

Recherche de résonance de haute masse dans  
le canal dimuon  
Etude de l'Impact de l'Alignement

*Clément Helsens*

*H. Bachacou, C. Guyot, J.F. Laporte, A. Ouraou*

*CEA DAPNIA, Saclay*

# Introduction

- Recherche résonances haute masse → *performances spectromètre et alignement exploitées au maximum*
- A haute énergie, l'alignement devient crucial  
→ *But fixé à 40  $\mu\text{m}$ .*
- Difficultés de positionnement, calibration des capteurs d'alignements  
→ *Peu probable d'atteindre 40  $\mu\text{m}$  au démarrage*
- → *Etude pour prendre en compte différents scénarios d'alignement et estimer l'impact sur la découverte*

# Contenu

- Physique du  $Z'$
- Détecteur
- Reconstruction
- Alignement
- Désaligner le spectromètre
- Résultats
  - efficacité
  - identification de charge
  - sensibilité au  $Z'$  (dans les premières données)
- Conclusion

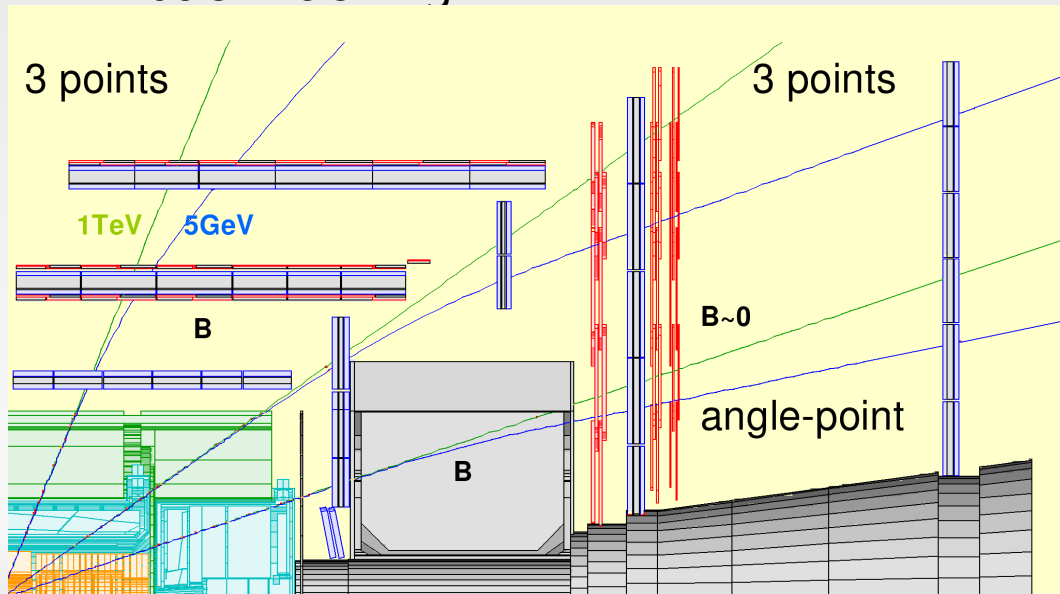
# Physique du $Z'$

- $Z'$  = résonnance apparaissant dans des théories *au delà du modèle standard*
  - Sequential Standard Model → *même couplage que  $Z$ , juste masse qui change*
  - Left-Right Models →  $SU(2)_R$  est ajouté à ceux du Modèle Standard
  - $E_6$  → *Brisure de symétrie du groupe  $E_6$ , le plus léger des 2 bosons qui apparaissent peut être produit au LHC tel que  $Z' = \cos \beta Z'_\psi - \sin \beta Z'_x$  avec  $\beta$  paramètre libre.*  
 $Z'_\psi(\beta=-\pi/2), Z'_x(\beta=0), Z'_\eta(\beta=\arctan(-\sqrt{5/3})-\pi/2)$
  - Kaluza-Klein → *Bosons de jauge se propage dans dimension supplémentaire, apparition d'une tour de résonnance de Kaluza-Klein*
  - *Little Higgs*
- *Limites actuelles (Tevatron)  $Z' \rightarrow ee, 1.3\text{fb}^{-1}, \text{SM-like } Z', M > 923 \text{ GeV (95\%C.L.)}$*
- **→ Potentiel de découverte avec les premières données LHC**



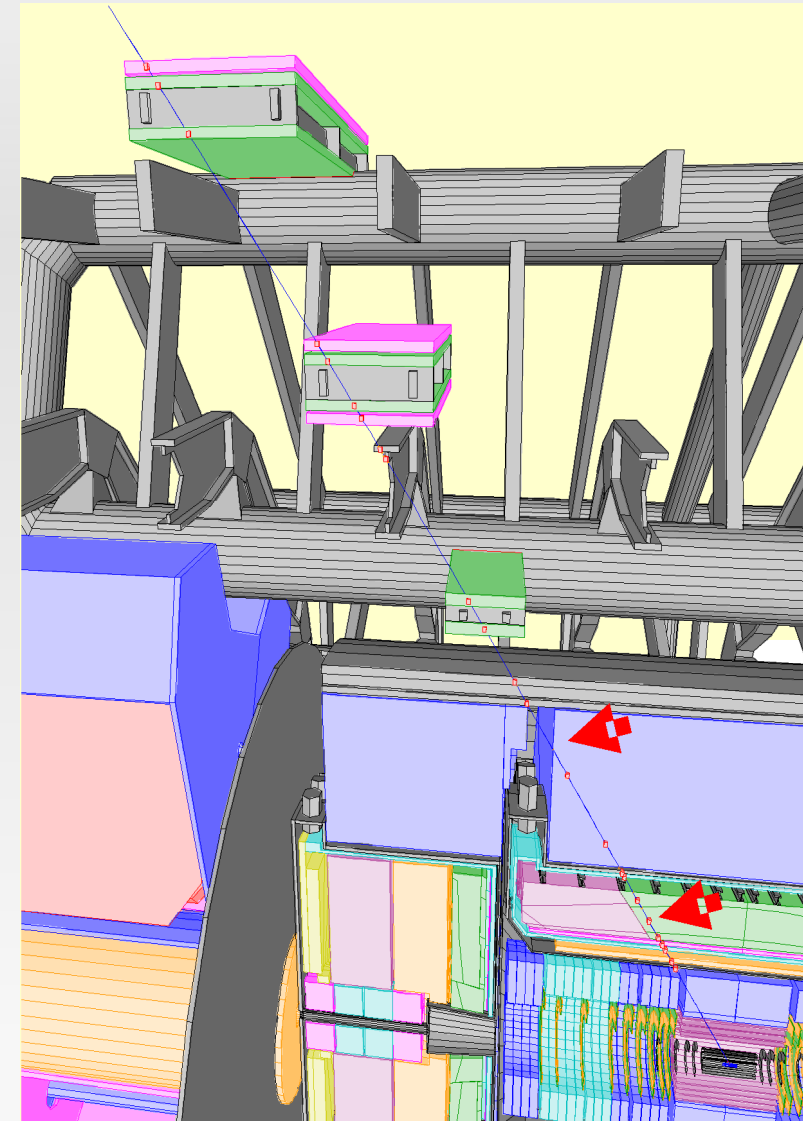
# Reconstruction des muons (Muonboy)

- Strips  $\eta, \varphi \rightarrow$  Régions d'intêret  $\rightarrow$  *Sélection tube*
- Reconstruction de segments
- Association de segments  $\rightarrow$  Itération
- Trace  $\Leftrightarrow$  {segments}
  - fit global de la trace avec les hits des segments
- Prise en compte diffusion, matière
- backtracking



mardi 11 septembre 2007

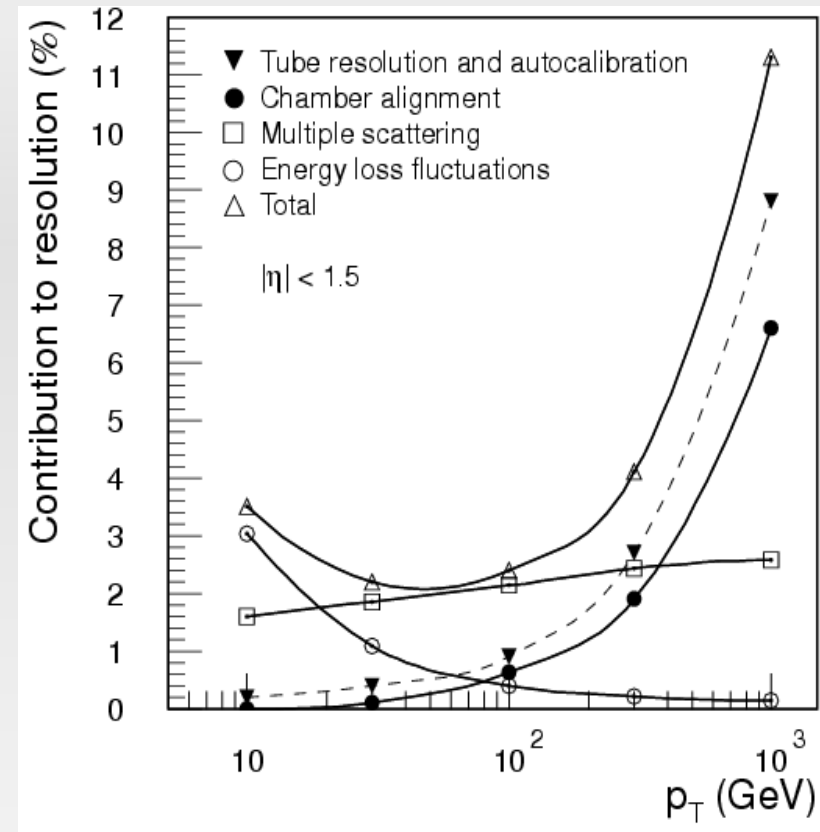
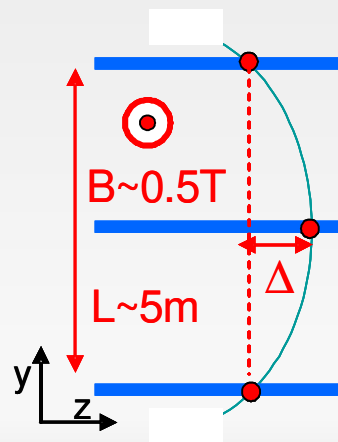
5



