

# Etude de la séparation e/pi dans la partie avant du calorimètre électromagnétique d'ATLAS

**Eve Chareyre**

LPNHE, universités Paris VI, Paris VII et IN2P3, France

JJC08, St Flour  
03 Décembre 2008

Directeur de thèse : Philippe Schwemling

03/12/08

Eve Chareyre(LPHE) - JJC2008



# Plan

- ◆ Calorimètre à Argon liquide
- ◆ Reconstruction de l'énergie des pions et des électrons
- ◆ Les tests en faisceaux combinés
- ◆ Etude de la contamination en électrons
- ◆ Les variables discriminantes
  - Methode des coupures
  - TMVA
- ◆ Les données simulées ATLAS
- ◆ D'autres méthodes : le réseau de neurones et la methode de vraisemblance

# Motivation

- Certaines observables sont sensibles à l'acceptance des électrons comme par exemple la mesure de l'asymétrie avant-arrière dans les événements  $Z \rightarrow e e$ .
- Z et W sont des particules pouvant signaler des désintégrations d'autres particules (t,H)
- Mais dans cette partie avant du calorimètre, la granularité est plus faible que dans la partie centrale et la résolution en énergie est plus faible.
- Mais nous exploitons les événements des calorimètres avant sans outil de « tracking »

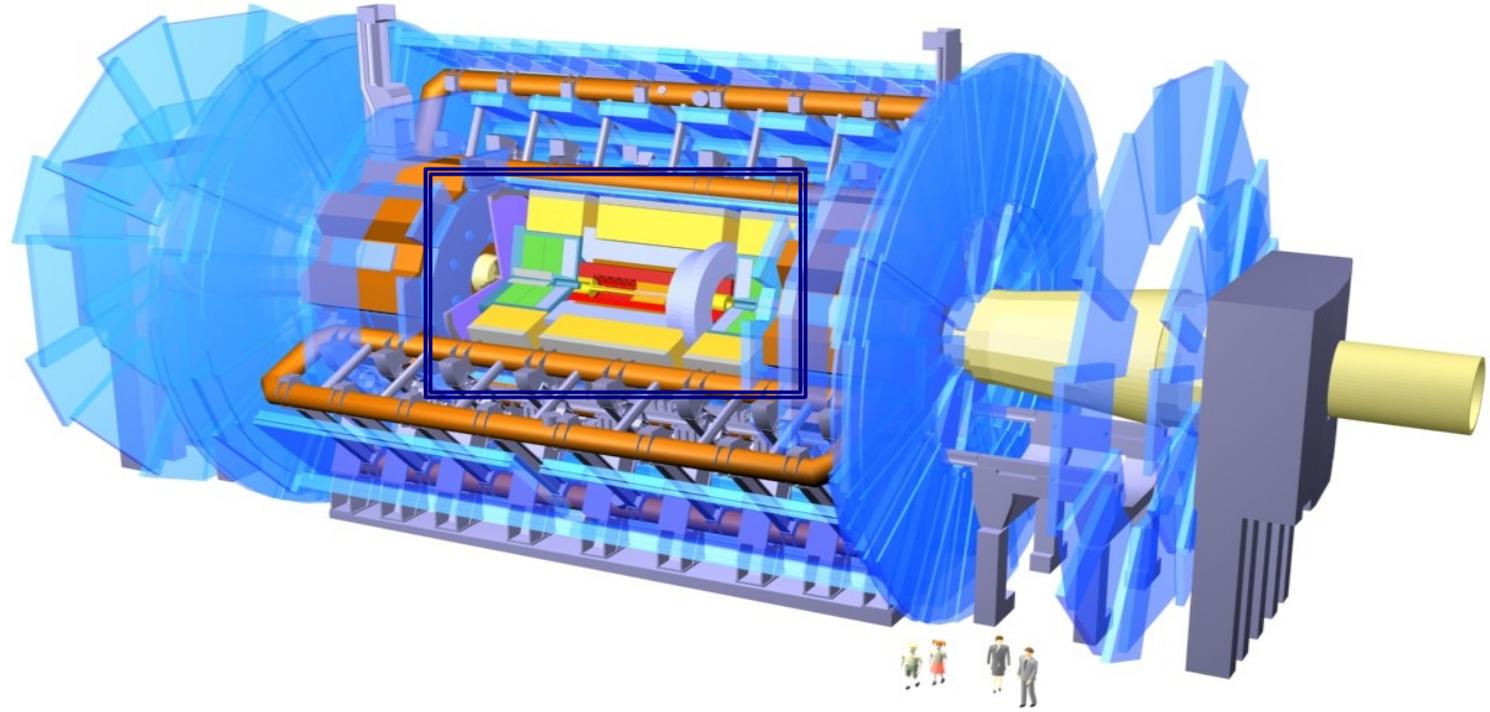
## But du travail

- Nous voulons développer de simples outils pour les premières données pour étudier les désintégrations  $Z \rightarrow e e$  et  $W \rightarrow e \nu$
- Nous voulons étudier la séparation électrons pions dans cette région du calorimètre



**Travail sur les données de tests en faisceaux sur la période de prise II en 2004**

# L'experience ATLAS



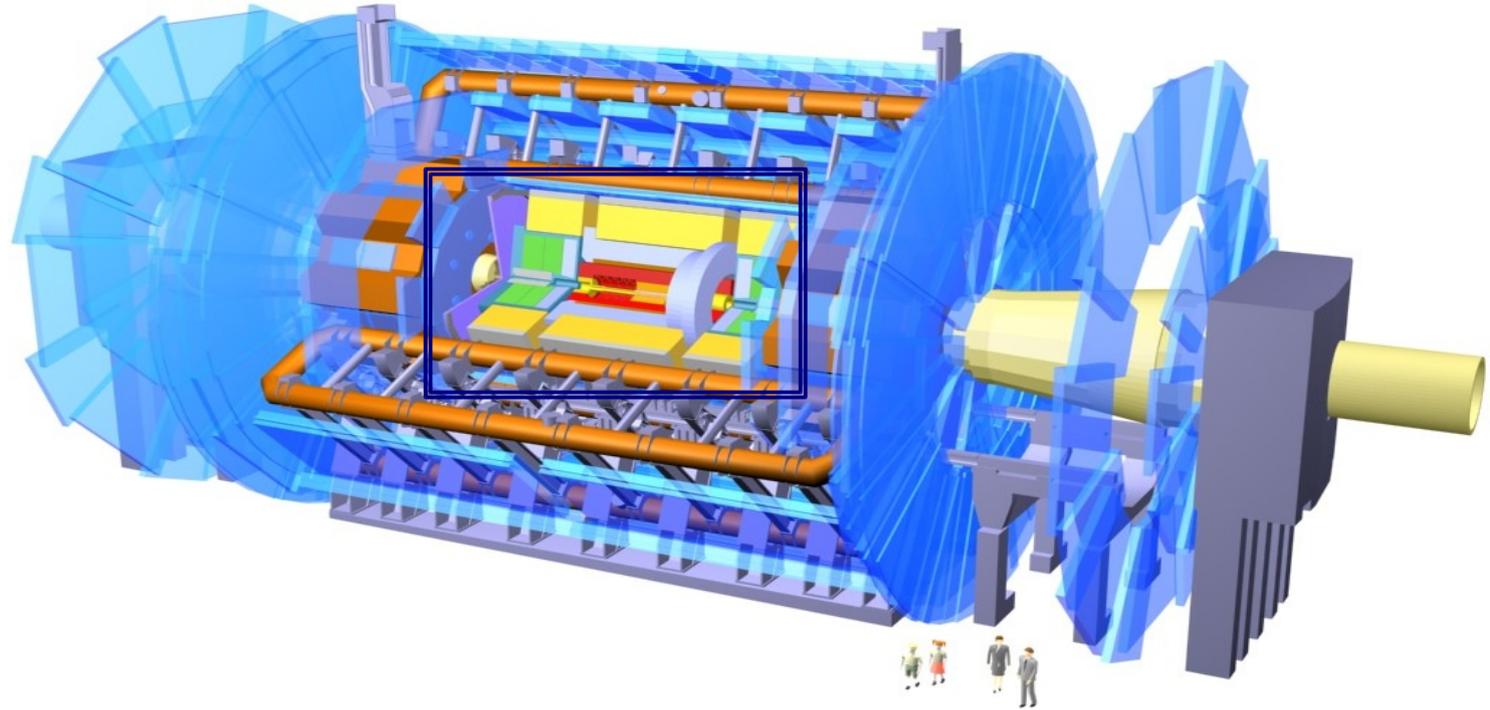
# L'expérience ATLAS

## Point d'interaction

→ Collisions p-p

## Trajectographe

→ Traces chargées, capacité à identifier les électrons



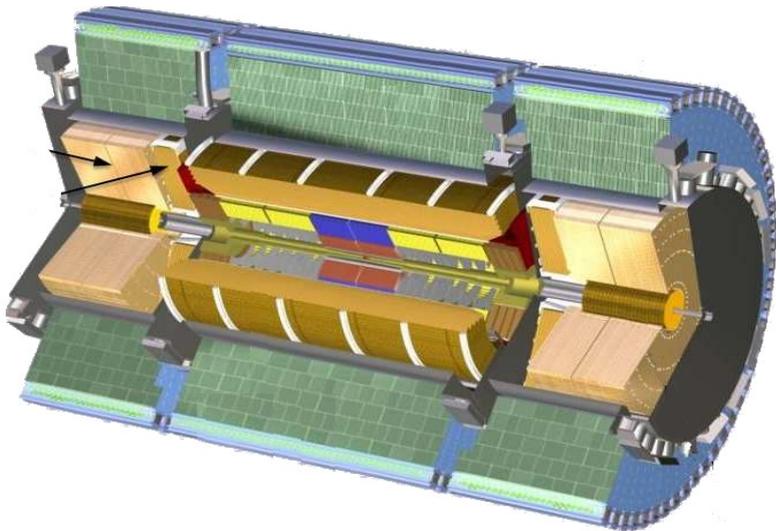
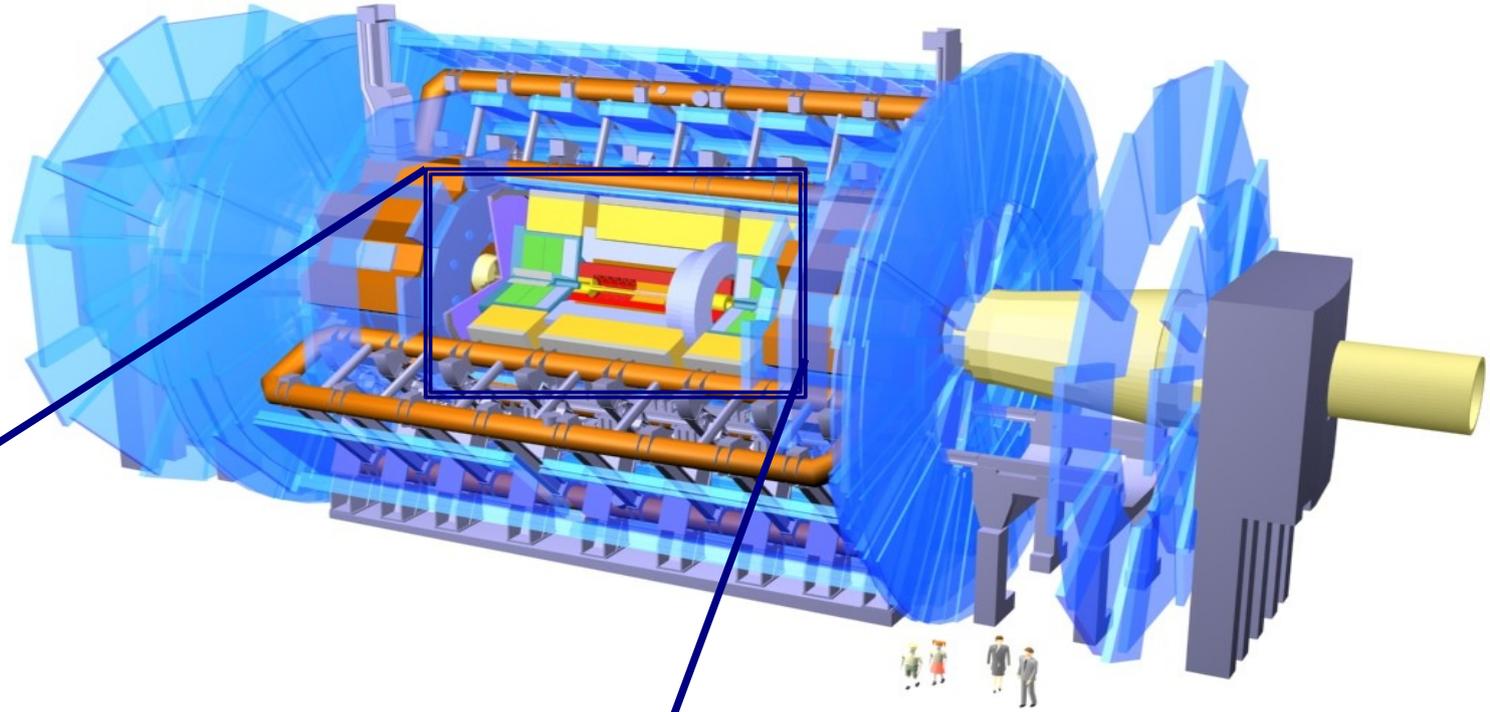
# L'expérience ATLAS

