

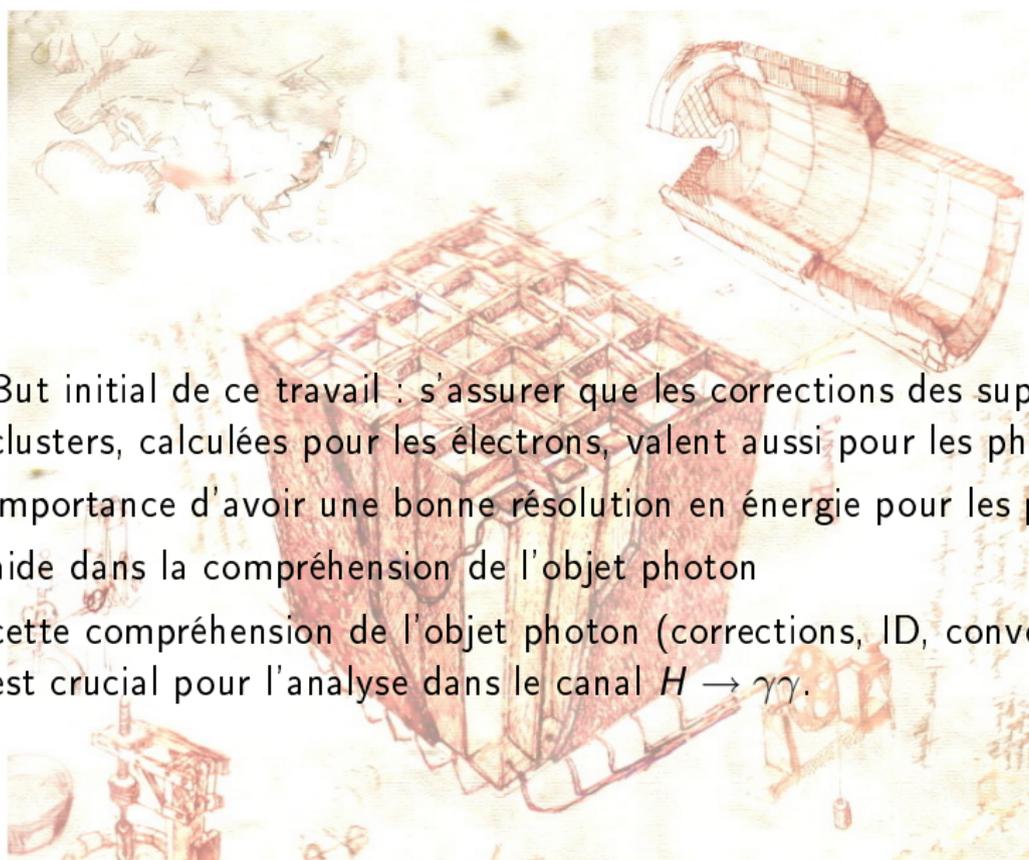
Corrections en énergie des superclusters des photons dans le calorimètre électromagnétique

H. Brun S. Gascon M. Lethuillier
(IPNL, Université Lyon 1, Université de Lyon)
K. Kaadze Y. Maravin I. Svintradze
(Kansas State University)

Journées CMS France de Physique

28 mai 2009

introduction

- 
- But initial de ce travail : s'assurer que les corrections des super clusters, calculées pour les électrons, valent aussi pour les photons
 - importance d'avoir une bonne résolution en énergie pour les photons
 - aide dans la compréhension de l'objet photon
 - cette compréhension de l'objet photon (corrections, ID, conversions) est crucial pour l'analyse dans le canal $H \rightarrow \gamma\gamma$.

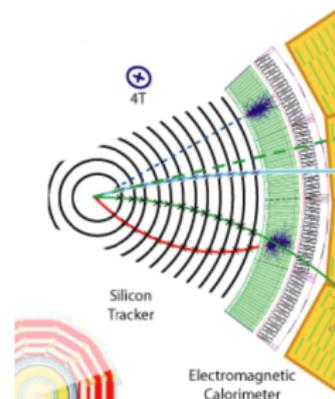
Sommaire :

- 1 Reconstruction des photons
 - un photon dans le détecteur CMS
 - La clusterisation dans CMS
 - reconstruction d'un photon
- 2 Les corrections en énergie des Super Clusters
 - La correction $f(\eta)$
 - La correction $f(brem)$
 - La correction $f(E_t, \eta)$
- 3 Verification des corrections en énergie des super cluster pour les photons
 - Vérification croisée avec Yourii Maravin pour les électrons
 - niveau du Super Cluster
 - niveau de l'Objet Photon



un photon dans le détecteur CMS

- si non converti
 - pas de trace dans le trajectographe
 - une gerbe dans le ECAL
- si converti
 - deux, un ou zéro trace dans le trajectographe
 - une ou deux gerbes dans le ECAL

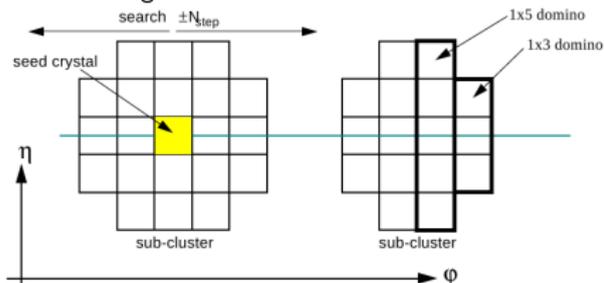


importance des conversions :

- près de la moitié des photons (importance statistique)
- difficiles à reconstruire
- la probabilité de conversion dépend de la densité de matière : radiographie du détecteur.
- les traces des électrons sont tangentes à la direction du photon (→ vertex d'interaction)
- variables spéciales (R_{conv} , $\frac{E_{calo}}{P_{track}}$, ...) (→ aide pour l'analyse)