Clément Helsen PAF 2007

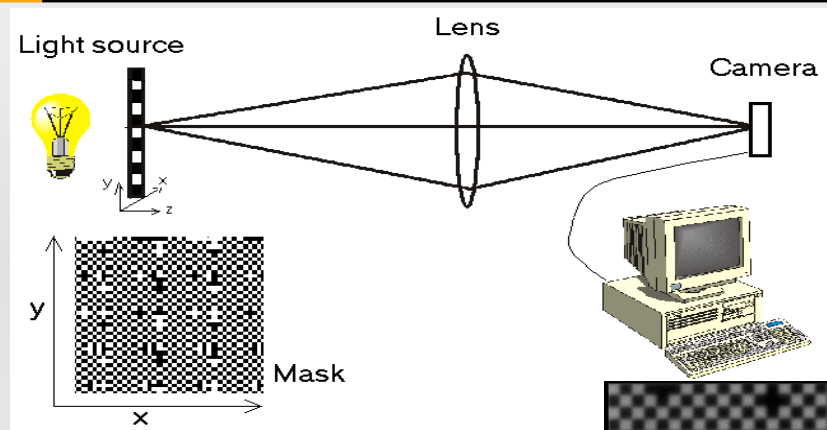
# Performances

- Contributions:
  - $mesure \propto p$
  - $diffusion \sim constante$
  - $\delta E_{loss} \propto 1/p$
  - Alignement nominal  $<$  mesure
- H, SUSY, b, t, W :  $p_T < 100\text{GeV}$   $\delta p_T/p_T \sim 2\%$
- Exotic:  $p_T \sim 1\text{TeV}$   $\delta p_T/p_T \sim 10\%$
- Muon 1 TeV, flèche  $\Delta \sim 500\mu\text{m}$   
 $\delta\Delta \sim 50\mu\text{m}$



Plot TDR fait avec alignement nominal

# Alignement optique: Principaux ingrédients



2 types de cibles

a) masque (Rasnik)

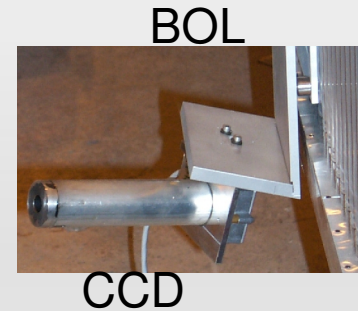
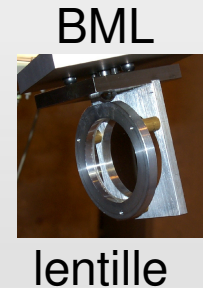
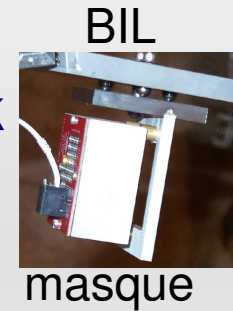
b) cibles 1-4 leds  
(BCam&Scaled)

même output pour tout les types de cibles

- 1) Translation en x
- 2) Translation en y
- 3) Rotation autour de l'axe optique
- 4) Magnification

mardi 11 septembre 2007

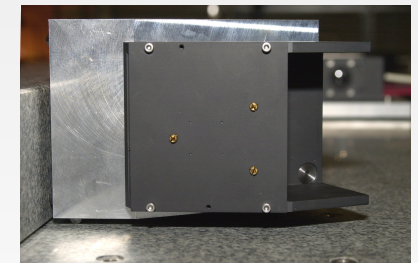
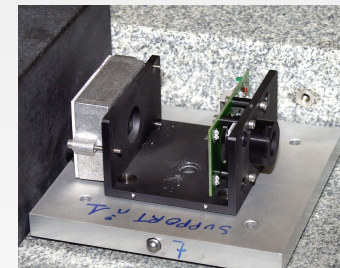
Rasnik



BCam

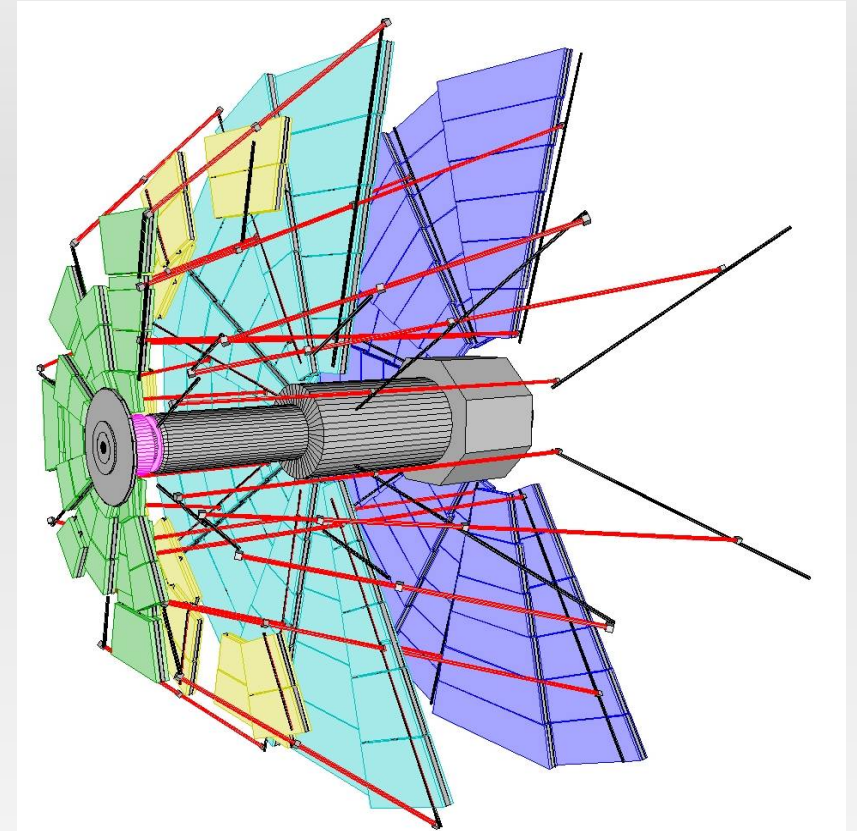


SaCam



# Alignement optique du end-cap

- Système optique end-cap :
  - Polars BCAMs: aligne barres au autres wheels
  - Azimuthals BCAMs: aligne barres dans une roue
  - Chambers sources: aligne les chambres aux barres
  - Rasnik proximity sensor: aligne les chambres aux barres, aligne des paires de chambres
  - In chambers Rasnik: mesure les déformations
- ~ 7000 lignes optiques
- *ARAMYS* → Soft de l'alignement du end-cap
- Performances nominales : 40  $\mu\text{m}$



# Alignement optique du barrel

- Alignement optique du barrel:

- Lignes Projectives: connecte 3 layers de chambres *large* (BIL,BML,BOL)
- Reference: donne des degrés de libertés du projectif
- CCC: connecte les chambres *small* aux *large*
- Praxial: connecte les chambres dans un layer
- Axial: fournit des degrés de liberté du praxial
- Inplane: monitore les déformations

- ~ 6000 lignes optiques

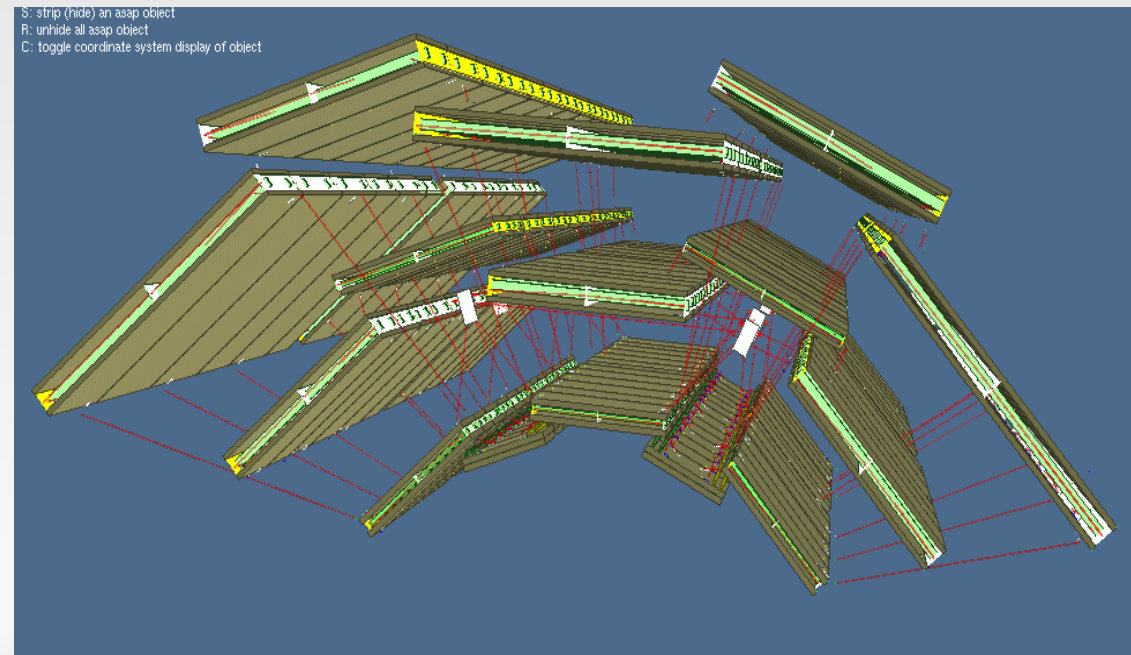
- *ASAP* → Soft de l'alignement du barrel