## Point d'interaction

→ Collisions p-p

## Trajectographe

→ Traces chargées, capacité à identifier les électrons



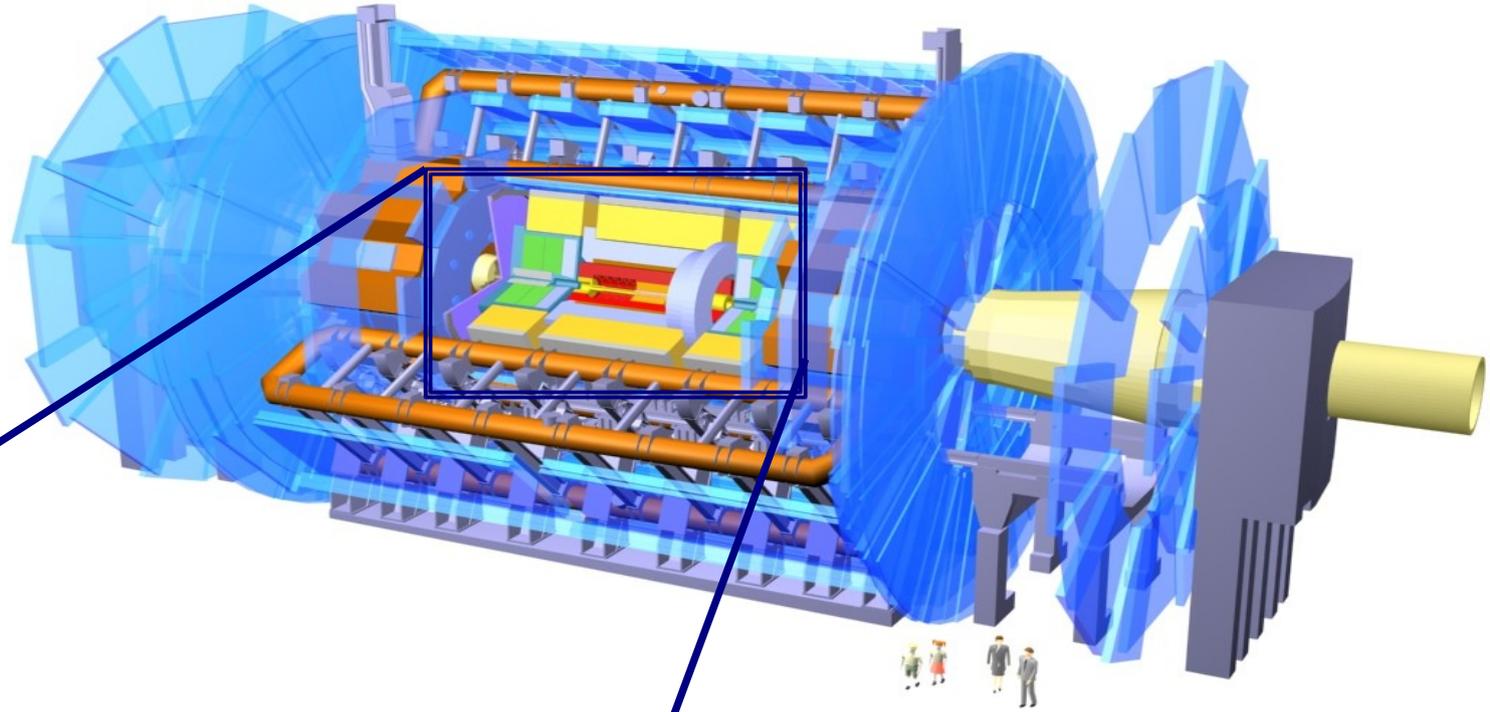
# L'expérience ATLAS

## Point d'interaction

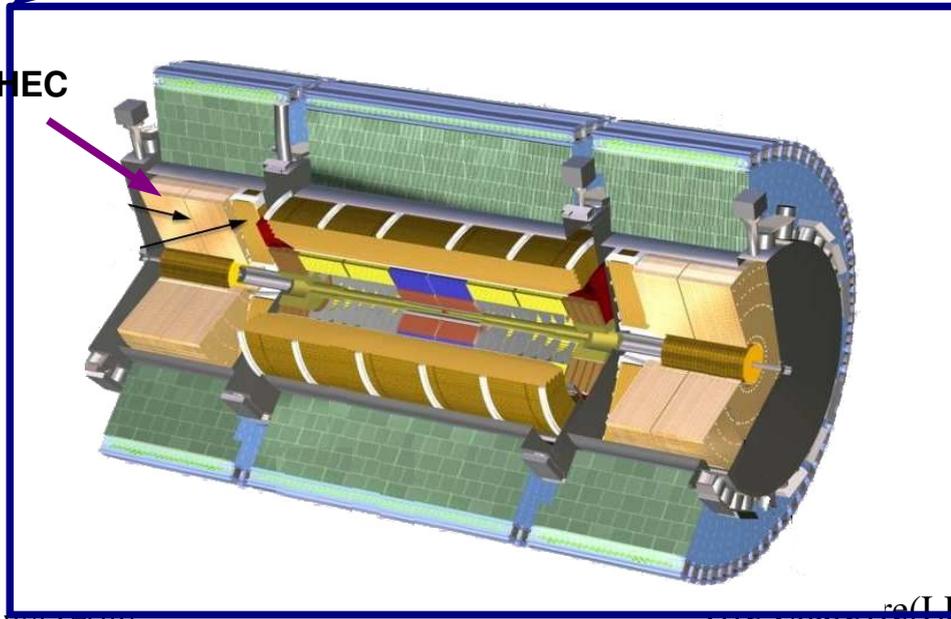
→ Collisions p-p

## Trajectographe

→ Traces chargées, capacité à identifier les électrons



HEC



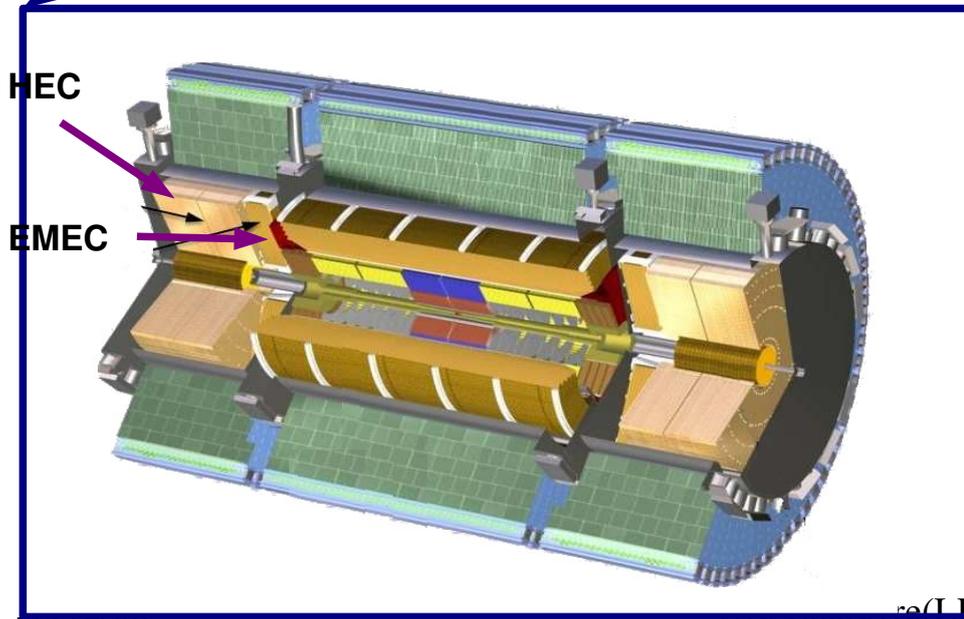
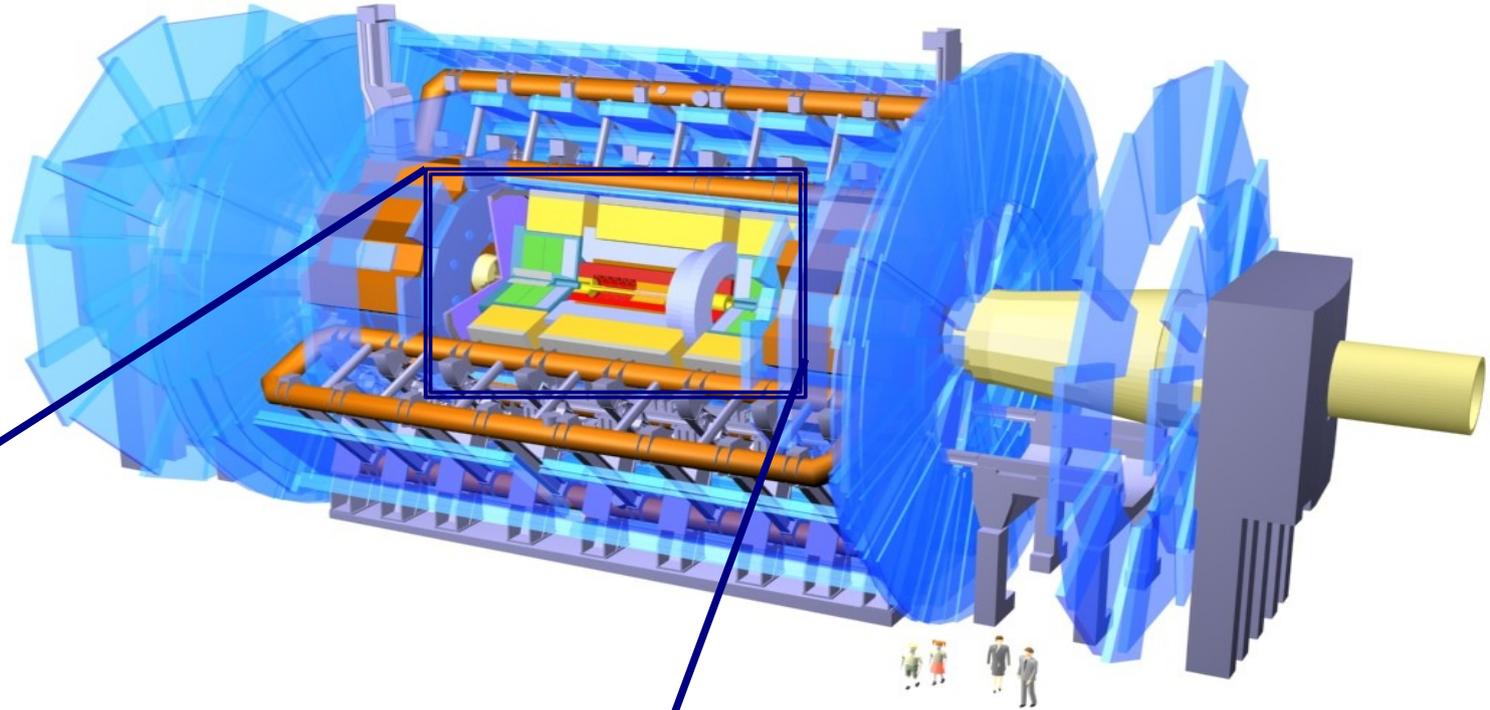
# L'expérience ATLAS