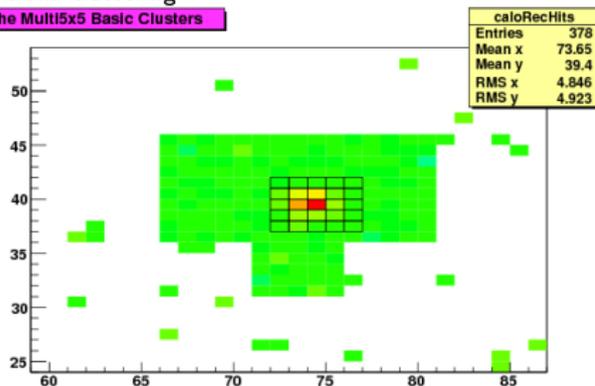
La clusterisation dans le calorimètre l'électromagnétique

hybrid clustering :



multi5x5 clustering :

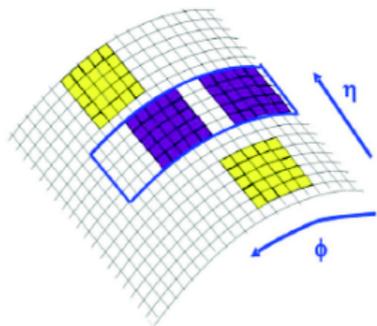
the Multi5x5 Basic Clusters



- but de la clusterisation : reconnaître les cristaux d'une même gerbe et additionner les énergies.
- difficulté : récupérer le maximum de l'énergie de la gerbe en évitant un maximum celle du bruit de fond.
- dans le tonneau, l'algorithme de clusterisation est "hybrid"
- dans les bouchons, l'algorithme de clusterisation est "multi5x5"



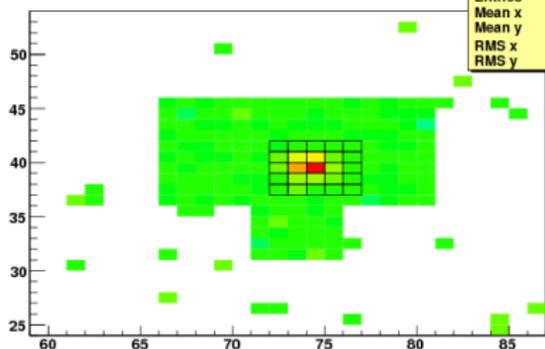
La clusterisation dans le calorimètre l'électromagnétique



clustering :

multi5x5

the Multi5x5 Basic Clusters



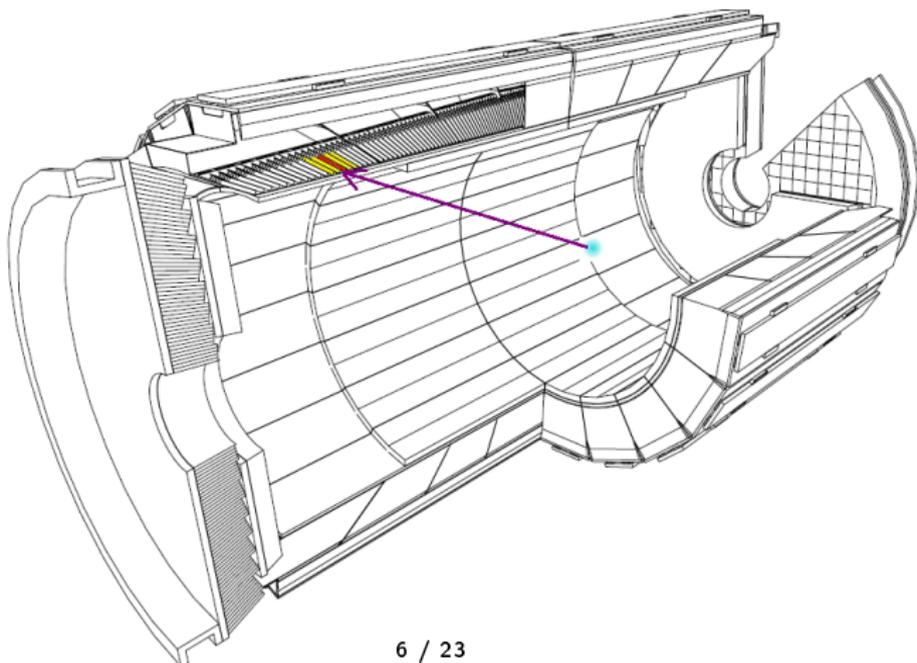
caloRecHits	
Entries	378
Mean x	73.65
Mean y	39.4
RMS x	4.846
RMS y	4.923

- les basic clusters sont agglomérés en un super cluster (récupération des brem)
- $R_9 = \frac{E_{3 \times 3}}{E_{SC}}$



Les photons dans CMSSW

	$R_9 < 0.93$	$R_9 > 0.93$
direction	position du SC - vertex	position de la germe avec corrections - vertex
energie	energie du SC	matrice 5x5 autour de la germe



Les photons dans CMSSW

	$R_9 < 0.93$	$R_9 > 0.93$
direction	position du SC - vertex	position de la germe avec corrections - vertex
energie	energie du SC	matrice 5x5 autour de la germe

Et beaucoup d'autre variables :

- variables d'isolation
- variables de conversion (si le photons est reconu comme converti)
- variables de forme du super cluster (par exemple $R_9 = \frac{E_{3 \times 3}}{E_{SC}} \approx$ la taille du super cluster)

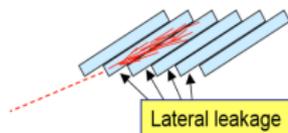


Sommaire :

- 1 Reconstruction des photons
 - un photon dans le détecteur CMS
 - La clusterisation dans CMS
 - reconstruction d'un photon
- 2 Les corrections en énergie des Super Clusters
 - La correction $f(\eta)$
 - La correction $f(brem)$
 - La correction $f(E_t, \eta)$
- 3 Verification des corrections en énergie des super cluster pour les photons
 - Vérification croisée avec Yourii Maravin pour les électrons
 - niveau du Super Cluster
 - niveau de l'Objet Photon