- Performances nominale : *40 μm*

- Démarrage (end-cap et barrel):  
mauvaise connaissance de la position  
absolue des chambres

- *Résolution dégradée*

- *Solution : alignement initial avec  
traces droites*





# Créer une géométrie désalignée

Stratégie générale: on désaligne à la reconstruction (simulation faite une seule fois)  
Equivalent à l'inverse

Pour créer une géométrie désalignée, on utilise un fichier *Amdb*

Contient la géométrie de référence  
CSC-01-02-00

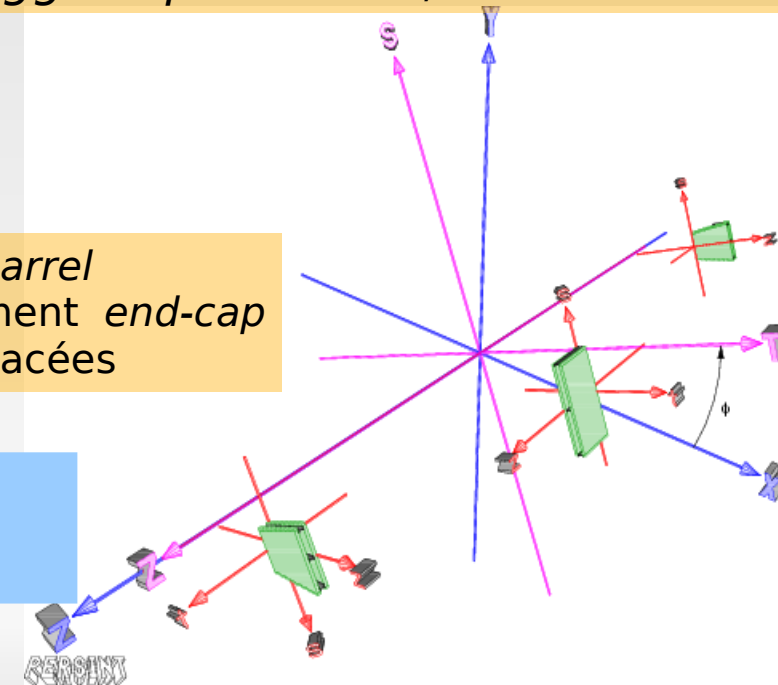
On déplace chaque chambre à muons:  
3 rotations et 3 translation dans le fichier *Amdb*  
→ **nouveau Layout**

Les chambres sont déplacées aléatoirement suivant une distribution gaussienne centrée sur position nominale

*Egg-shape* + 1mm, 1mrad Rndm

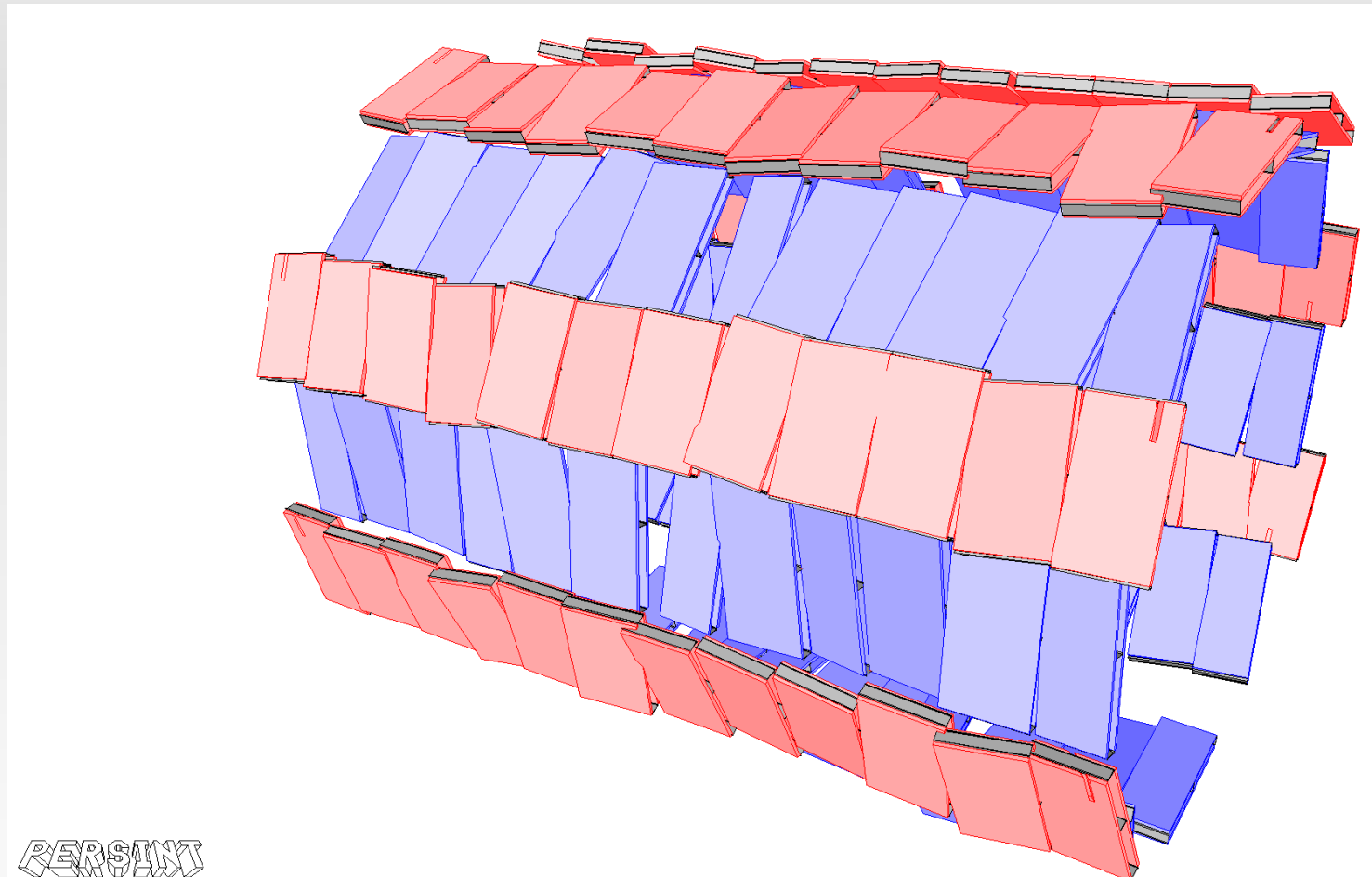
*MDT+RPC barrel*  
*MDT et TGC séparément end-cap*  
*CSC pas déplacées*

On donne ce layout désaligné à *Muonboy* lors de la reconstruction dans *Athena*



A quoi ressemblerait le barrel si il y avait 50 mrad de rotation

Position initiale des chambres (barrel)  $\pm 3\text{mrad}$   $\pm 5\text{mm}$



# Choix des géométries

- $\forall$  géométrie  $\rightarrow$  gaussienne de même  $\sigma$  pour 3 rotations, 3 translations
  - tel que  $\sigma_{rot}(mrad) = 0,5 \cdot \sigma_{trans}(mm)$ 
    - $\rightarrow$  Impact identique des rotations et translations sur coin de la station
- $\forall$  géométrie, même direction du mouvement
  - $\rightarrow$  Amplitude change
- Analyse  $\rightarrow$  7 scénarios de désalignement
  - $(40\mu m, 20\mu rad)$   $\Leftrightarrow$  Objectif nominal du système d'alignement
  - $(100\mu m, 50\mu rad), (200\mu m, 100\mu rad), (300\mu m, 150\mu rad), (500\mu m, 250\mu rad)$ 
    - $\Leftrightarrow$  Objectif raisonnable du système d'alignement
  - $(700\mu m, 350\mu rad), (1000\mu m, 500\mu rad)$   $\Leftrightarrow$  Cas extrême (flèche  $<$  résolution)