## Point d'interaction

→ Collisions p-p

## Trajectographe

→ Traces chargées, capacité à identifier les électrons



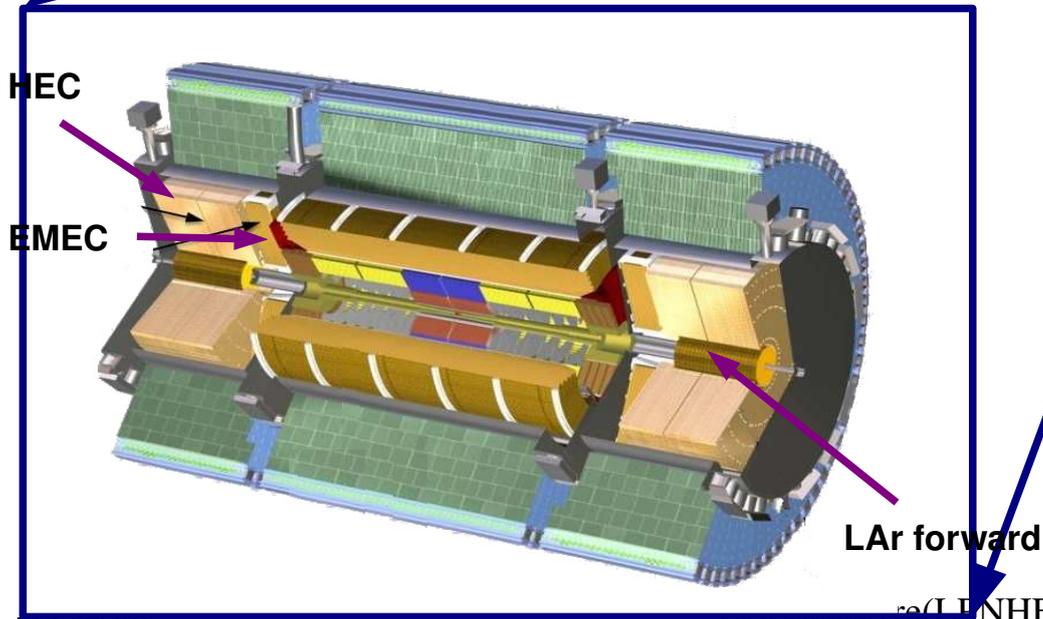
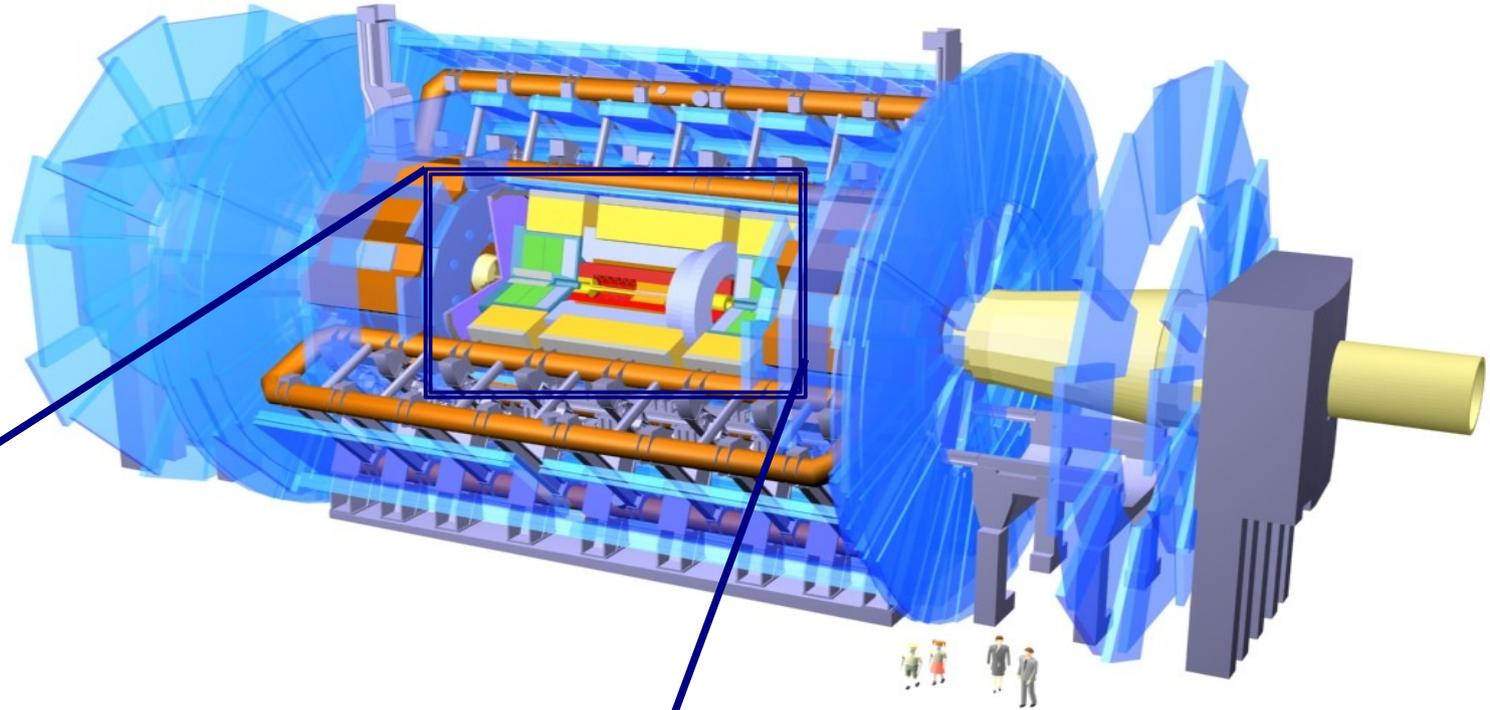
# L'expérience ATLAS

## Point d'interaction

→ Collisions p-p

## Trajectographe

→ Traces chargées, capacité à identifier les électrons



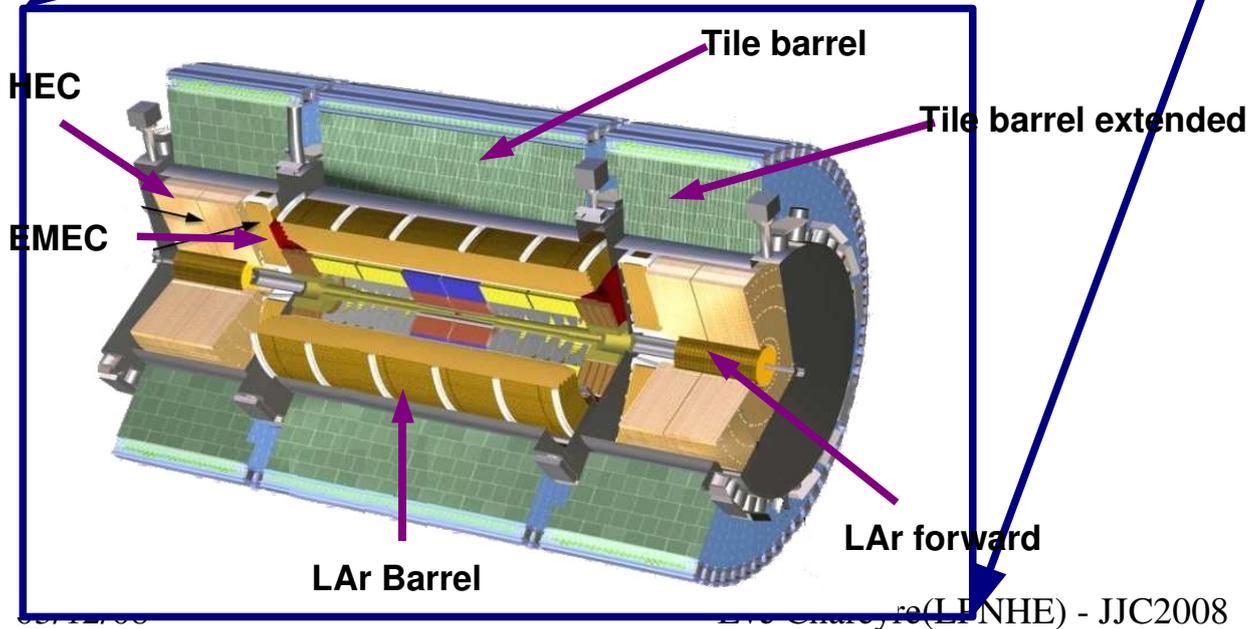
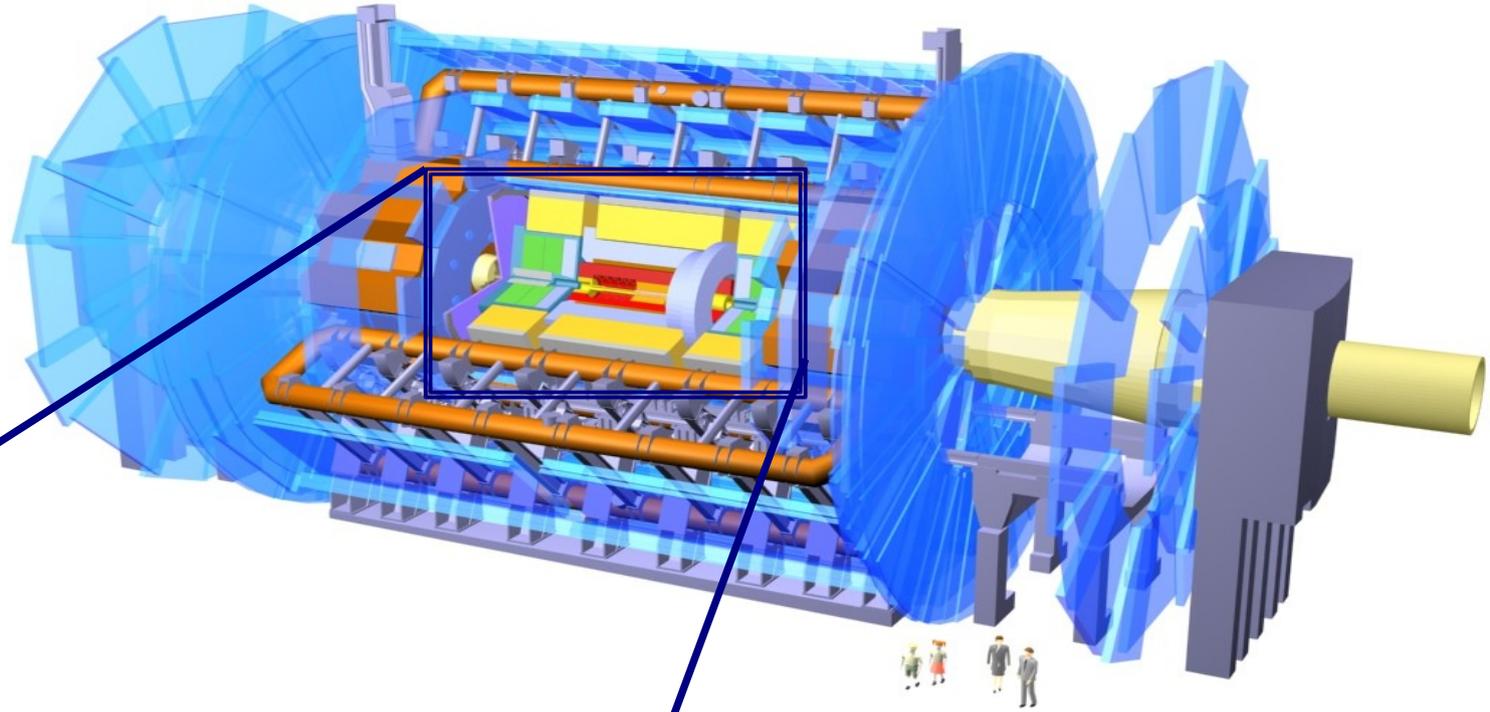
# L'expérience ATLAS