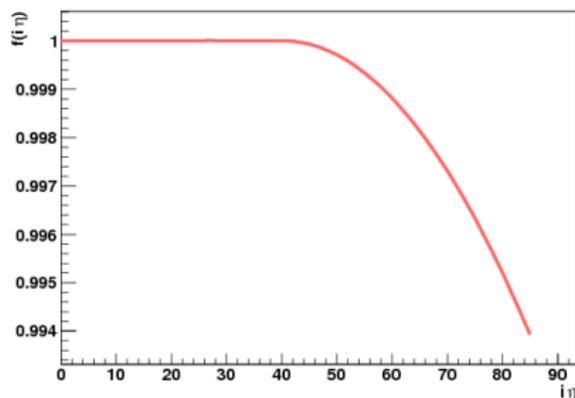
La correction $f(\eta)$



Jingzhi Zhang et al

- corriger la perte latérale d'énergie des cristaux dans le tonneau.
- seulement dans le tonneau
- mesurée en faisceau test
- avec une bonne approximation la même pour les photons et les électrons



La correction $f(\eta)$ **f(η) correction**

expression

$$f(i\eta) = 1 + p_1(i\eta - p_0)^2 \text{ si } i\eta > p_0$$

$$f(i\eta) = 1 \text{ sinon}$$

$$\text{avec } p_0 = 40.22 \quad p_1 = -3.03 \times 10^{-6}$$

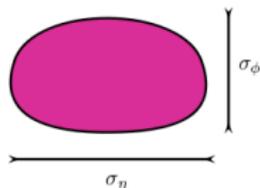
$$i\eta = \eta \times \frac{5}{0.087}$$



La correction $f(\text{brem})$

Yourii Mavarin (Kansas state university)

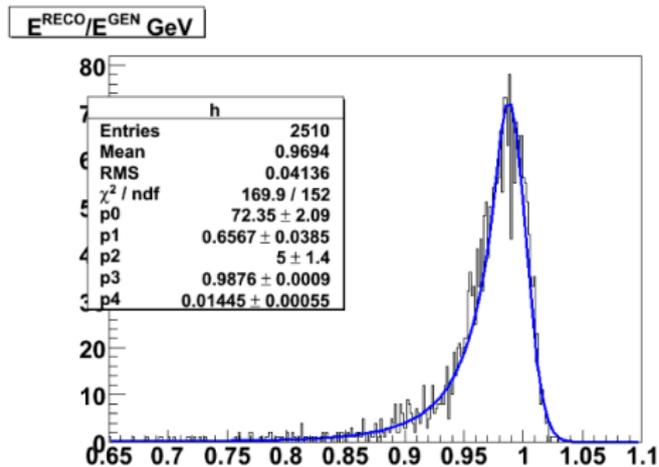
- Pour corriger la perte d'énergie par bremsstrahlung due à la réponse de la clusterisation
- le bremsstrahlung est paramétrisé avec $\text{brem} = \frac{\sigma_\phi}{\sigma_\eta}$
 - σ_ϕ augmente avec le bremsstrahlung.
 - σ_η augmente avec la taille de la gerbe (normalisation en énergie)
- calculée pour les électrons



$$\sigma_\phi = \sum_{i \in \text{canaux}} \sqrt{\frac{E_i}{E_{SC}} (\phi_i - \phi_{SC})^2}$$

$$\sigma_\eta = \sum_{i \in \text{canaux}} \sqrt{\frac{E_i}{E_{SC}} (\eta_i - \eta_{SC})^2}$$

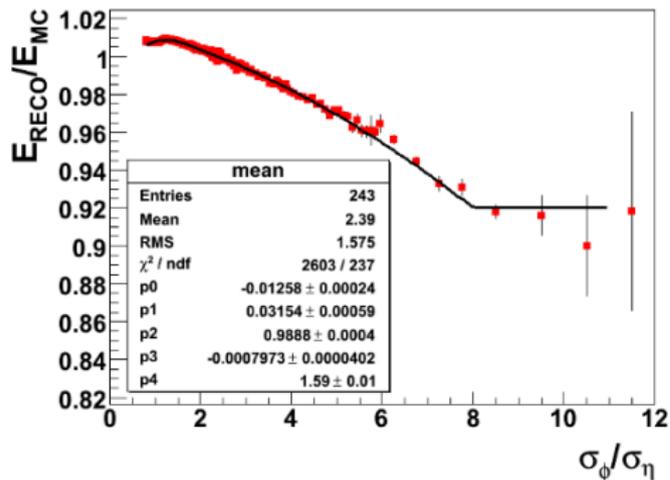


L'obtention de $f(brem)$ 

- On prend un échantillon d'événement diélectrons plat en η et E_t (≈ 300000)
- on le divise en catégories de brem
- pour chaque catégorie, $\frac{E_{reco}}{E_{MC}}$ est ajusté par une fonction de **Cristall-Ball**.

- on obtient une valeur moyenne de $\frac{E_{reco}}{E_{MC}}$ et l'erreur sur celle-ci.

