

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 μm .*
- Difficultés de positionnement, calibration des capteurs d'alignements
→ *Peu probable d'atteindre 40 μm au démarrage*
- → *Etude pour prendre en compte différents scénarios d'alignement et estimer l'impact sur la découverte*

Contenu

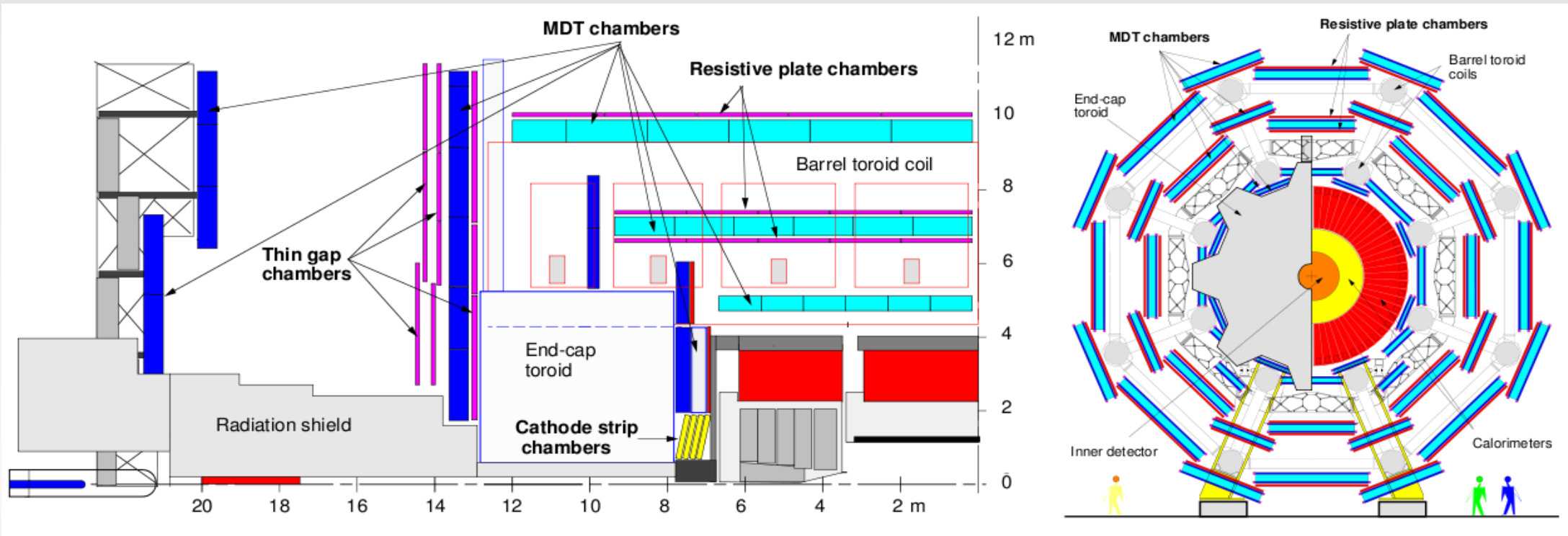
- Physique du Z'
- Détecteur
- Reconstruction
- Alignement
- Désaligner le spectromètre
- Résultats
 - efficacité
 - identification de charge
 - sensibilité au Z' (dans les premières données)
- Conclusion

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 β 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) $Z' \rightarrow ee$, 1.3fb^{-1} , SM-like Z' , $M > 923\text{ GeV}$ (95% C.L.)*
- **→ Potentiel de découverte avec les premières données LHC**