## Point d'interaction

→ Collisions p-p

## Trajectographe

→ Traces chargées, capacité à identifier les électrons



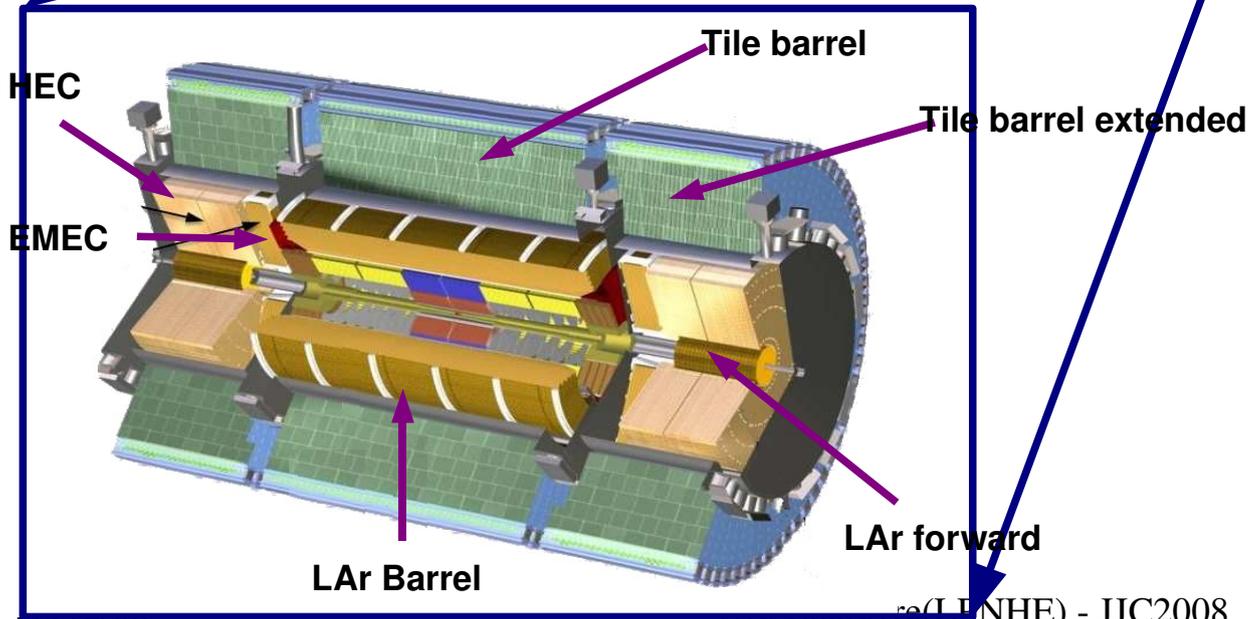
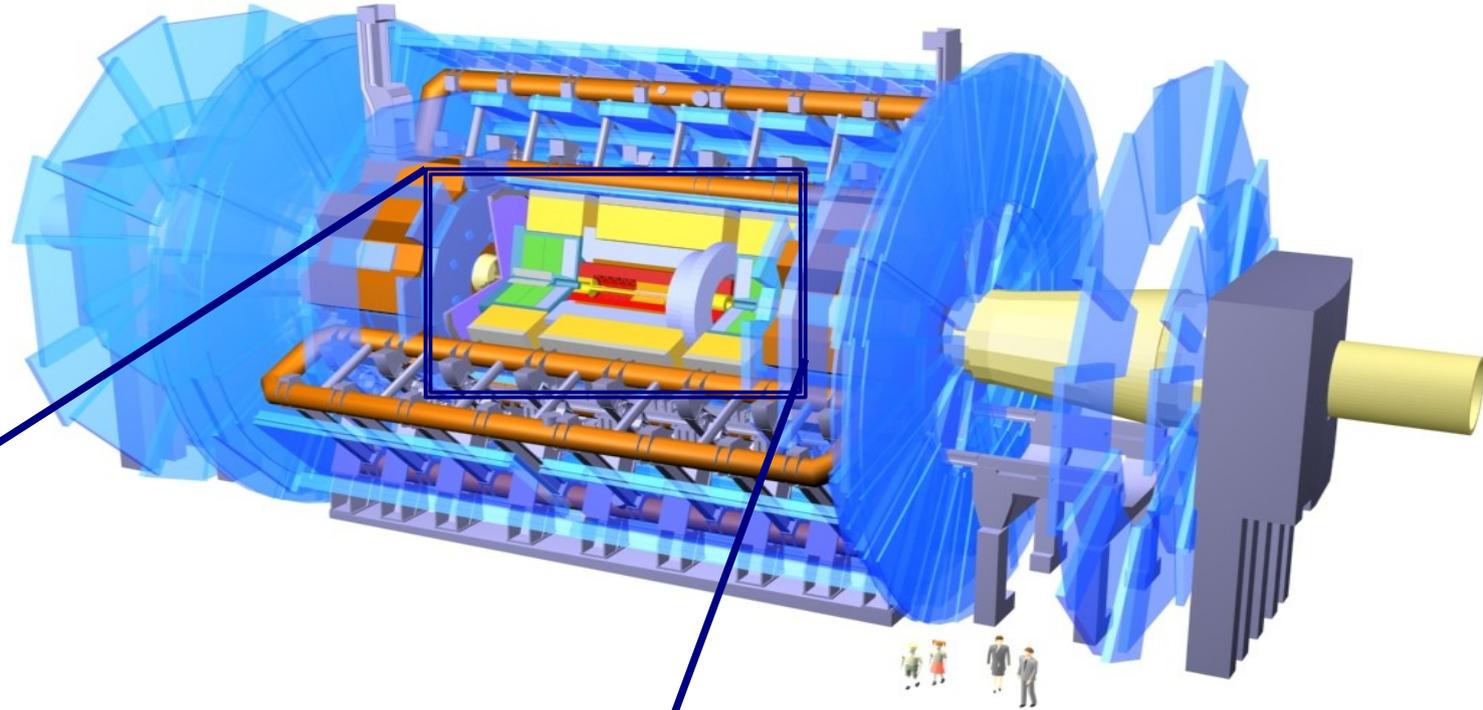
# L'expérience ATLAS

## Point d'interaction

→ Collisions p-p

## Trajectographe

→ Traces chargées, capacité à identifier les électrons

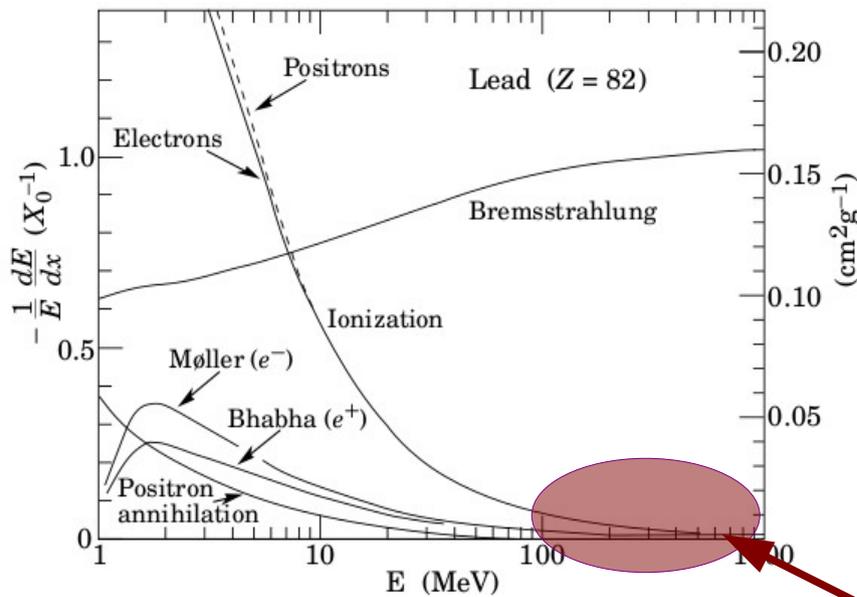


## Calorimètres

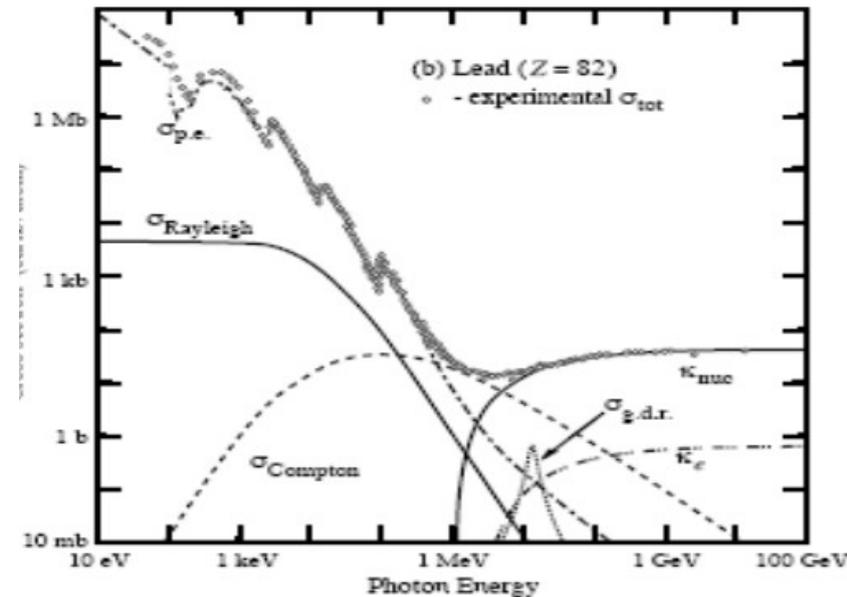
→ arrêt des particules, mesure du dépôt d'énergie et identification des électrons, photons, pions

# Intéraction des électrons avec la matière

Energie perdue par un électron en fonction de son énergie lorsqu'il traverse le plomb