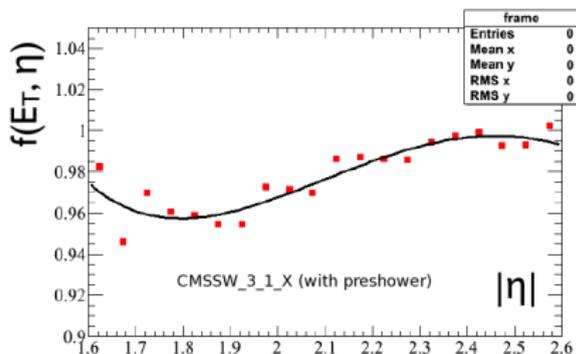
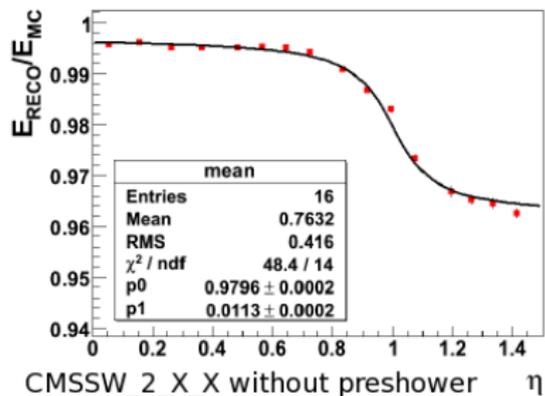


L'obtention de $f(brem)$ 

- il est maintenant possible de tracer $\frac{E_{reco}}{E_{MC}}(brem)$
- pour calculer la fonction de correction, on ajuste $\frac{E_{reco}}{E_{MC}}(brem)$ par deux paraboles. (5 paramètres)



$$f(E_t, \eta)$$



- pour corriger non linéarité de la distribution matérielle et la dépendance en énergie
- Depuis CMSSW_3_X_X des tranches en E_t sont ajustées avec un polynôme du 4^{ème} degré
- avant cette version, elles l'étaient avec un arctan
- Ces trois corrections sont implémentées dans CMSSW au niveau :
RecoEcal/EgammaClusterAlgos/src/
EgammaSCEnergyCorrectionAlgo.cc



Sommaire :

- 1 Reconstruction des photons
 - un photon dans le détecteur CMS
 - La clusterisation dans CMS
 - reconstruction d'un photon
- 2 Les corrections en énergie des Super Clusters
 - La correction $f(\eta)$
 - La correction $f(brem)$
 - La correction $f(E_t, \eta)$
- 3 Verification des corrections en énergie des super cluster pour les photons
 - Vérification croisée avec Yourii Maravin pour les électrons
 - niveau du Super Cluster
 - niveau de l'Objet Photon



Préliminaires

Software

- CMSSW_3_1_0_pre1
- EcalReco/EgammaClusterProducers V00-06-30
- EcalReco/EgammaClusterAlgos V00-05-53

Données

- événements diphotons simulés en CMSSW_3_0_0_pre6
- dos à dos
- plats en η et E_t de 0 à 350 GeV
- pas d'événements sous-jacents
- 270 000 événements



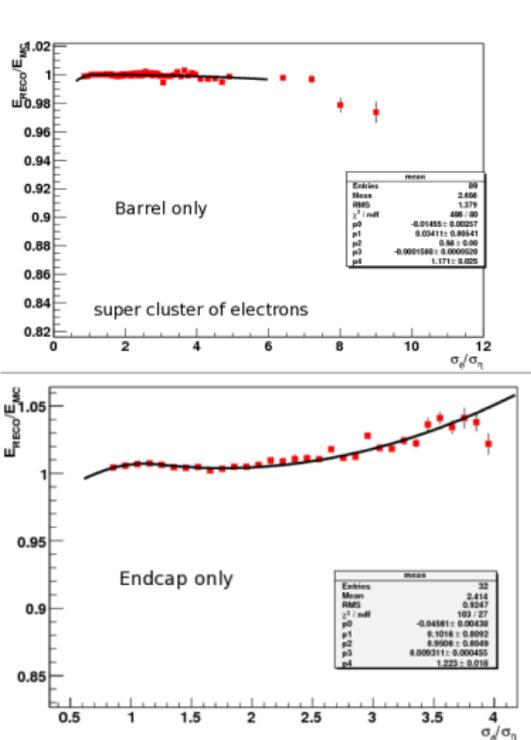
Préliminaires

Attention !

- la correction $f(E_t, \eta)$ n'est pas appliquée
- les conversions sont identifiées avec la vérité Monte Carlo de Nancy Marinelli et al.



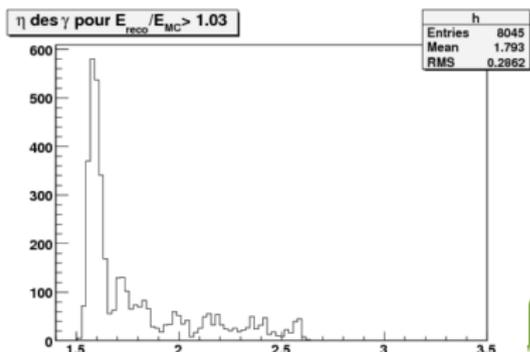
vérification croisée avec Yourii Maravin avec les électrons



- But : valider nos analyseurs
- plat dans le tonneau
- 5 % de surcorrection dans les bouchons pour $br > 2.5$



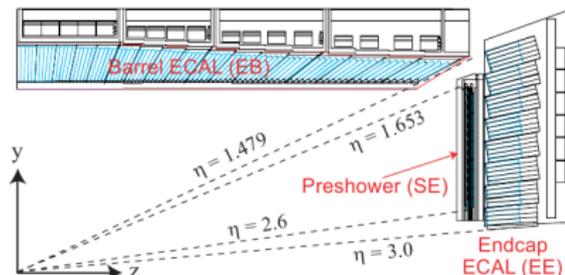
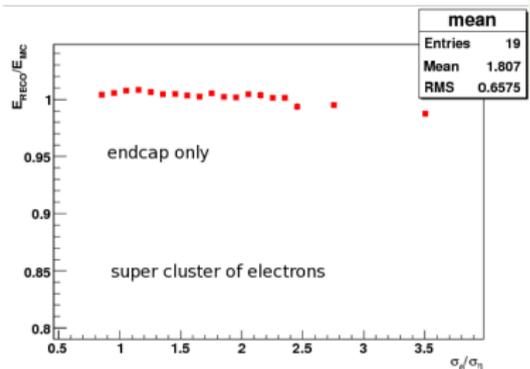
vérification croisée avec Yourii Maravin avec les électrons