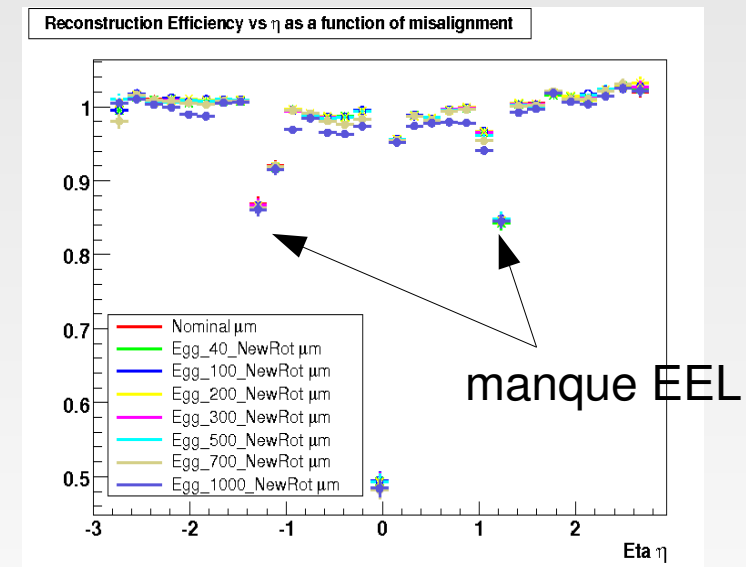
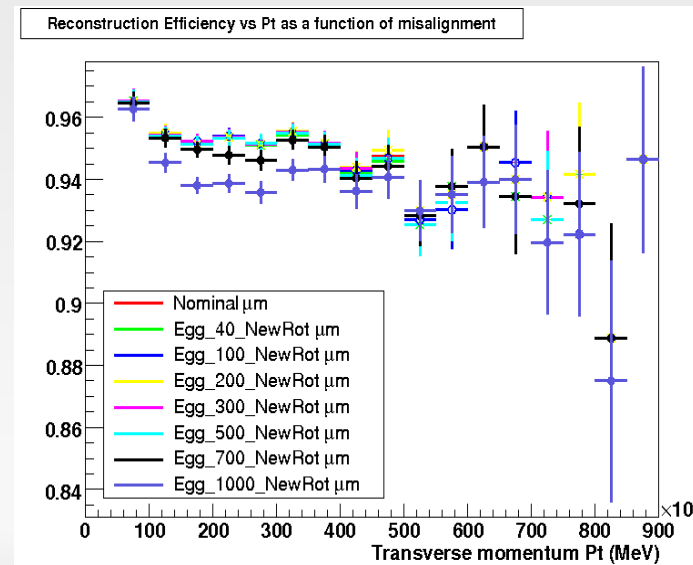
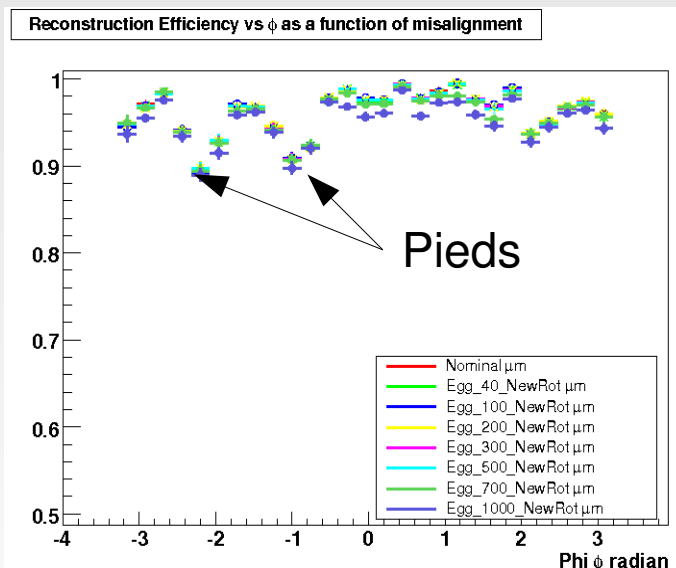
# Datasets et sélection des événements

- Pour les 2 modèles de  $Z'$  (Chi et SSM), on a utilisé les datasets :
  - *misal1\_csc11.005606.Zprime\_mumu\_pythia\_chi1000.digit.RDO.v12003107\_tid004952*
  - *misal1\_csc11.005606.Zprime\_mumu\_pythia\_SSM1000.digit.RDO.v12000604\_tid010340*
- Sélection des événements :
  - *2 muons avec  $p_T > 20$  Gev et charge opposée*
  - *$|\eta| < 2,7$*
- Acceptance modèles :
  - chi : 87,7%
  - SSM : 88,2%
- Pour une luminosité intégrée de  $100 \text{ pb}^{-1}$ , on attend:
  - *43 événements pour le Chi*
  - *54 événements pour le SSM*

# Efficacité de reconstruction

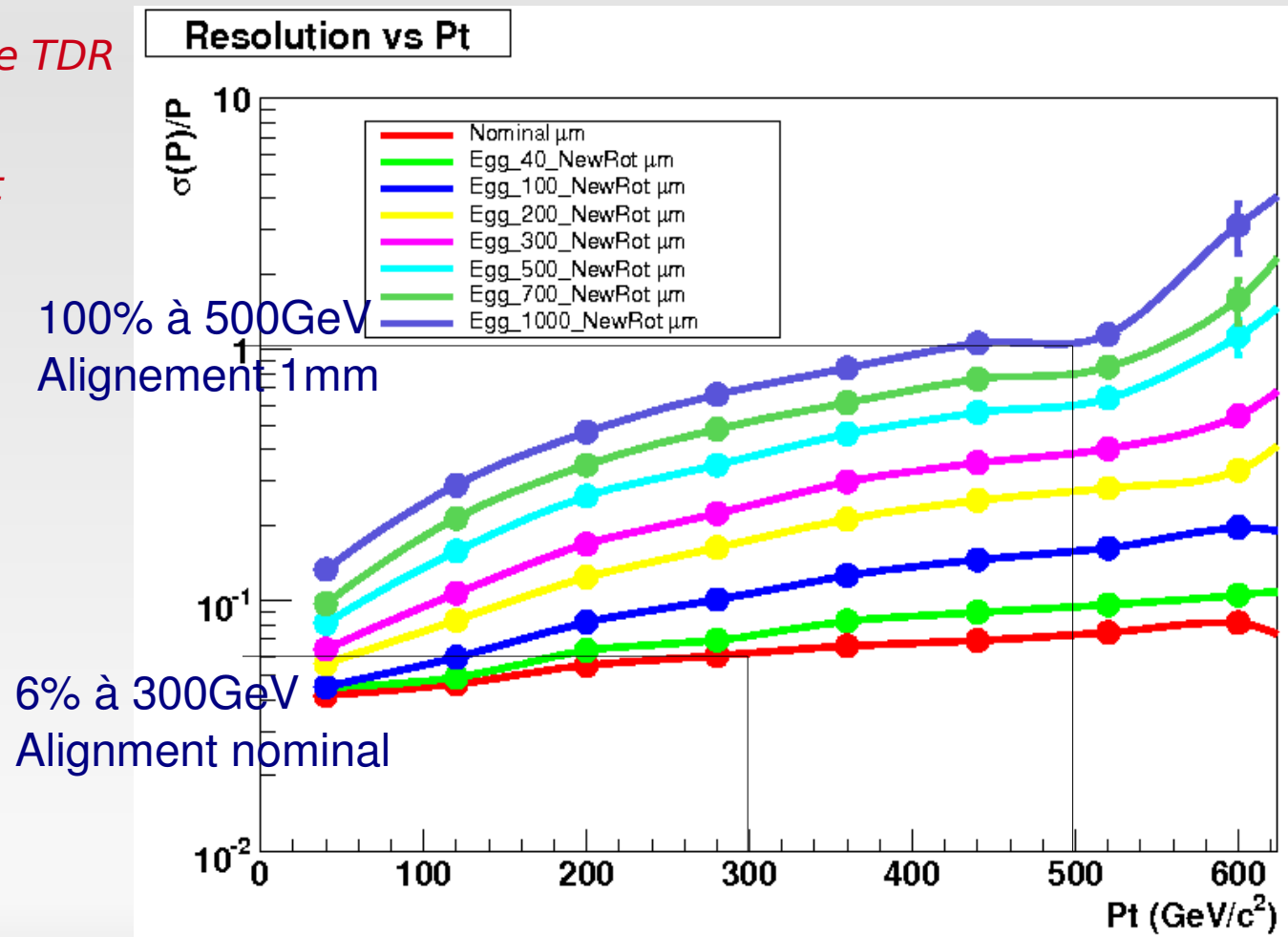
Misalignment ( $\mu m$ )	Nominal	40	100	200	300	500	700	1000
Integrated efficiency chi	0.786	0.785	0.786	0.782	0.785	0.786	0.782	0.77
Integrated efficiency SSM	0.793	0.793	0.793	0.793	0.788	0.787	0.783	0.772

- *Même efficacité pour 2 modèles*
- *Le pattern de reconnaissance n'est que peu affecté par le désalignement*