Section efficace des processus d'interaction du photon avec le plomb



Processus dominant à haute énergie: perte d'énergie par

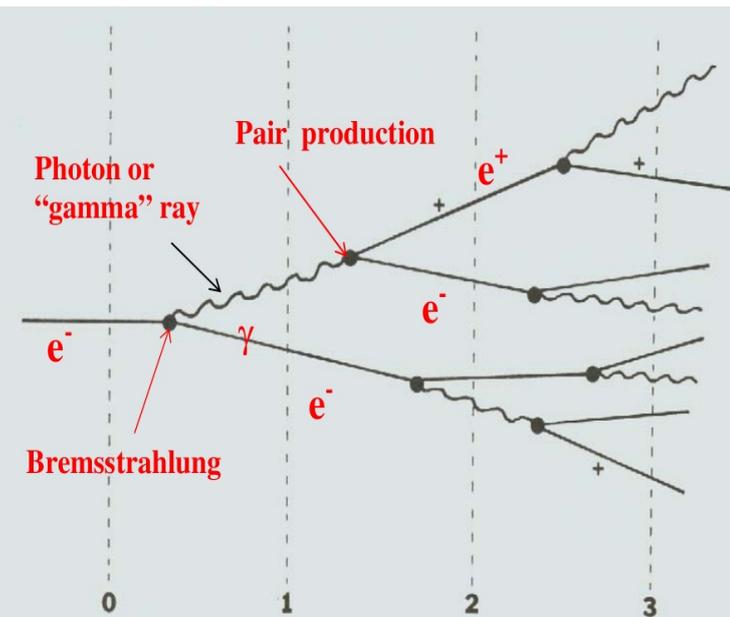
**Bremsstrahlung**  
(émission d'un photon)

## Gerbe électromagnétique :

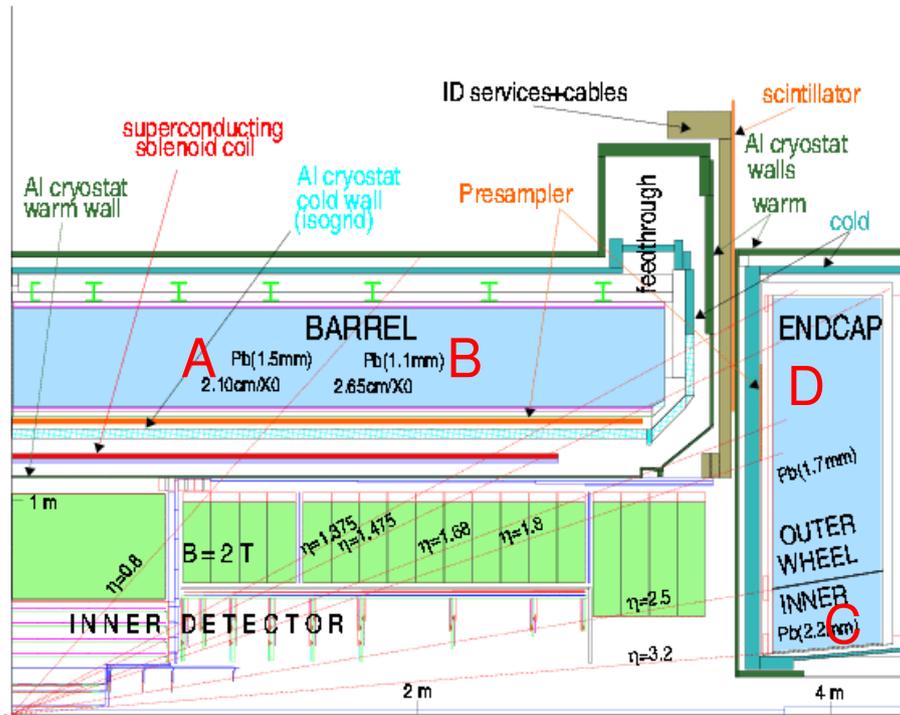
- ★ Bremsstrahlung
- ★ création de paires  $e^+ e^-$

Quand l'E décroît :

- ★ Ionisation pour les  $e$  dans le milieu absorbeur (plomb)
- ★ Effet Compton et photoélectrique pour les photons



# Structure du calorimètre électromagnétique



Géométrie projective en eta et phi :

A :  $0 < \eta < 0.8$

B :  $0.8 < \eta < 1.475$

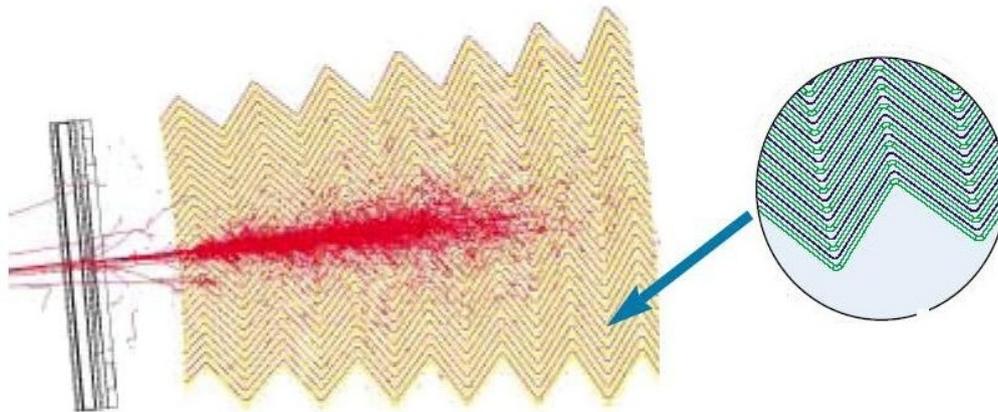
D :  $1.375 < \eta < 2.5$

**C :  $2.5 < \eta < 3.2$**

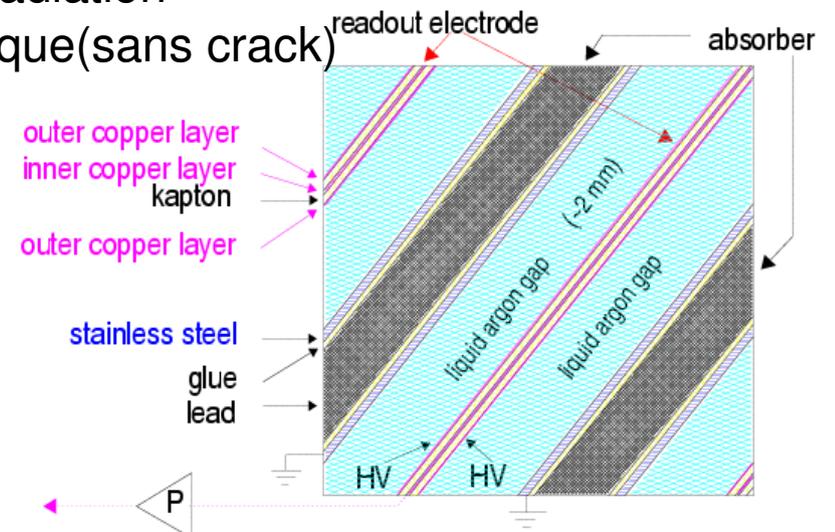
$$\eta = -\ln(\tan \theta/2)$$

Structure en accordéon dans le barrel et le endcap

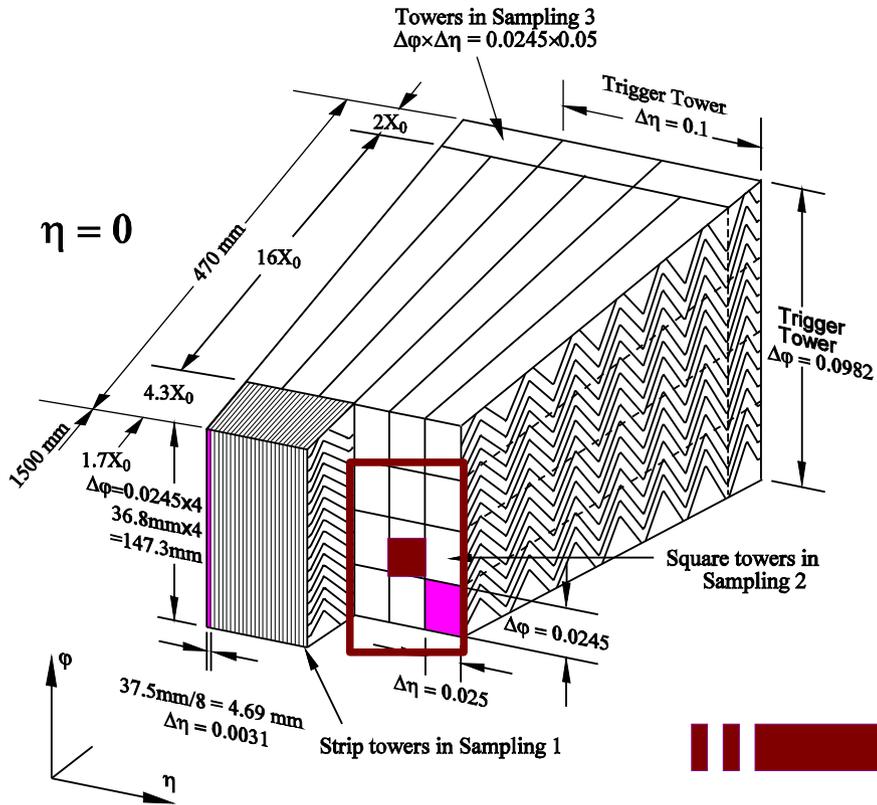
- Lecture rapide des signaux
- habitué à de forte radiation
- couverture hermétique (sans crack)



i) - JJ

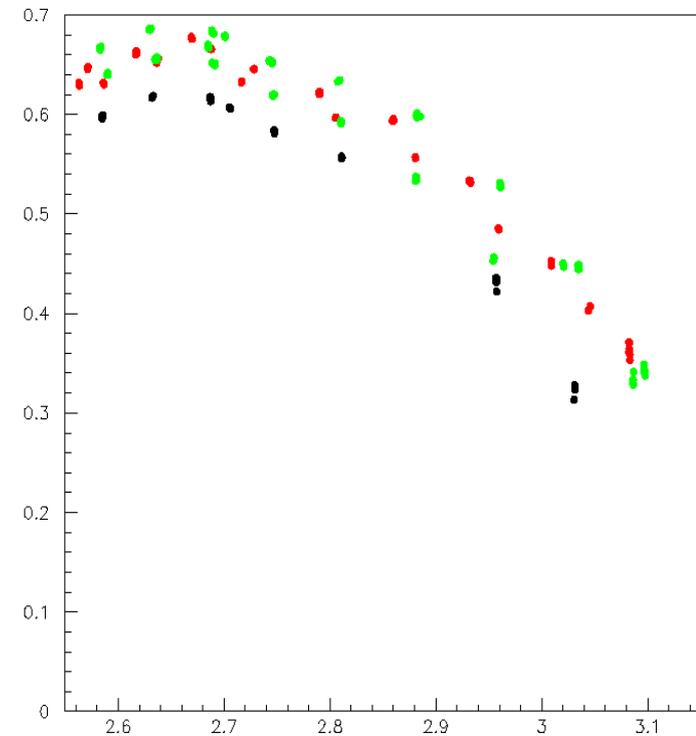


# Reconstruction de l'énergie des pions et des électrons



Recherche de la cellule la plus chaude

Energie du « cluster » en fonction de la couverture angulaire en eta



Dans le Hec :