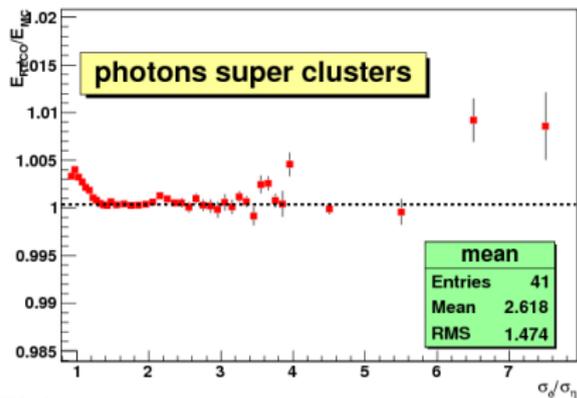
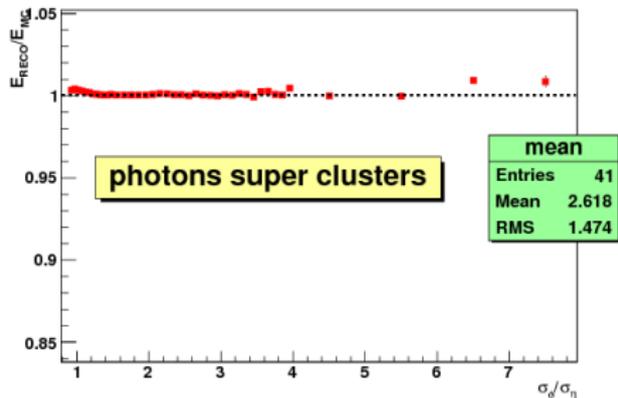


- les électrons surcorrigés sont dans la zone : $1.5 < \eta < 1.7$
- pour tester, on peut supprimer ces électrons :
- la surcorrection disparaît

explication possible :

Dans cette zone $1.479 < \eta < 1.653$ il n'y a pas de preshower



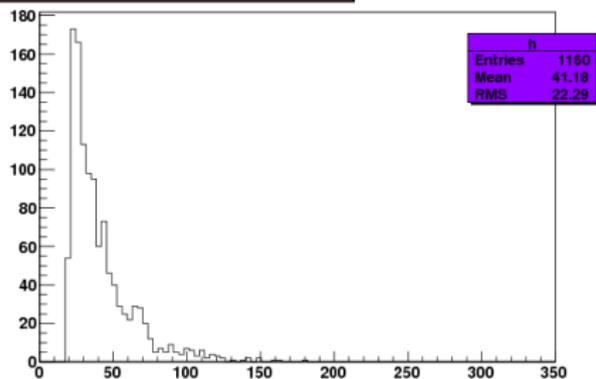
$$\frac{E_{reco}}{E_{mc}}(br)$$
 les superclusters des γ


- pour les faibles brom (<1.5), 0.5% de surcorrection \rightarrow probablement dû au choix de la fonction d'ajustement
- pour les forts brom (>5.5) surcorrection de 1%

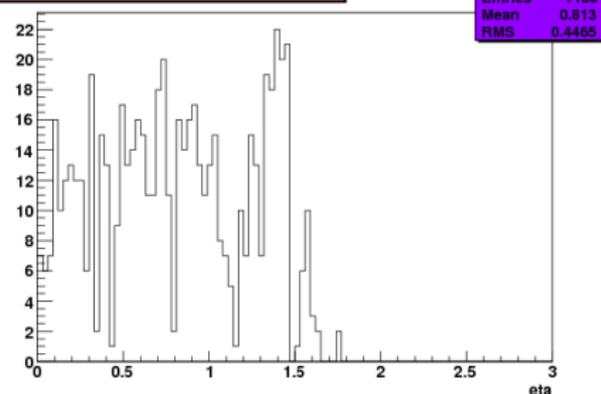


$$\frac{E_{reco}}{E_{mc}} (br)$$
 les superclusters des γ

E_{γ} of γ for $E_{reco}/E_{mc} > 1.01$ and $br > 5.5$



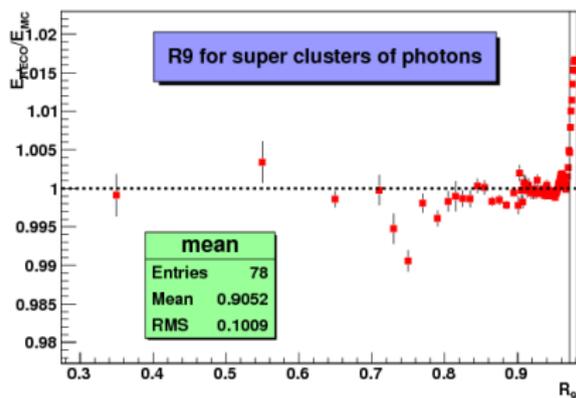
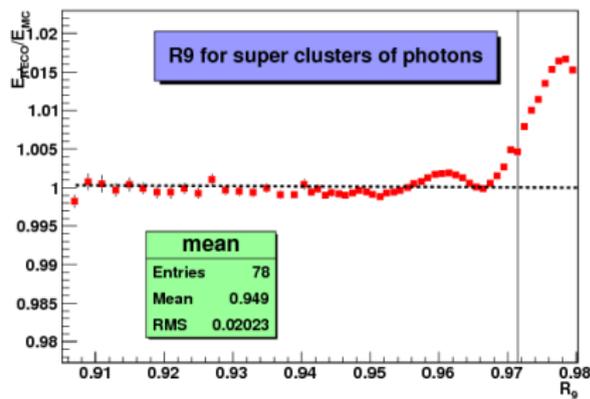
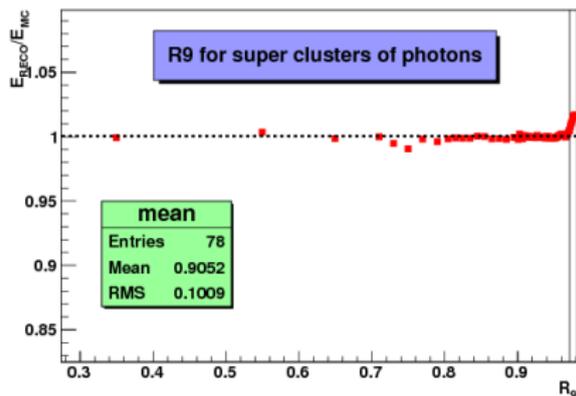
η of γ for $E_{reco}/E_{mc} > 1.01$ and $br > 5.5$