# Effet de l'alignement sur la résolution

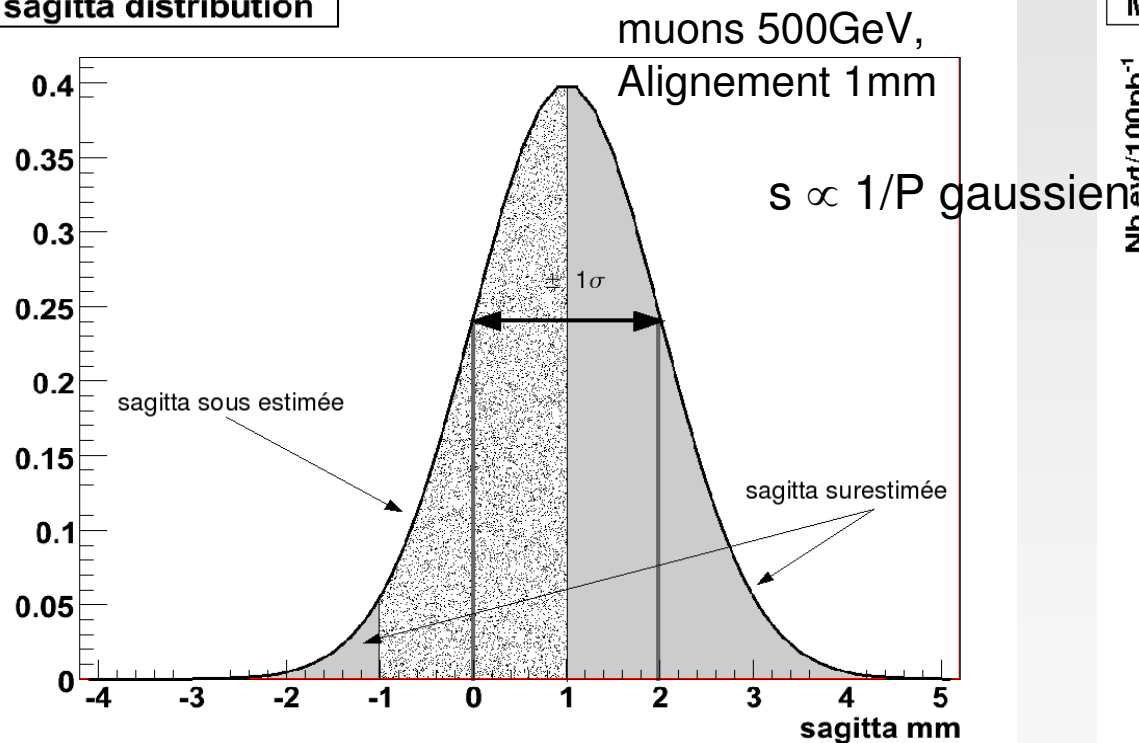
- Résolution  $\Delta(Q/P)/(Q/P_{\text{gen}}) = f(\text{alignement})$
- *Mesure en accord avec le TDR*
- *Mesure en accord avec prévision sur alignement*



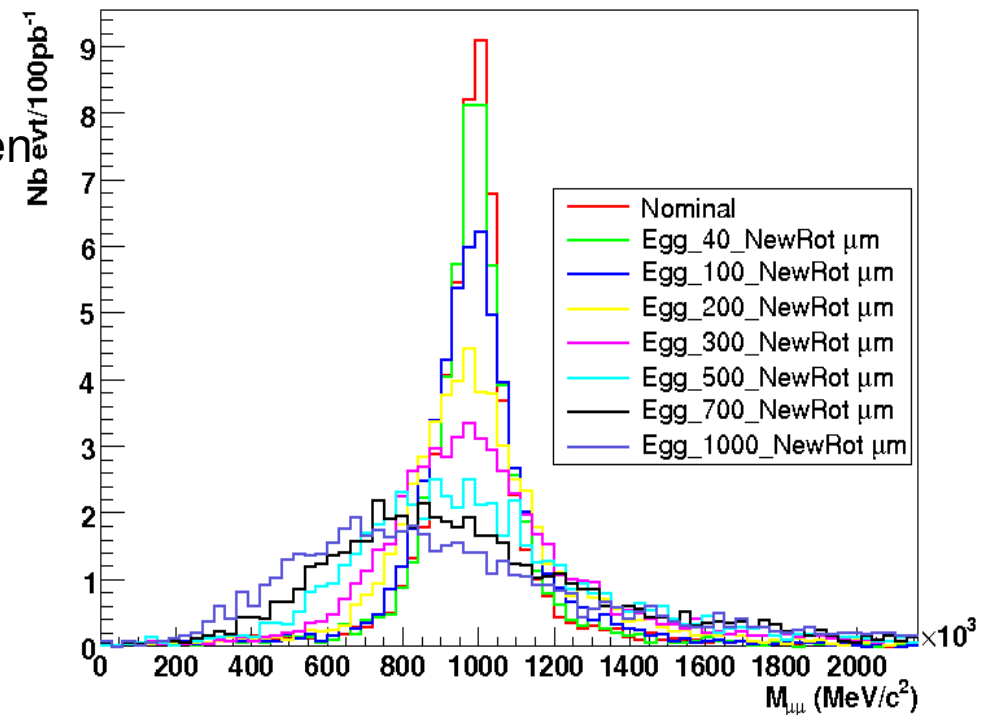
# Masse invariante du Z'

- Dégradation du signal → perte résolution avec augmentation désalignement
- Surestimation sagitta → *déplacement pic vers bas  $p_T$*
- Sous estimation sagitta → *augmentation des queues*
- *A partir de 500  $\mu\text{m}$  pic très dégradé*

sagitta distribution



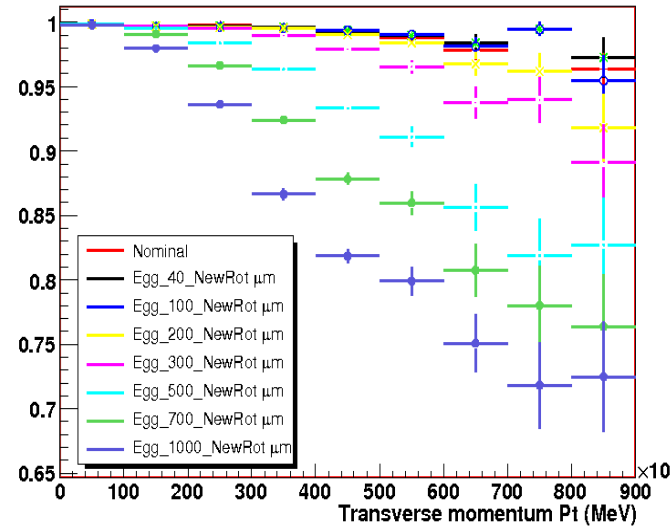
Mass spectrum



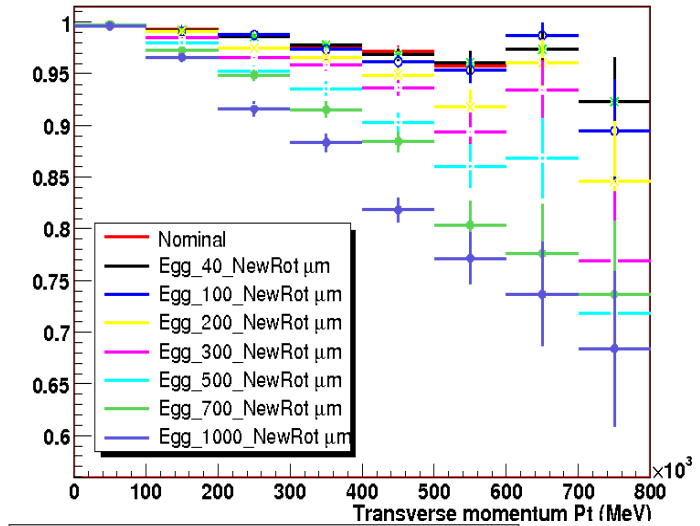
# Identification de charge (résultats)

- Identification charge vs  $p_T$   
4 régions en  $\eta$   
( $0 < |\eta| < 1$ ), ( $1 < |\eta| < 1.3$ )  
( $1.3 < |\eta| < 2$ ), ( $2 < |\eta| < 2.7$ )
- *Plot en bas à droite*  
*taux de mauvaise*  
*identification de charge*  
*bas  $\rightarrow$  CSC fixes*

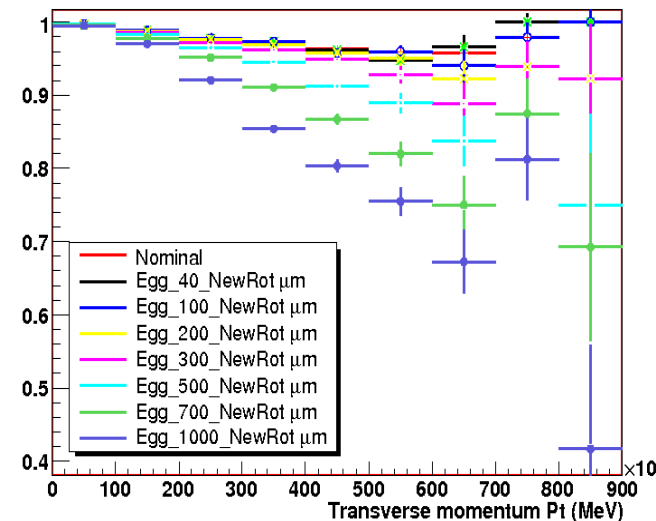
Charge misidentification as a fonction of misalignment for  $0 < |\eta| < 1$



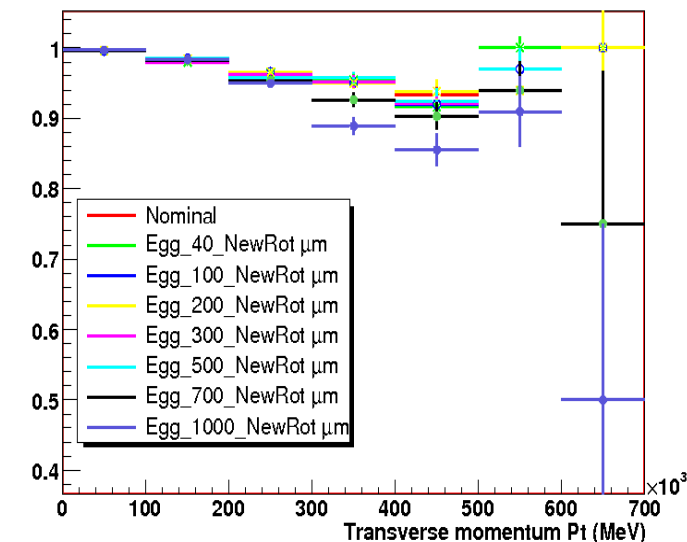
Charge misidentification as a fonction of misalignment for  $1 < |\eta| < 1.3$