« cluster » de taille 3 × 3 en eta et phi

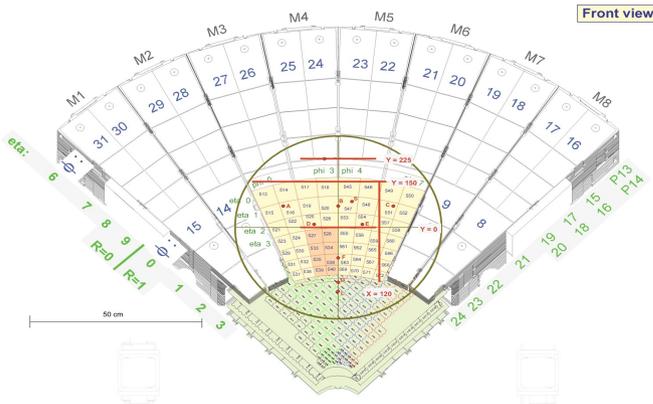
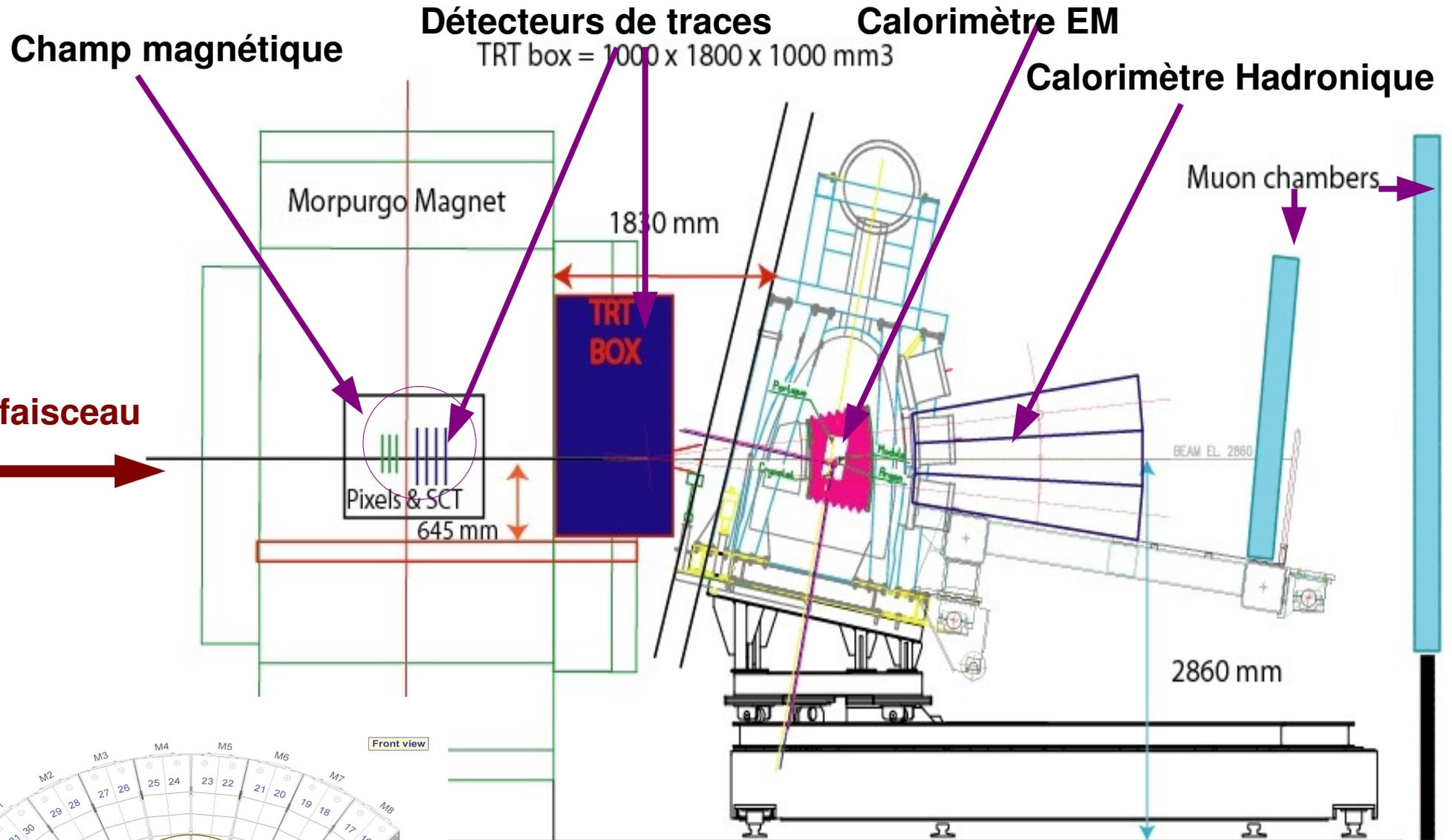
Dans l'Emec :

« cluster » de taille 3 × 3 en eta et phi

+ corrections

On identifie un electron grâce à un ensemble de variables discriminantes qui tiennent compte des informations sur les « clusters » et sur la forme de la gerbe

# Dispositif expérimental du test en faisceaux combinés

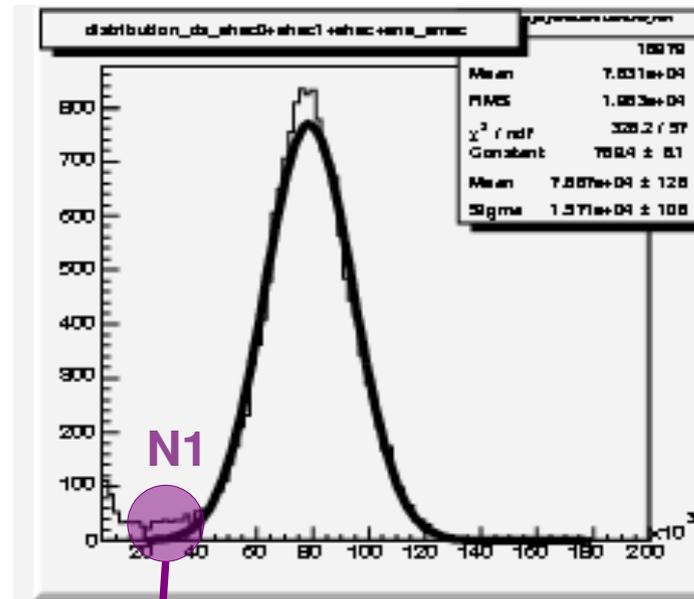


# Etude de la contamination en electrons dans les runs de pions

Distributions dans le Hec et dans l'Emec

Pour une position et une energie du faisceau

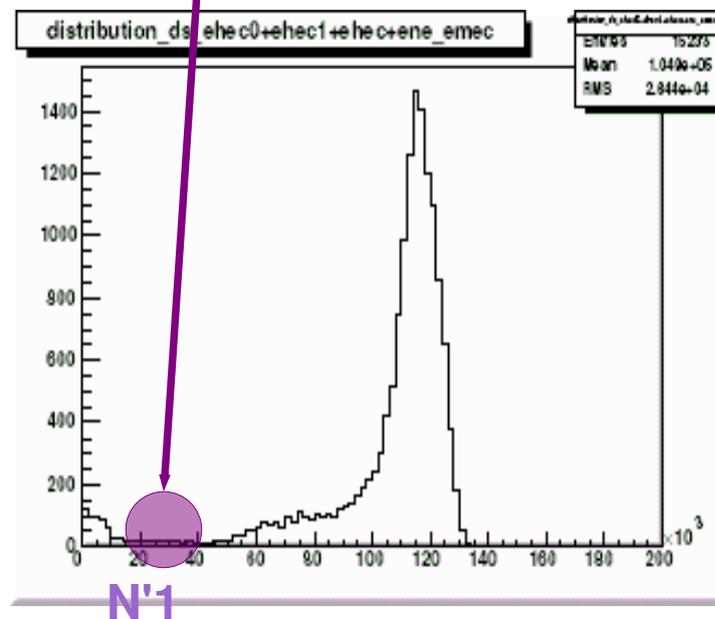
pions →



♦ Comptage du nombre de particules détectées entre 5 GeV et la position du pic-3sigma

->  $N1/N2$  : pourcentage particules détectées dans cet intervalle

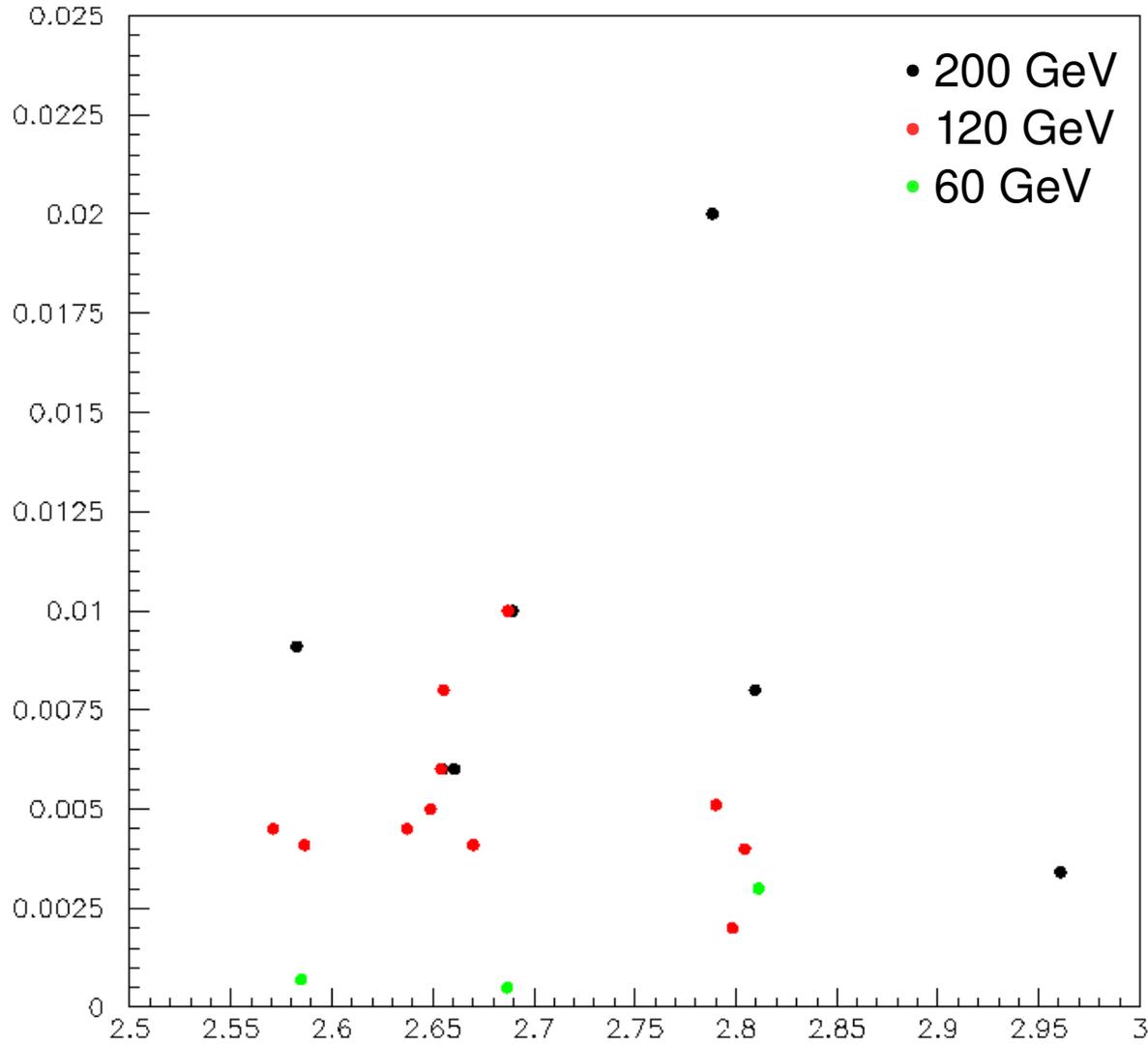
électrons →



♦ Comptage du nombre de particules détectées dans le meme intervalle

-> **contamination =  $N'1 * N1 / N2$**   
(permet d'estimer le taux de rejection que l'on peut mesurer)