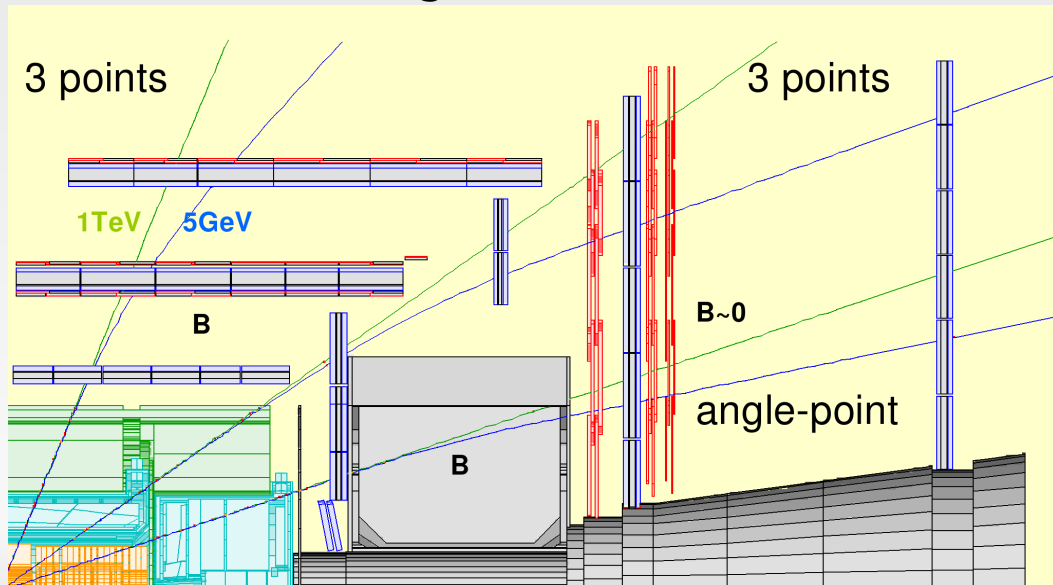
Le Spectromètre à Muon

- Constitué de 3 parties, 1 centrale → *barrel*, 2 bouchons → *end-cap*
- 2 types de mesures, *précision* (MDT,CSC) *trigger* (RPC,TGC)
- Design pour avoir 3 mesures de précision dans l'acceptance du spectromètre $|\eta| < 2.7$
- Détermine l'impulsion des muons grâce à un *champ magnétique toroïdal*



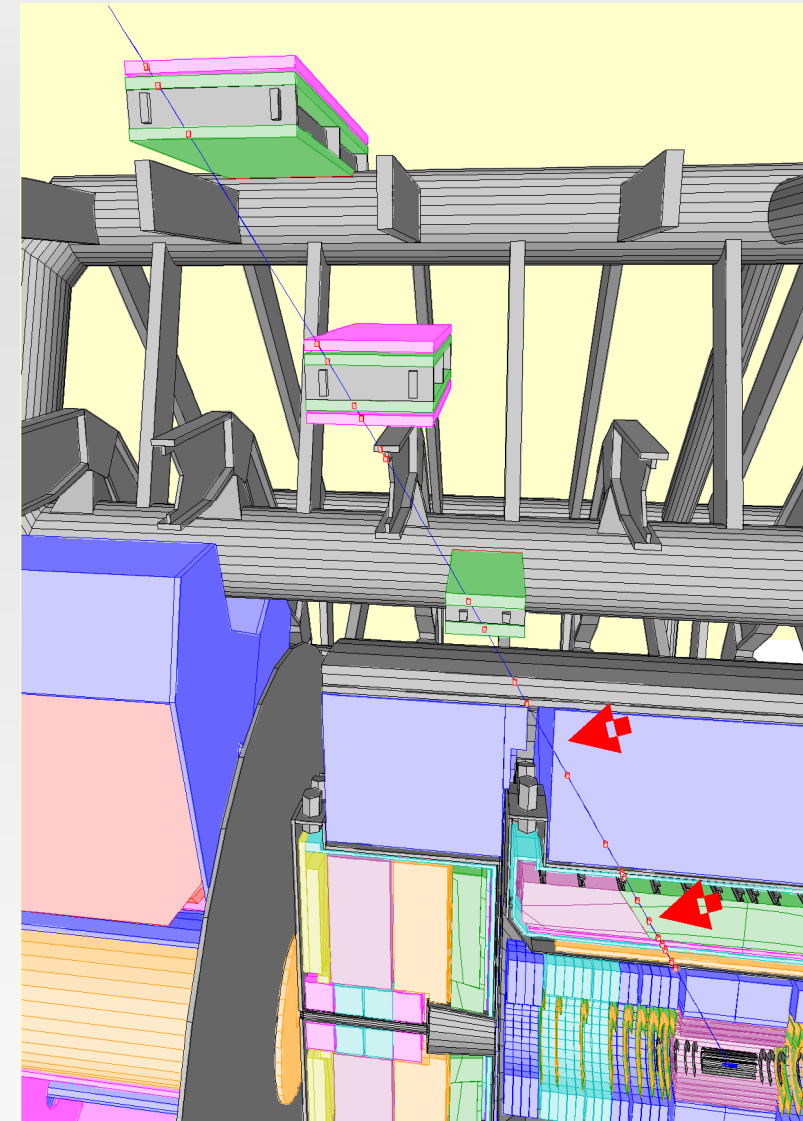
Reconstruction des muons (Muonboy)