Les photons surcorrigés avec un $br > 5.5$

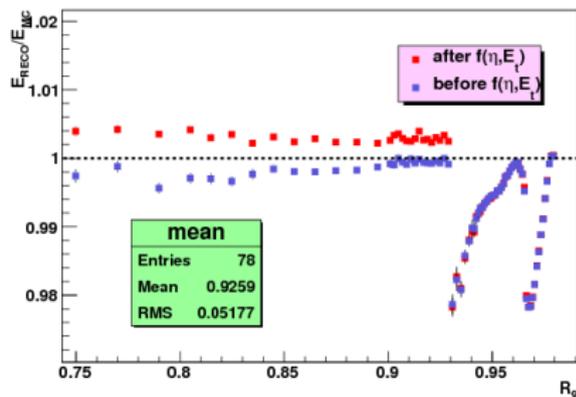
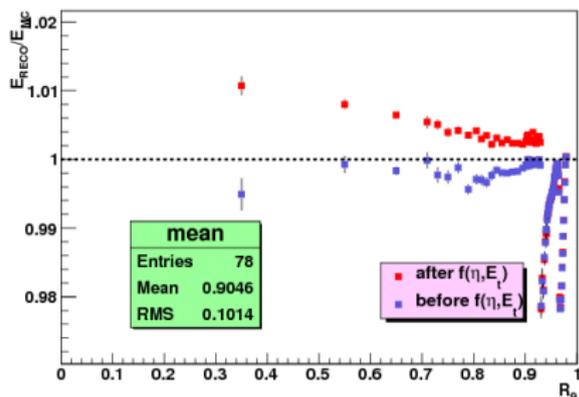
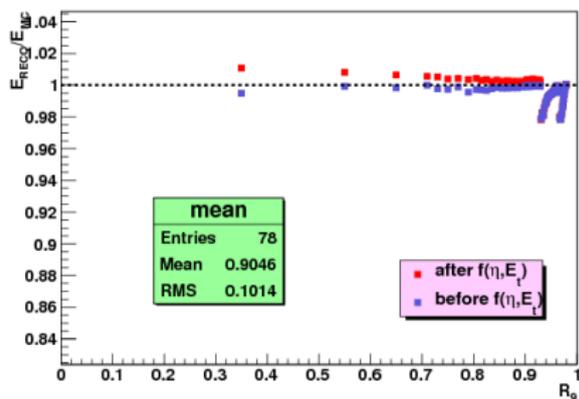
- ont une énergie < 50 GeV
- sont dans le tonneau
- et sont tous convertis



$$\frac{E_{reco}}{E_{mc}}(R_9) \text{ les supercluster des } \gamma$$


- 2 % de surcorrection pour les photons autour de $R_9 = 0.98$
- ce n'est pas un problème car $R_9 > 0.93$
- ils sont dans les bouchons

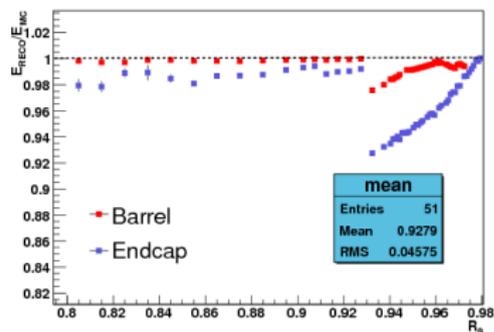
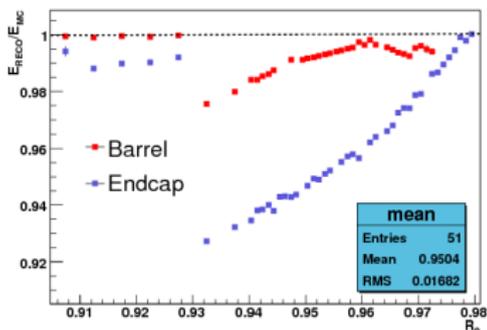
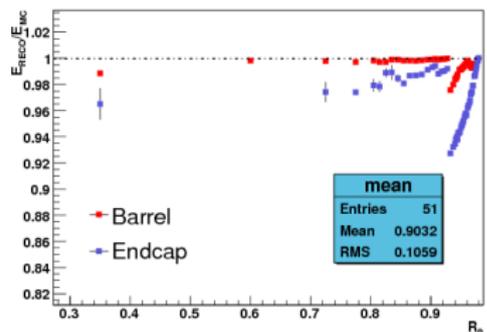