# Contaminations en fonction de E et eta



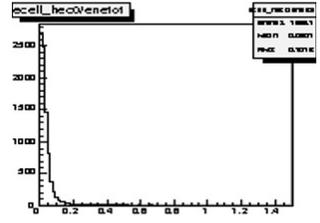
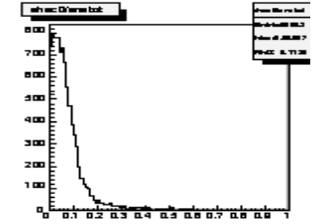
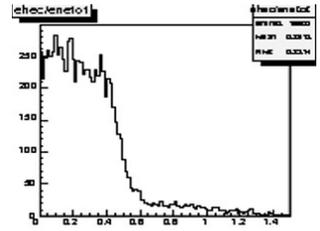
**Faibles contaminations**

Contaminations constantes en fonction de eta -> ne dependent pas de la géométrie du detecteur

# Etude de variables discriminantes sensibles au développement de la gerbe électromagnétique

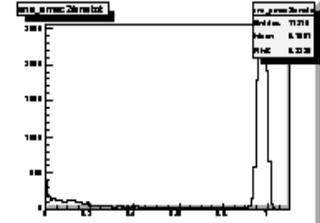
- Dans le Hec

- ◆ Energie dans le Hec
- ◆ Energie dans le Hec compartiment 0
- ◆ Energie de la cellule la plus chaude dans le Hec compartiment 0

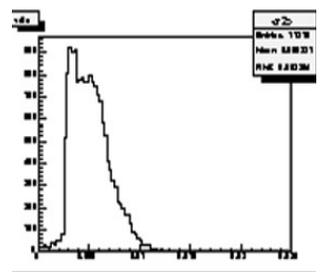


- Dans l'Emec

- ◆ Energie dans l'Emec compartiment 2
- ◆ Moment décrivant le developpement latéral de la gerbe



$$\langle x^n \rangle = \frac{1}{E_{\text{norm}}} \times \sum_i E_i x_i^n,$$



# Description de la méthode

**1ère étape** : éliminer les muons des « runs » de pions et d'électrons -> coupure à 1GeV sur l'Emec compartiment 2

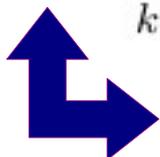
**2ème étape** : regarder les efficacité des électrons et les rejections des pions avec une analyse basée sur des coupures

## Definition :

- **efficacité** = nbre d'électrons passant les coupures / nbre total d'électrons
- **réjection** = Nbre total de pions / nbre de pions identifiés comme électrons

**3ème étape** : The toolkit for Multivariate Data Analysis (TMVA) --> **discriminant de Fisher**  
Combinaison linéaire des variables discriminantes  $x_i$ . Les coefficients de Fisher sont optimisés de manière à ce que  $y_{Fi}$  donne un maximum de séparation entre le signal et le bruit de fond et une faible largeur de la distribution

$$y_{Fi}(i) = F_0 + \sum_{k=1}^{n_{\text{var}}} F_k x_k(i)$$



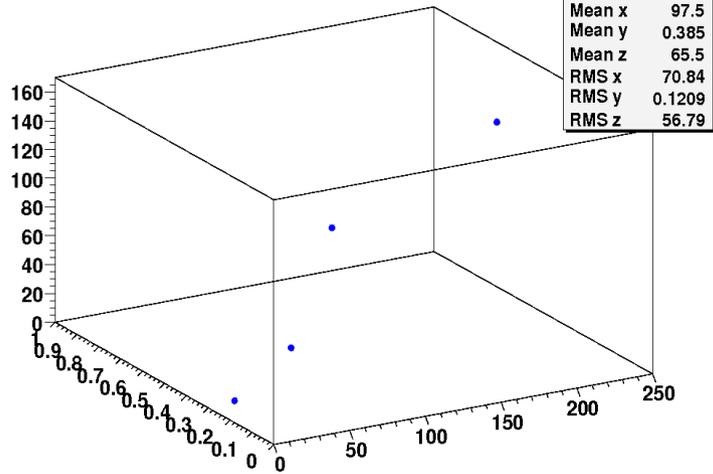
Centrer la valeur moyenne de  $y$ , sur tout l'échantillon, autour de 0

On cherche l'axe dans l'espace des variables sur lequel on peut projeter les événements du bruit et du signal pour qu'ils soient le plus séparés possible.



# Avec les coupures

efficacite\_vs\_rejection



E	Efficacité (tag events/total events)	Rejection (total events/ tag events)
10	0.25	5.46
60	0.34	25.87
120	0.58	78.22
200	0.37	152.46

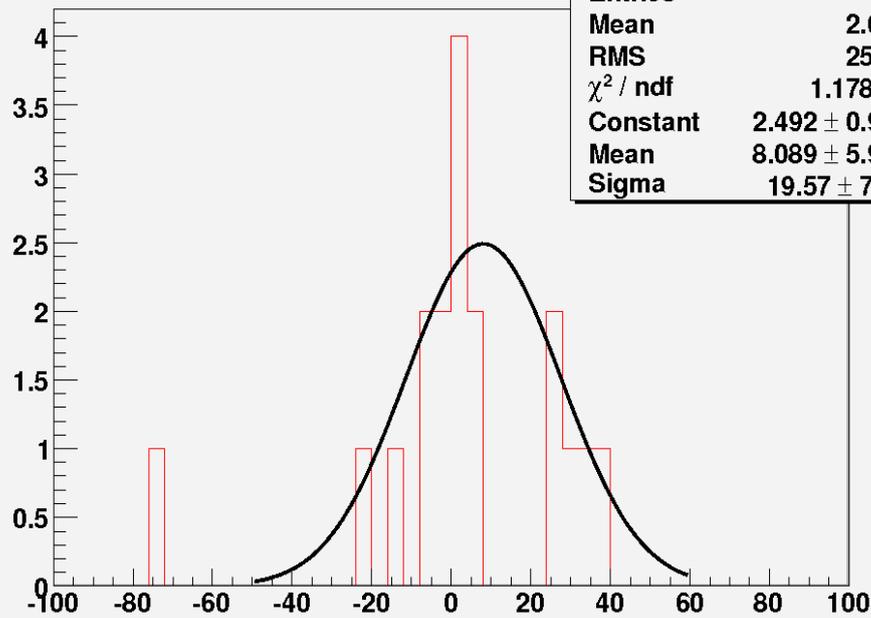
Pour des pions :

$$\frac{\text{Nb part/Nb tag} - \langle \text{Nb part/Nb tag} \rangle}{\text{sigma}}$$

$$\text{sigma} = \sqrt{\text{nb tag}} / \text{Nb part}$$

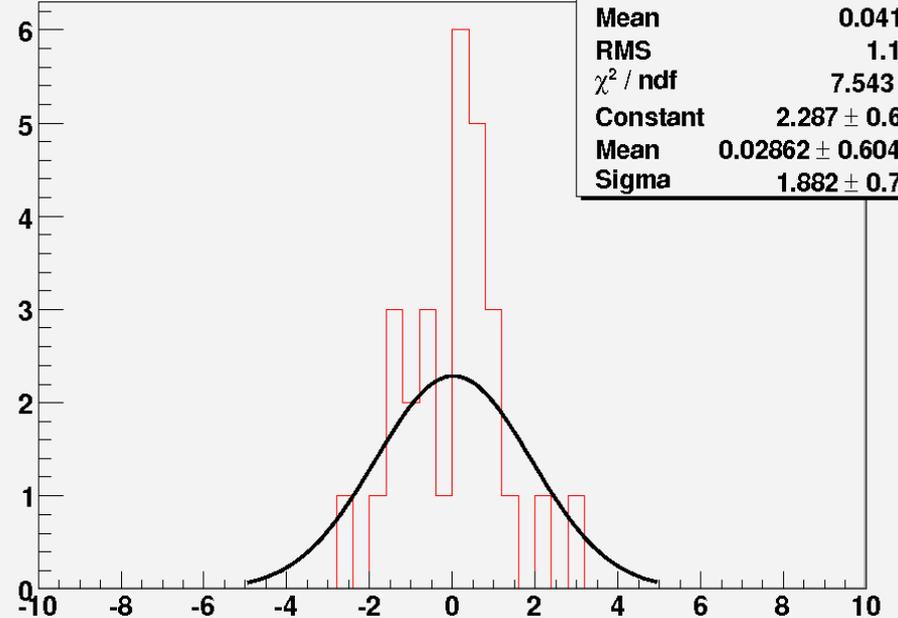
## Estimation de l'erreur

Electrons



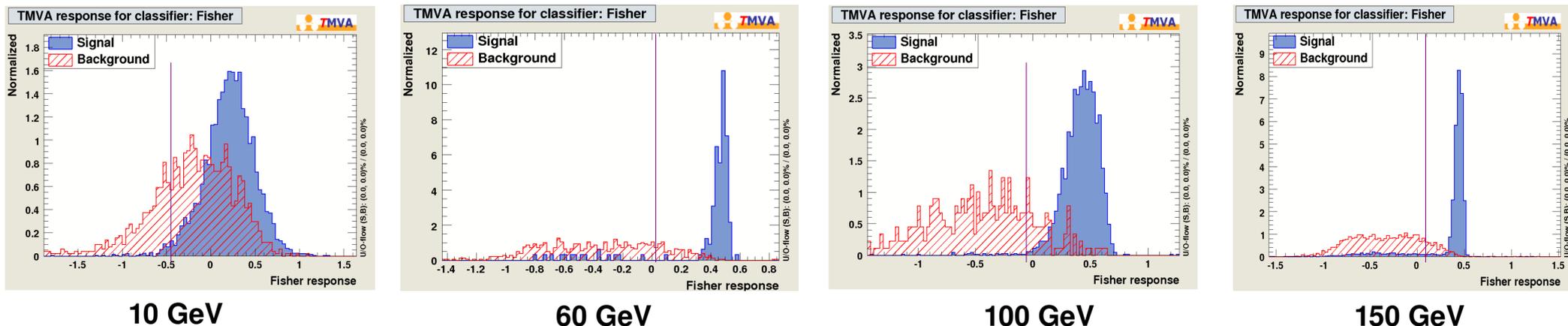
LPN]

ErrPions

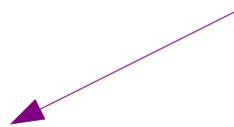


➔ Avec TMVA

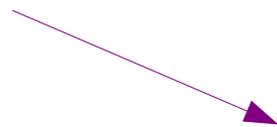
## Distributions de Fisher pour des électrons et des pions