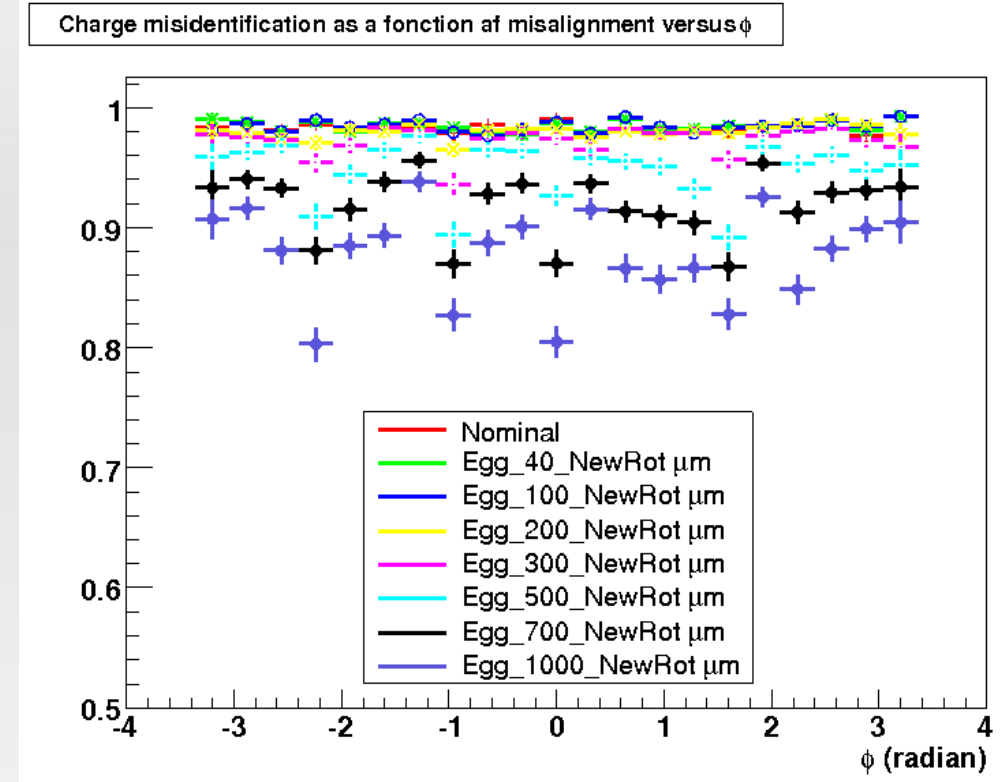
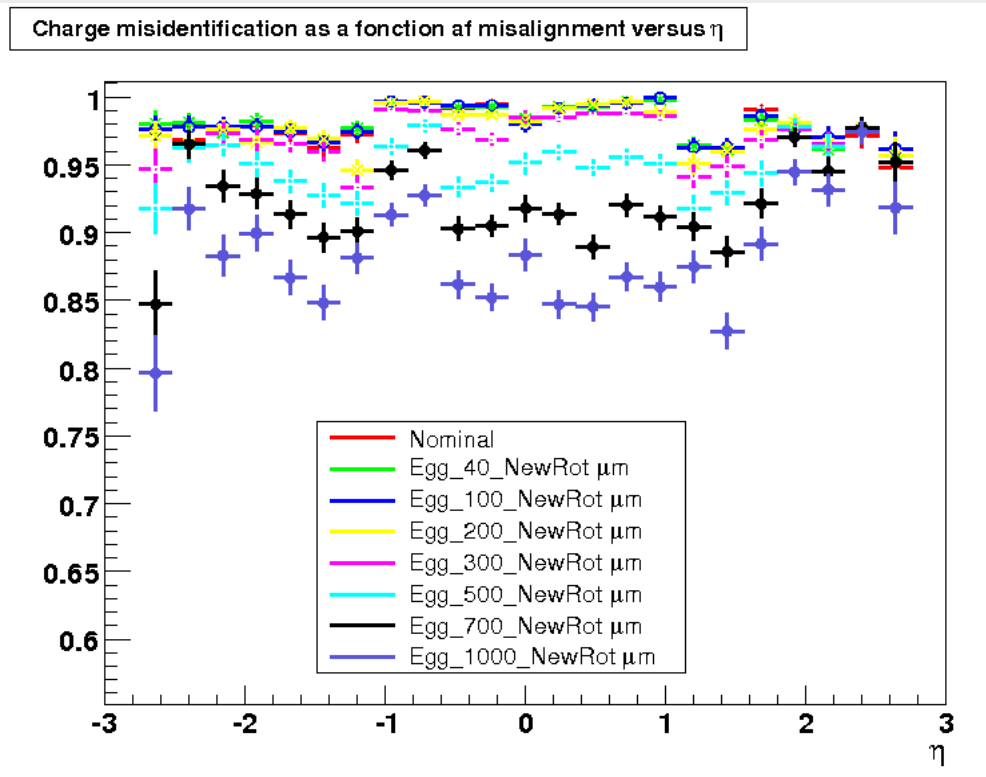
Charge misidentification as a fonction of misalignment for  $1.3 < |\eta| < 2$



Charge misidentification as a fonction of misalignment for  $2 < |\eta| < 2.7$



# Identification de charge (résultats)



- Perte de 10% d'efficacité d'identification de charge entre 2 scénarios extremes

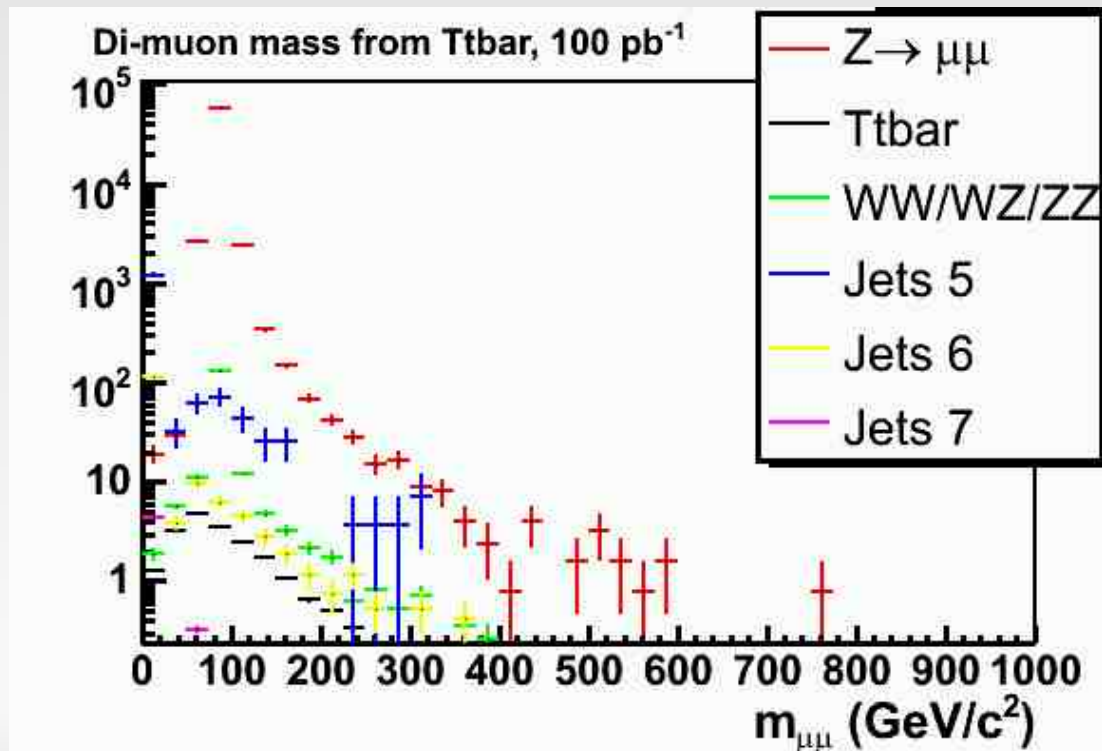
Misalignment ( $\mu m$ )	Nominal	40	100	200	300	500	700	1000
Relative loss	0.984	0.984	0.984	0.98	0.973	0.948	0.918	0.877