Energie des photons reconstruit en fonction de R_0 

- discontinuité à $R_0 = 0.93$
- comportement "étrange" à haut R_0



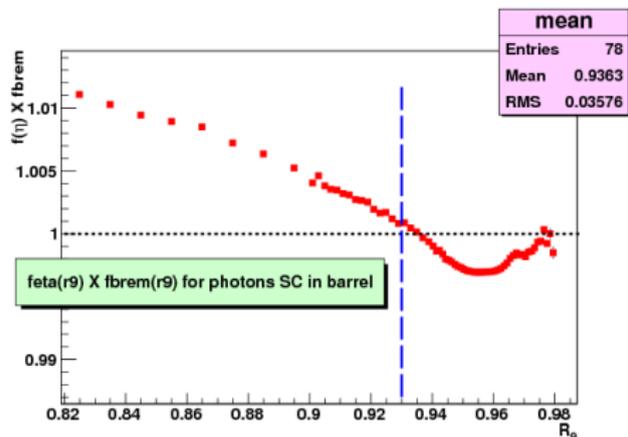
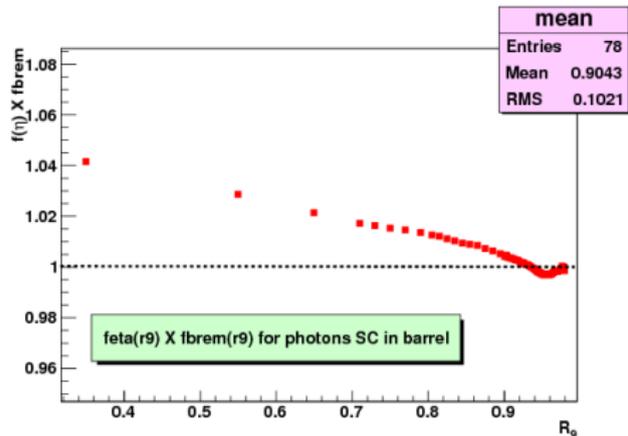
comparaison : tonneau / bouchons



- bon comportement des corrections au SC dans le tonneau
- ≈ 1 to 2 % de soucorrection dans les bouchons
- la discontinuité est plus grande dans les bouchons \rightarrow l'énergie du preshower n'est pas incluse dans $E_{5 \times 5}$ pour CMSSW_3_1_0_pre1

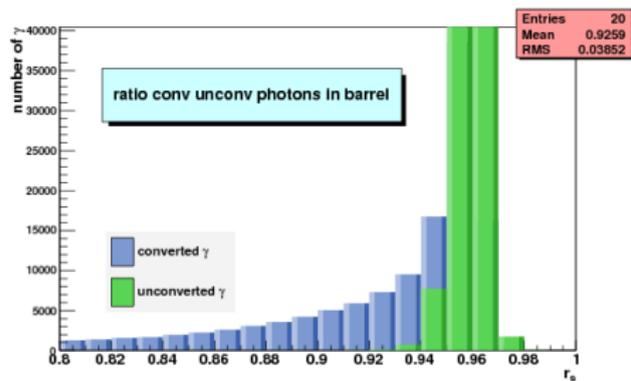
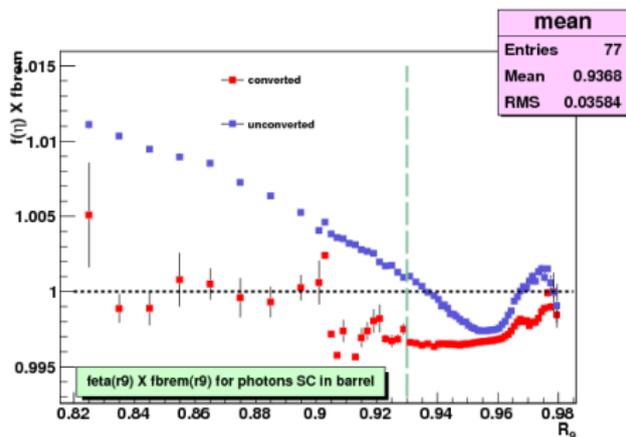


Etude de $1/(f_\eta(R_9) \times \text{fbrem}(R_9))$



- la correction au super cluster est proche de 1 à $R_9 = 0.93 \rightarrow$ ce n'est pas elle qui est responsable du décrochage

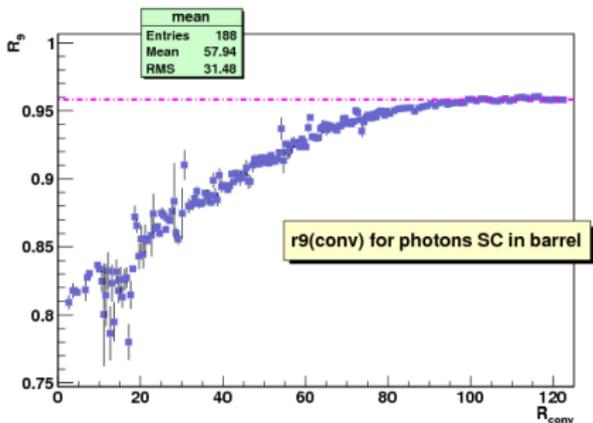
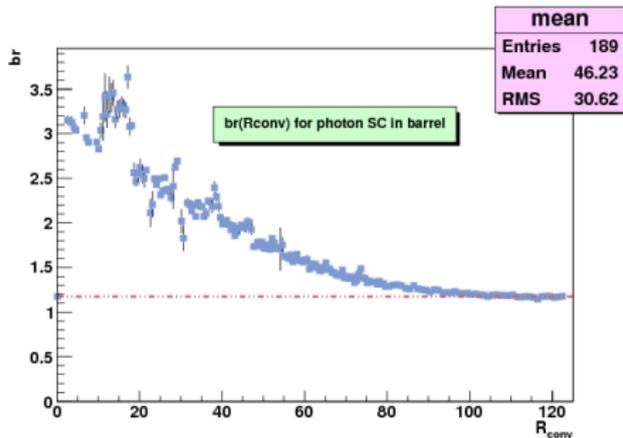


Etude de $1/(f_\gamma(R_9) \times \text{fbrem}(R_9))$ 

- la correction au super cluster est proche de 1 à $R_9 = 0.93 \rightarrow$ ce n'est pas elle qui est responsable du décrochage
- présence d'une différence entre photons convertis et non convertis