## Coupures sur ces distributions

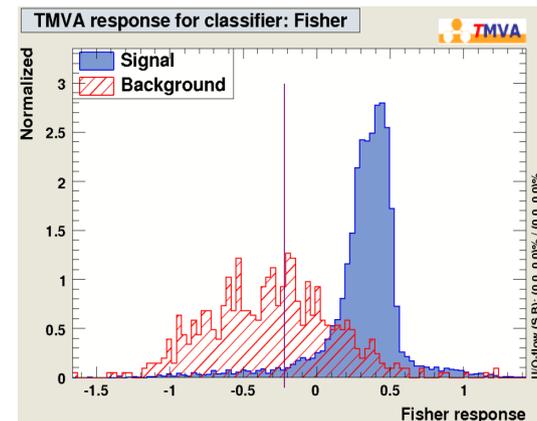


Estimation efficacités et rejections

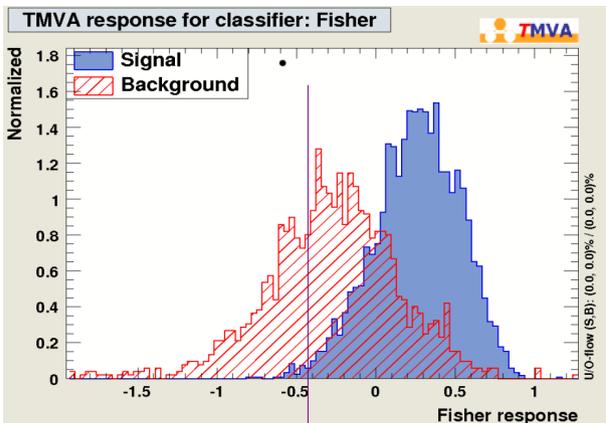


Fisher moyen

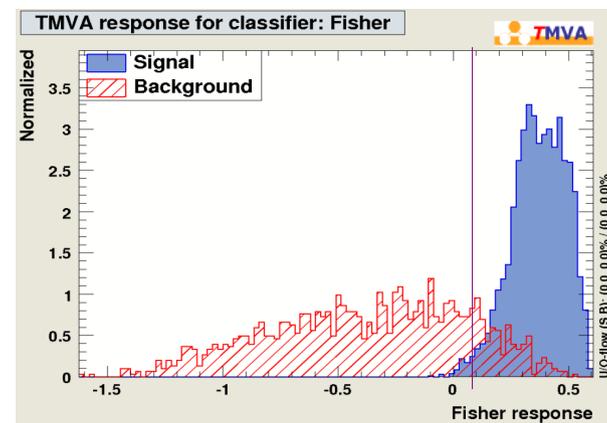
Rejection et efficacité



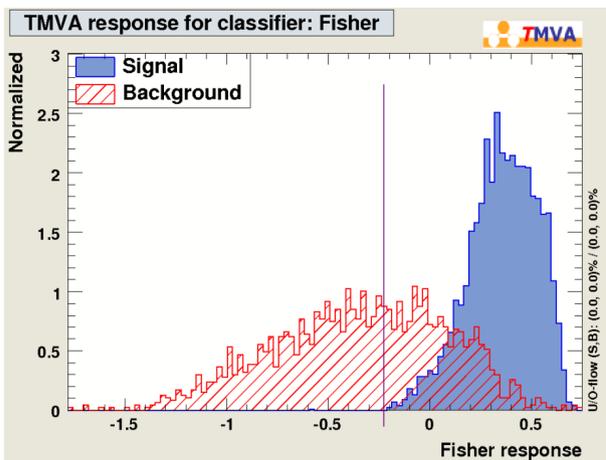
# Distributions de Fisher sur les données simulées ATLAS



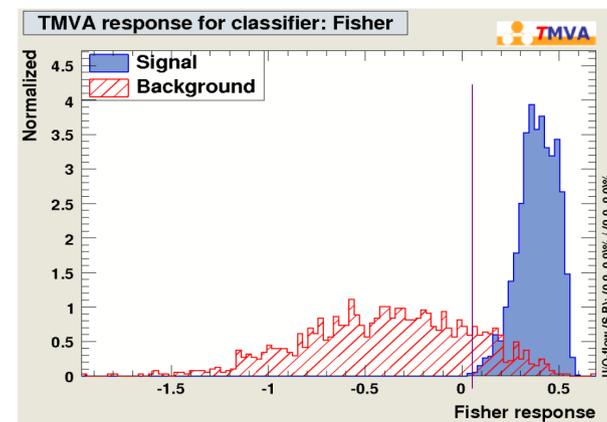
10 GeV



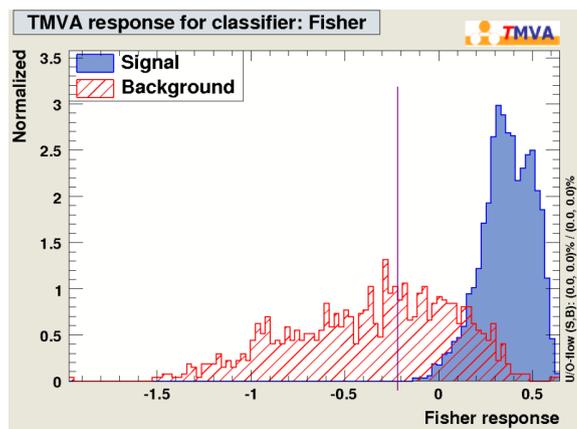
100 GeV



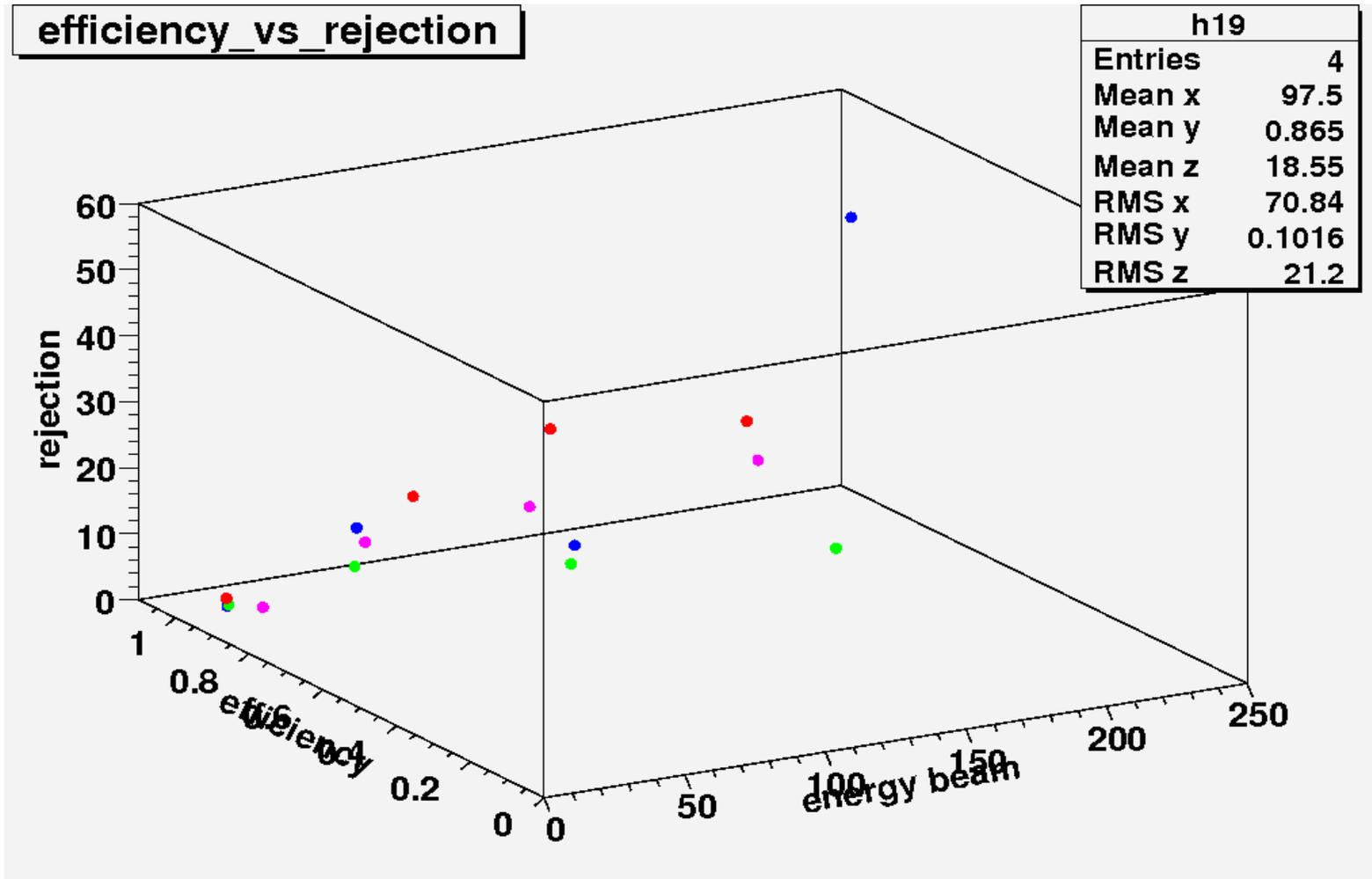
60 GeV



150 GeV



# Efficacité des electrons en fonction de la rejection des pions par énergie pour les données et la simulation



10 0.94 2.53 0.93 3.01 0.94 3.7 0.84 4.8  
 60 0.97 9.68 0.97 3.81 0.82 19 0.95 8.62  
 120 0.84 7 0.85 3.89 0.91 22.27 0.95 9.74  
 200 0.71 55 0.74 4.15 1 16.17 0.96 10.8

Fisher pour les données  
 Fisher moyen pour les données  
 Fisher pour les données simulées  
 Fisher moyen pour les données simulées

# Autres méthodes discriminantes

## Méthode du maximum de vraisemblance (Likelihood)

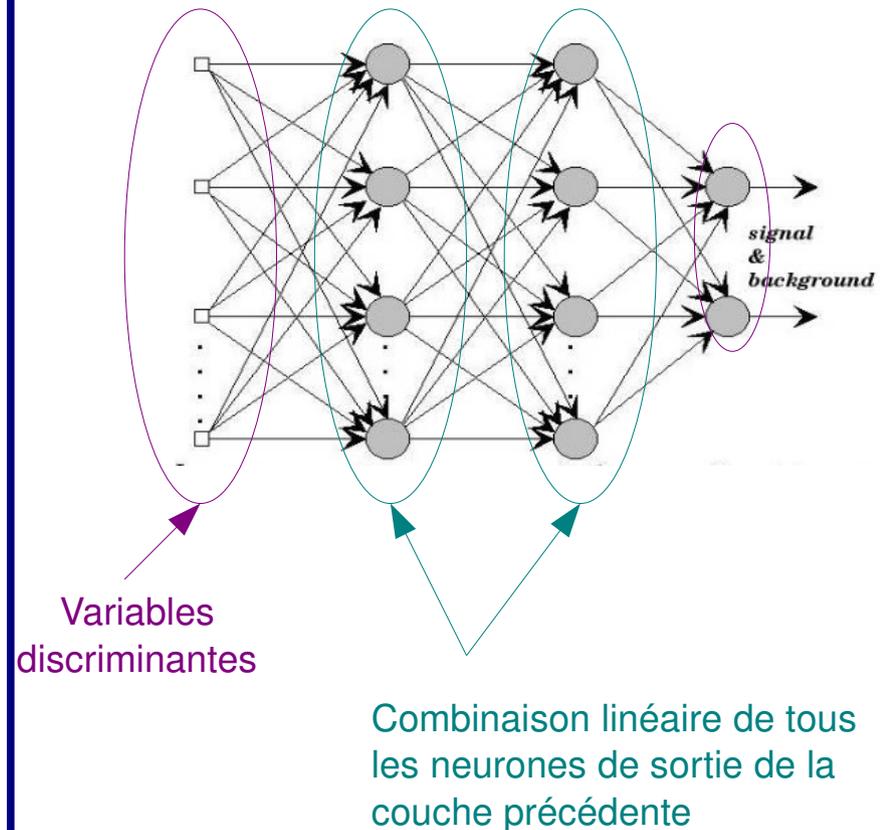
Pour chaque événement :

$$R_L(i) = \frac{L_s(i)}{L_s(i) + L_B(i)}$$

Vraisemblance : produit des densités de probabilités de chacune des variables discriminantes :

$$L_s(i) = \prod_{j=1}^{N_{var}} p_{sj}(i)$$

## Méthode du réseau de neurones



A chaque neurone de sortie, on applique un poids déterminé lors de l'entraînement du réseau

# Conclusion

- ◆ L'analyse de Fisher est clairement plus discriminante que l'analyse basée sur les coupures.
- ◆ Les efficacités d'électrons sont nettement améliorée, de l'ordre de 90%, pour un taux de rejection raisonable.
- ◆ Utilisation de 2 autres méthodes discriminantes pour essayer d'améliorer les taux de rejection.

**Prochaine étape** : travail sur les données cosmiques en attendant j'espere les 1ères données du LHC!

**Merci de votre attention!**