# Bruits de fond

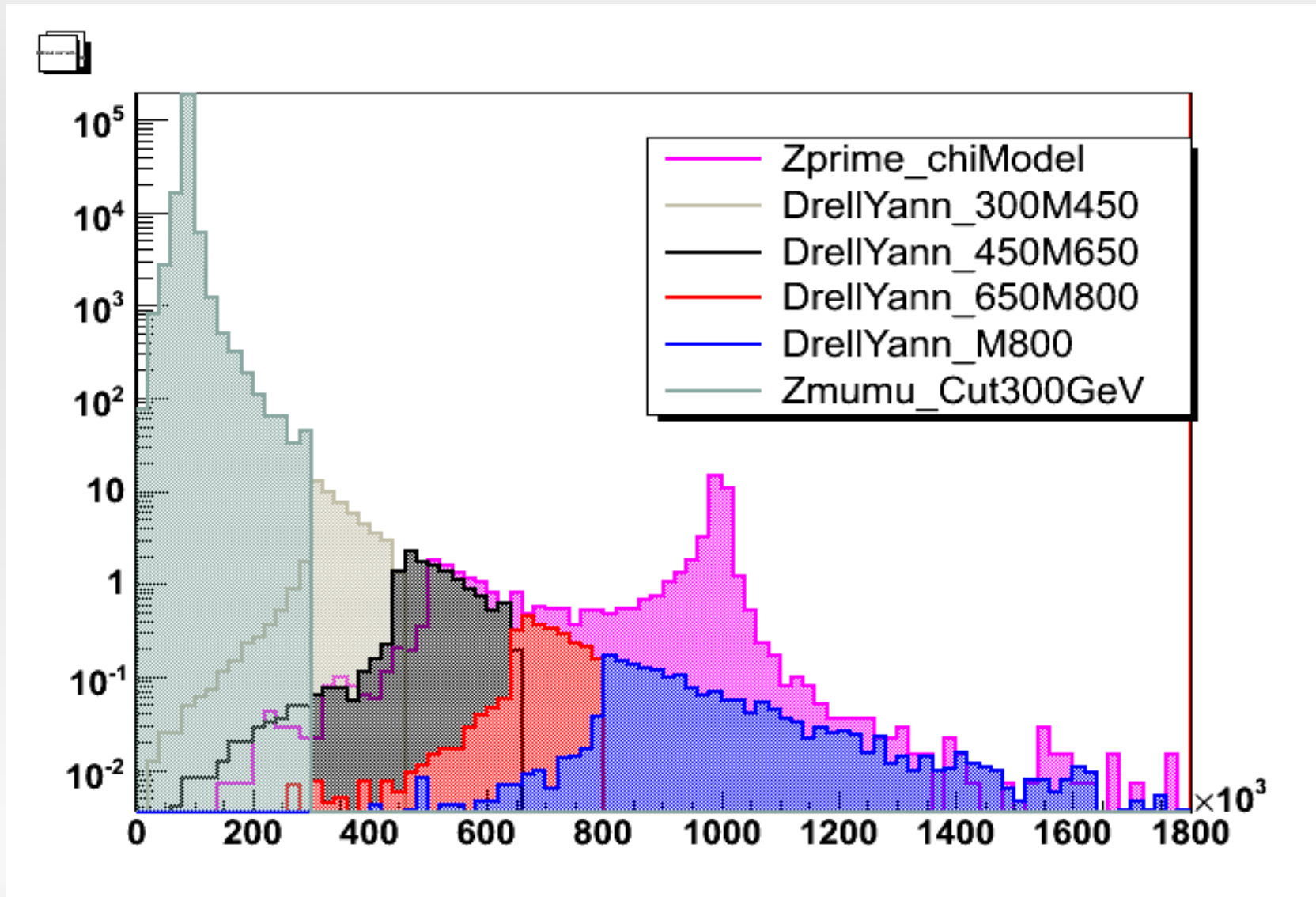
- Drell-Yann haute masse et le Z :
  - misal1\_mc12.006624.JimmyZmumu300M450.digit.RDO.v12003108\_tid007334
  - misal1\_mc12.006625.JimmyZmumu450M650.digit.RDO.v12003108\_tid007335
  - misal1\_mc12.006626.JimmyZmumu650M800.digit.RDO.v12003108\_tid007328
  - misal1\_mc12.006627.JimmyZmumuM800.digit.RDO.v12003108\_tid009591
  - misal1\_csc11.005145.PythiaZmumu.digit.RDO.v12003103\_tid003850
- Autres bruits de fond ttbar, dibosons (WW, WZ, ZZ) et dijets:
  - trig1\_misal1\_csc11\_V2.005145.PythiaZmumu.recon.AOD.v12000601\_tid007538
  - trig1\_misal1\_mc12.005200.T1\_McAtNlo\_Jimmy.recon.AOD.v12000601\_tid005997
  - trig1\_misal1\_csc11.005985.WW\_Herwig.recon.AOD.v12000601\_tid006070
  - trig1\_misal1\_csc11.005986.ZZ\_Herwig.recon.AOD.v12000601\_tid006068
  - trig1\_misal1\_csc11.005987.WZ\_Herwig.recon.AOD.v12000601\_tid006069
  - trig1\_misal1\_csc11\_V2.005014.J5\_pythia\_jetjet.recon.AOD.v12000601\_tid007541 ( $280 < p_T < 560$  GeV)
  - trig1\_misal1\_csc11\_V2.005015.J6\_pythia\_jetjet.recon.AOD.v12000601\_tid007542 ( $560 < p_T < 1120$  GeV)
  - trig1\_misal1\_csc11\_V2.005016.J7\_pythia\_jetjet.recon.AOD.v12000601\_tid007543 ( $p_T > 1120$  GeV)

# Bruits de fond dans le canal $Z' \rightarrow \mu\mu$

- Plot fait pour  $100 \text{ pb}^{-1}$
- Bien que la statistique soit faible, le Drell-Yann domine
- Dijets: second plus important  $\rightarrow$  *étude plus approfondie sera nécessaire (isolation...)*
- $\rightarrow$  *Légitime de n'inclure que le Drell-Yann dans l'étude de désalignement*



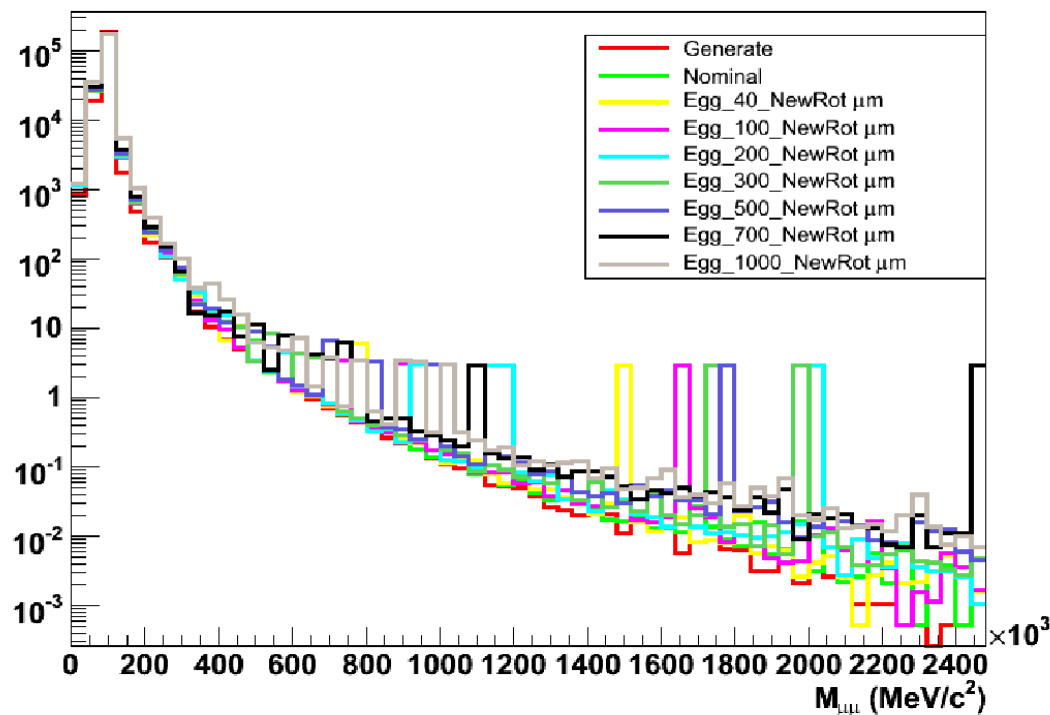




# Effet de l'alignement sur le bruit de fond

- Impact de l'alignement sur le Drell-Yann
- Le niveau de bruit de fond augmente de manière significative pour de grands désalignements

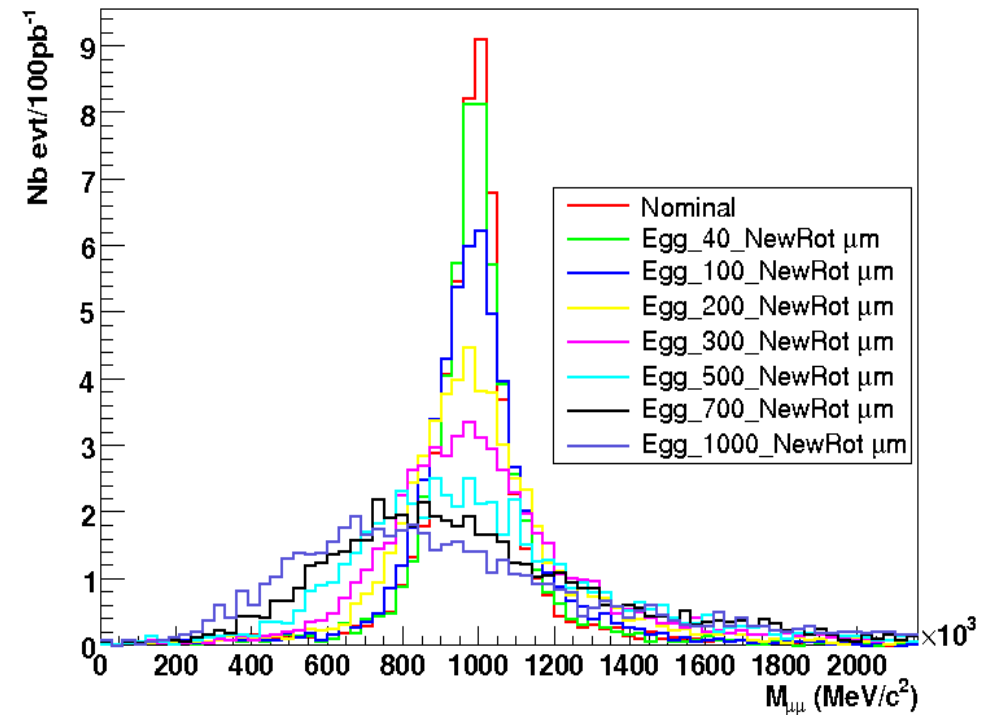
Mass spectrum



mardi 11 septembre 2007

22

Mass spectrum



Clément Helsen PAF 2007

# Estimation sensibilité (à la LEP)

- Estimer impact sur potentiel de découverte
- Utilisation d'un Likelihood ratio pour hypothèses  $L_0 \Leftrightarrow$  *Bruit de fond seul* et  $L_1 \Leftrightarrow$  *Signal + Bruit de fond*
- Pseudo-expériences pour *Bruit de fond* et *Signal+ Bruit de fond* pour chaque alignement. (Tirage suivant une loi de poisson dans chaque bin en masse)