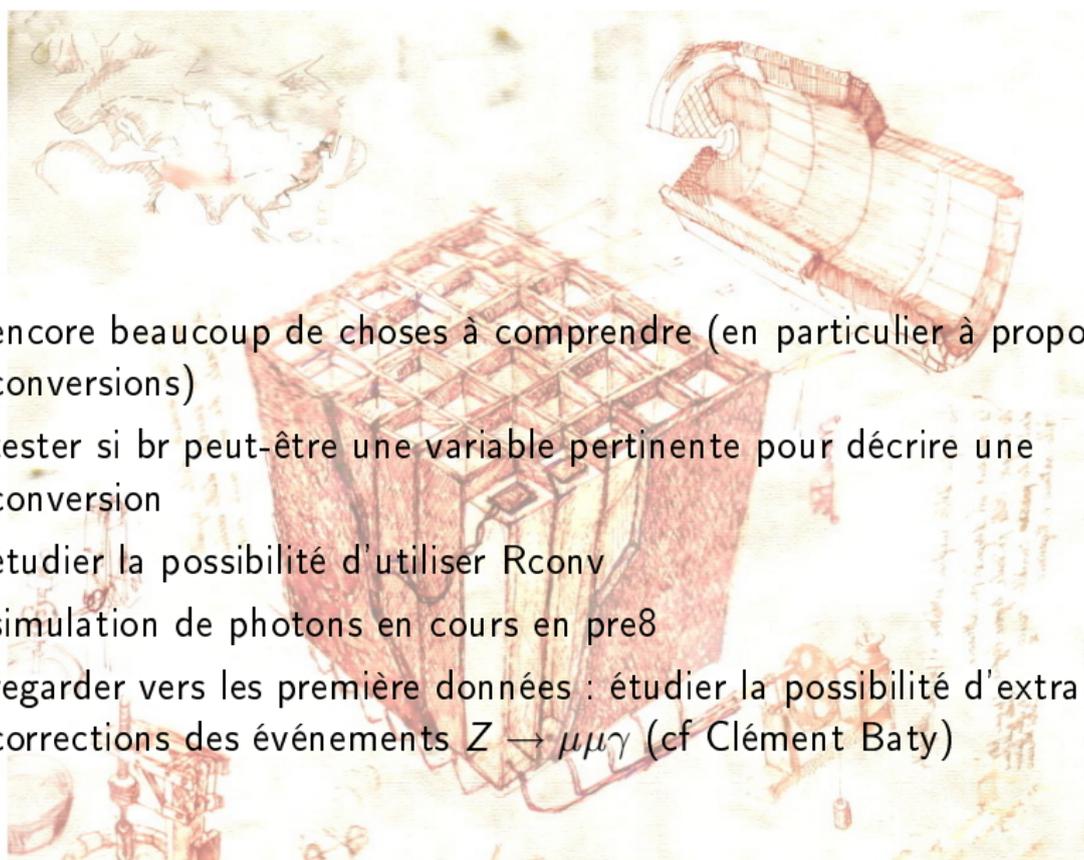
$R_9(R_{conv})$ et $br(R_{conv})$

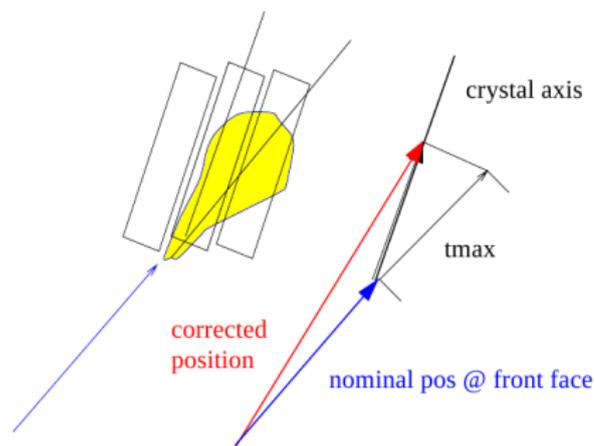


- R_9 et br sont très liées à R_{conv}



A faire

- 
- encore beaucoup de choses à comprendre (en particulier à propos des conversions)
 - tester si br peut-être une variable pertinente pour décrire une conversion
 - étudier la possibilité d'utiliser Rconv
 - simulation de photons en cours en pre8
 - regarder vers les première données : étudier la possibilité d'extraire ces corrections des événements $Z \rightarrow \mu\mu\gamma$ (cf Clément Baty)

la correction de position en η 

- en réalité, les cristaux ne pointent pas exactement vers le vertex nominal.
- la position des cristaux dépend de la profondeur de la gerbe
- la profondeur de la gerbe croît logarithmiquement avec l'énergie de la gerbe

La distribution de crystal-ball

un peu d'histoire : L'expérience Crystall-Ball

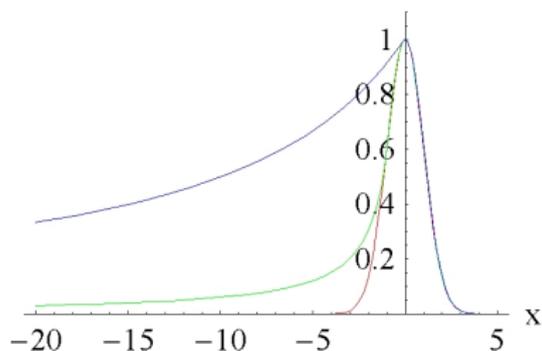


- un icosaédre de cristaux de NaI
- construit dans les années 70' pour SPEAR à Stanford (mesure du J/ψ)
- utilisé plus tard à DESY, Brookhaven et maintenant à MAMI à Mayence



La distribution de crystal-ball

Crystal Ball Function



rouge : $\alpha = 10$ vert : $\alpha = 1$ bleu : $\alpha = 0.1$

back

expression mathématique

$f(x; \alpha, n, \bar{x}, \sigma) =$

$$N \times \begin{cases} \exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}\right) & \text{si } \frac{x-\bar{x}}{\sigma} > -\alpha \\ A \times \left(B - \frac{x-\bar{x}}{\sigma}\right)^{-n} & \text{si } \frac{x-\bar{x}}{\sigma} \leq -\alpha \end{cases}$$

avec

$$A = \left(\frac{n}{|\alpha|}\right)^n \exp\left(-\frac{|\alpha|}{2}\right)$$

et

$$B = \frac{n}{|\alpha|} - |\alpha|$$

