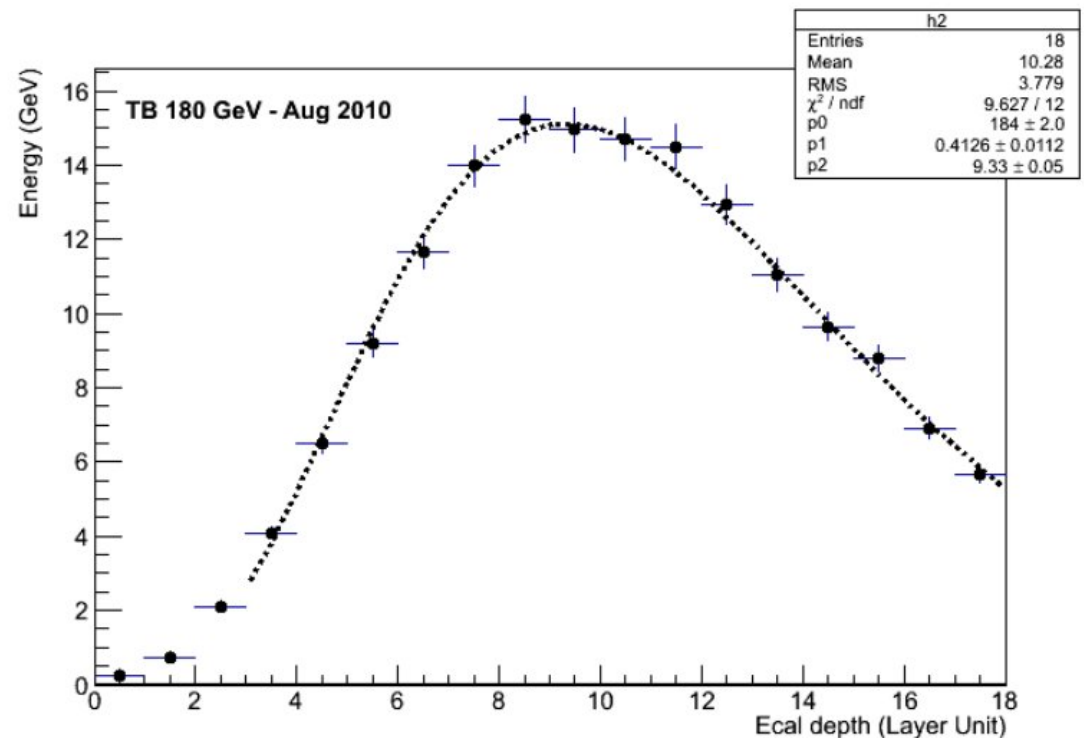


Aucun problème  
dans la collection  
de lumière entre  
l'espace et le sol



# Identification des particules par l'étude des paramètres de la gerbe

- Énergie déposée dans chaque couche
  - Existence d'un maximum
  - Varie comme  $\log(E)$
- Identifier les  $e^+ e^-$ 
  - $e^-$ , ...  $\rightarrow$  variables liées au profil longitudinal
- Actuellement : vérifier accord sol / espace



# Autres activités

- Missions aux USA
  - Kennedy Space Center
    - Implémentation du code de sélection des MIPs
    - Formation pour les shifts
  - Johnson Space Center (Houston)
    - Travail sur le logiciel de monitoring
    - Expert calorimètre
- Transfert du POCC au Cern
  - Shifts
  - Expert on-call ECAL