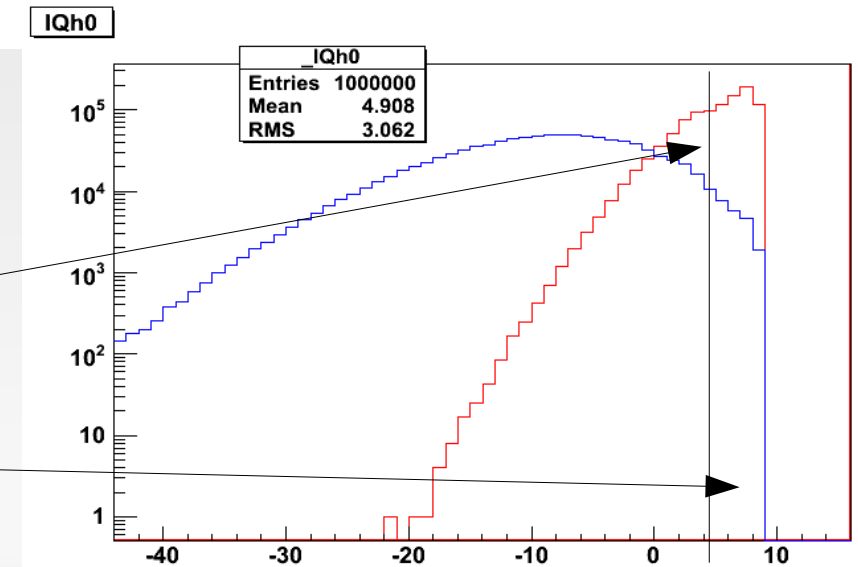
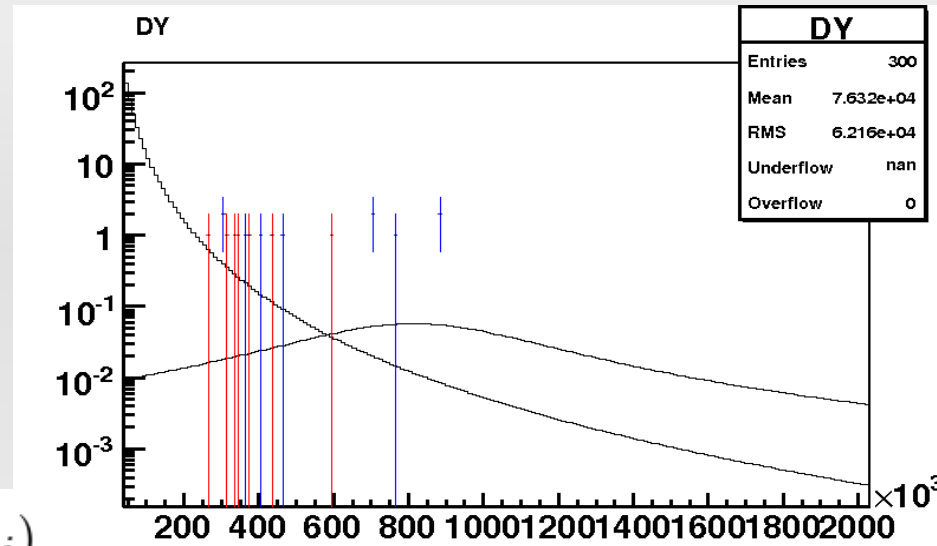
• Calcul de  $L_0, L_1$   $L_0 = \prod_{bins_i} P_0(\lambda_i, k_i)$   $L_1 = \prod_{bins_i} P_1(\lambda_i, k_i)$

• Likelihood  $-2*\ln Q = -2*\ln(L_1/L_0)$

• *Bleu = Signal + bruit de fond*

• *Rouge = Bruit de fond*

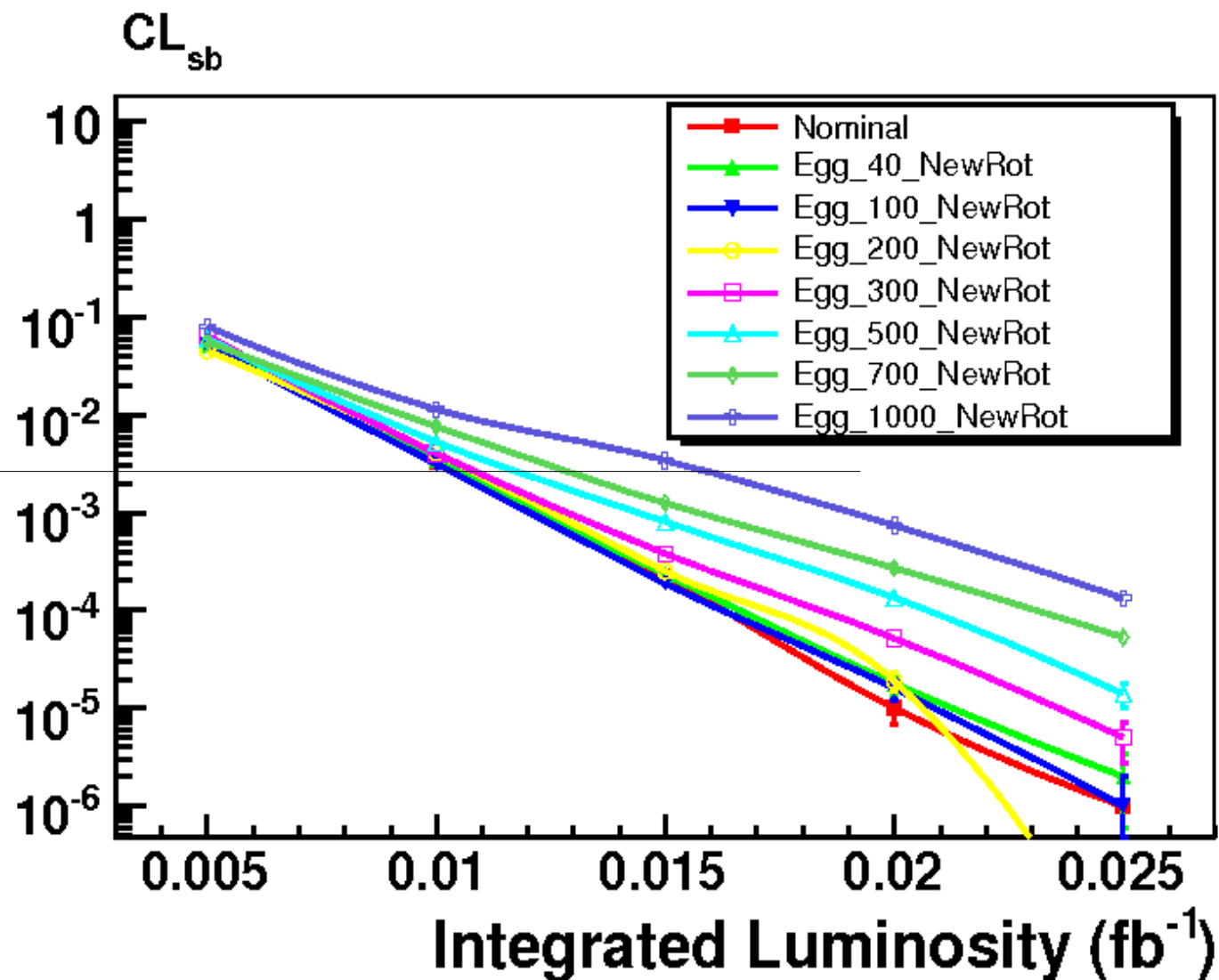
Sensibilité = calcul de l'integrale de la courbe de signal après la médiane de la courbe de bruit de fond



Médiane

# Calcul de signficance (résultats)

Limite d'exclusion à  $3\sigma$



# Conclusion

- Etude préliminaire de l'alignement sur exclusion et découverte
- Effet sur la résolution conforme à nos attentes
- Alignement crucial pour découverte  $Z' \rightarrow \mu\mu$
- Muonboy et Amdb facilitent l'étude de beaucoup de scénarios d'alignement
- A faire:
  - Etude plus détaillée du bruit de fond dijet
  - Inclure systématiques dans calcul signficance
  - Inclure des corrections d'alignement de la simulation ASAP