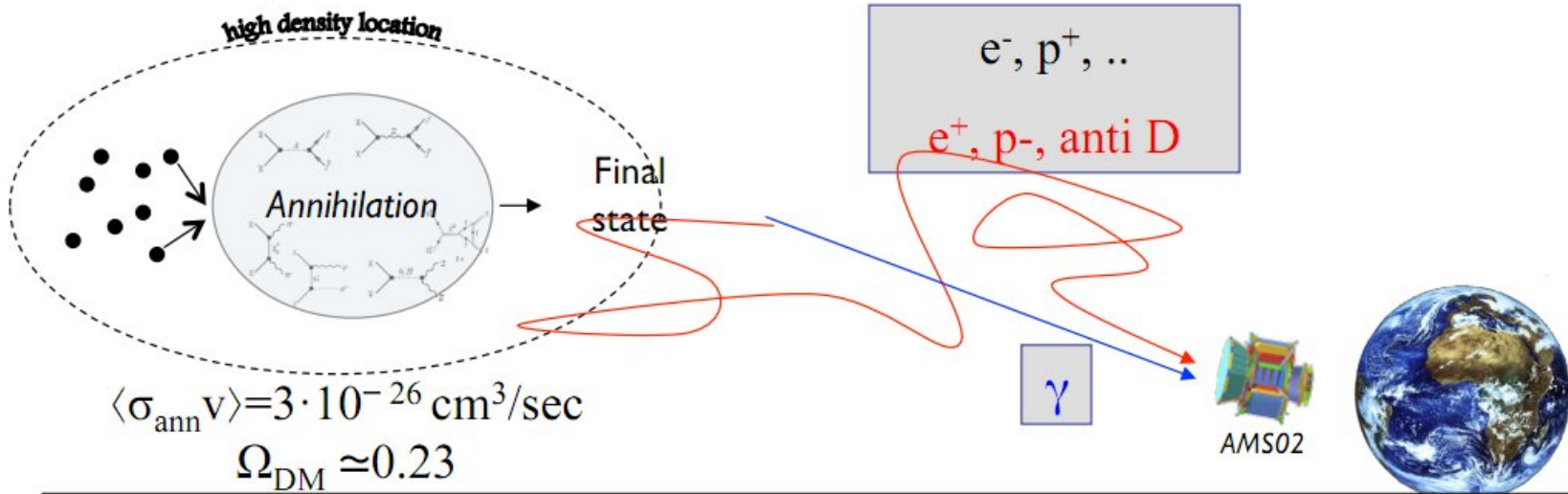


# Perspectives

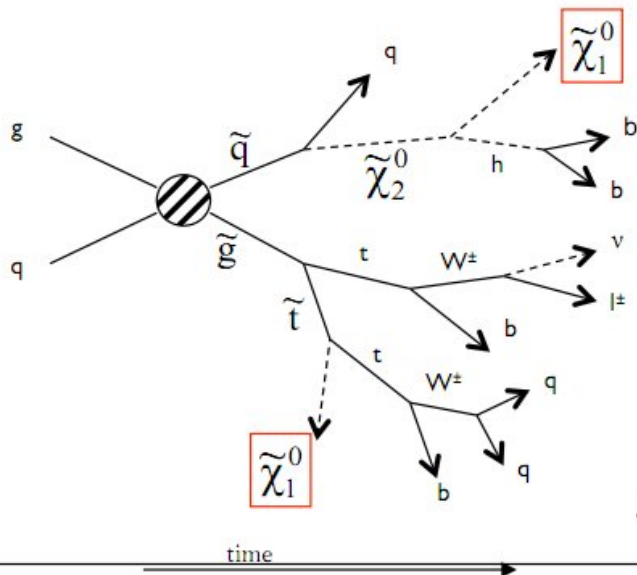
- Identifier les  $e^+$  /  $e^-$ 
  - Travail sur les variables discriminantes
  - Optimiser l'identification
  - Analyse multivariée (TMVA) sur ces variables
  - Domaines en énergie
- Calculer l'acceptance
  - Tenir compte du champ géomagnétique, position AMS...
  - Déterminer les flux
  - Normalisation des spectres (notamment  $e^+$  / ( $e^+ + e^-$ ))
- Interprétation des données
  - Matière noire ?

Merci de votre attention...

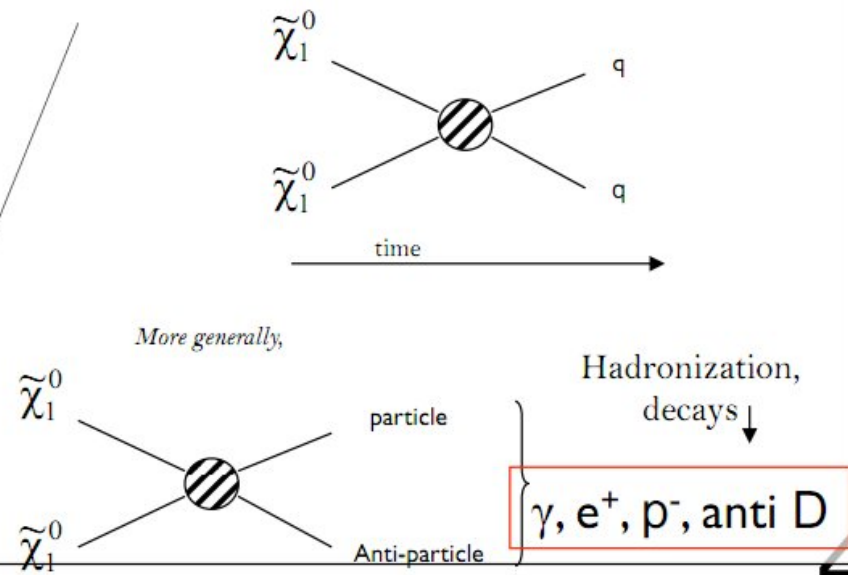
# Recherche indirecte de matière noire



## DARK MATTER SEARCHES IN COLLIDER EXPERIMENTS



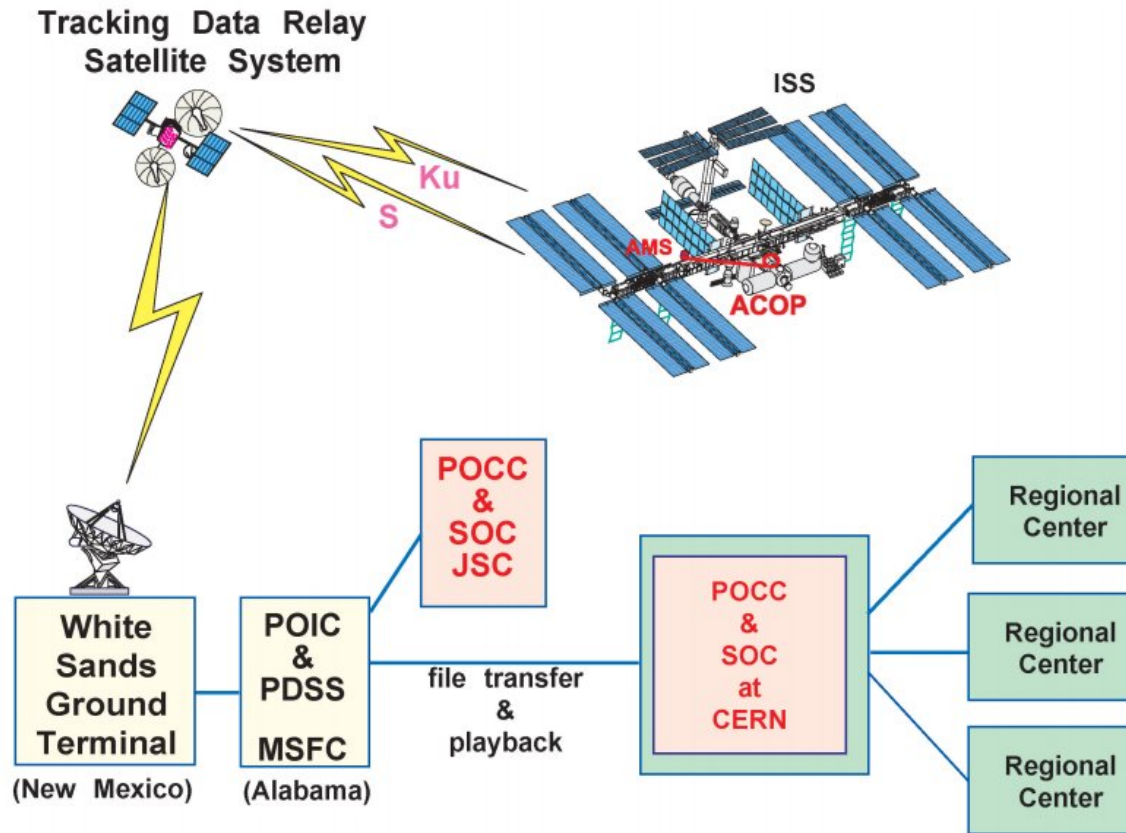
## INDIRECT SEARCH FOR DARK MATTER





# Transfert des données

## Data Transfert



10 Mbits/sec average science data downlink Rate ( at least 20%of the ISS band width)

ACOP (AMS Crew Operation Post) allows ISS local storage and backup of data when downlink is off.

Main processing center at CERN

ACOS: AMS Crew Operation Post

POCC: Payload Operation Control Center

SOC: Science Operation Center

MSFC: Marshall Space Flight Center (Al)

JSC: Johnson Space Flight Center (Tx)