- 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 decembre 2007

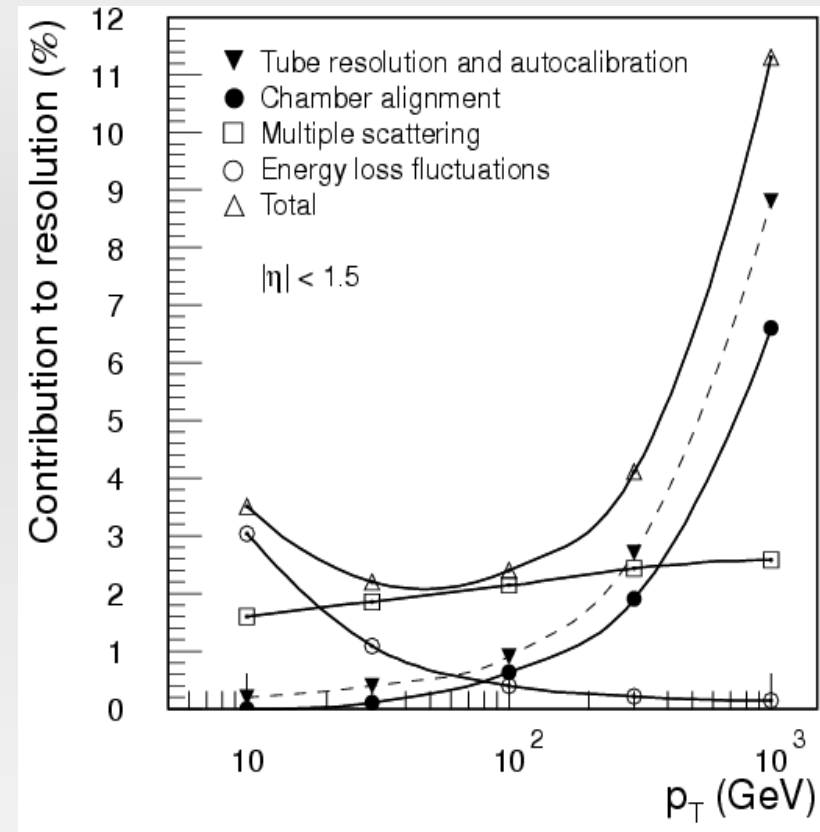
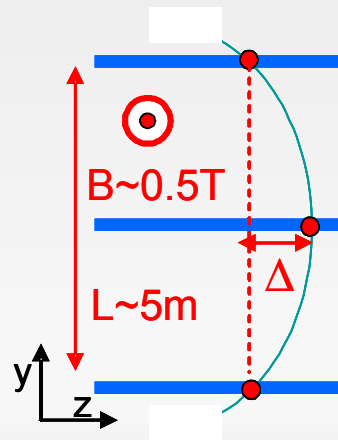
6



Clément Helsens JRJC 07

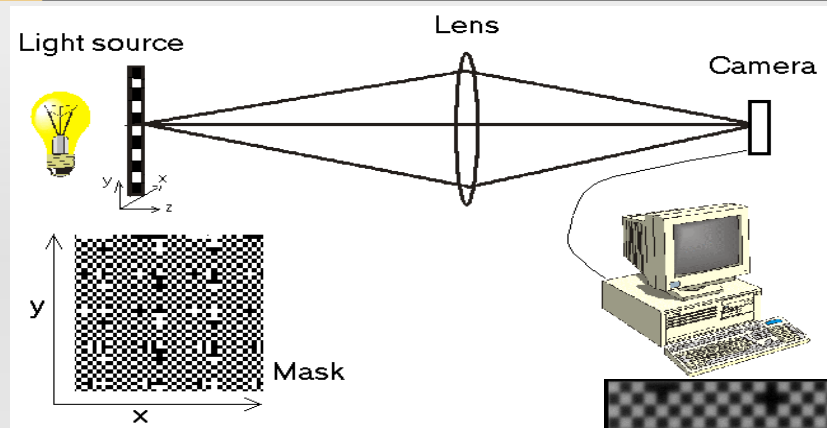
Performances

- 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)

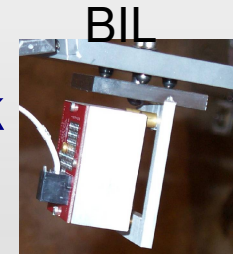
b) cibles 1-4 leds
(BCam&Scaled)

même output pour tout les types de cibles

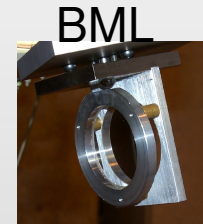
- 1) Translation en x
- 2) Translation en y
- 3) Rotation autour de l'axe optique
- 4) Magnification

mardi 11 décembre 2007

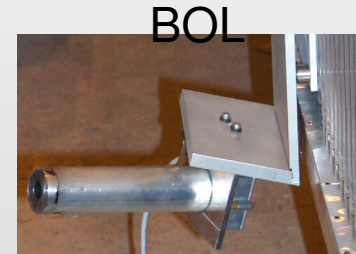
Rasnik



masque



lentille

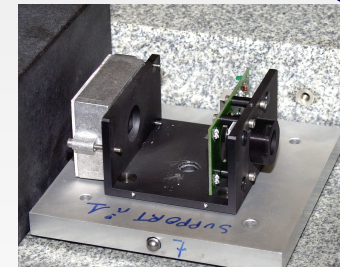


CCD

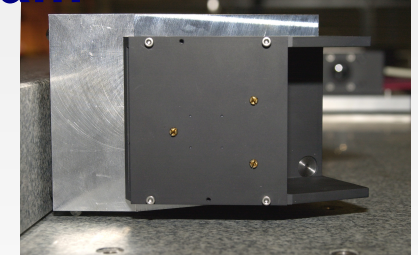
BCam



SaCam



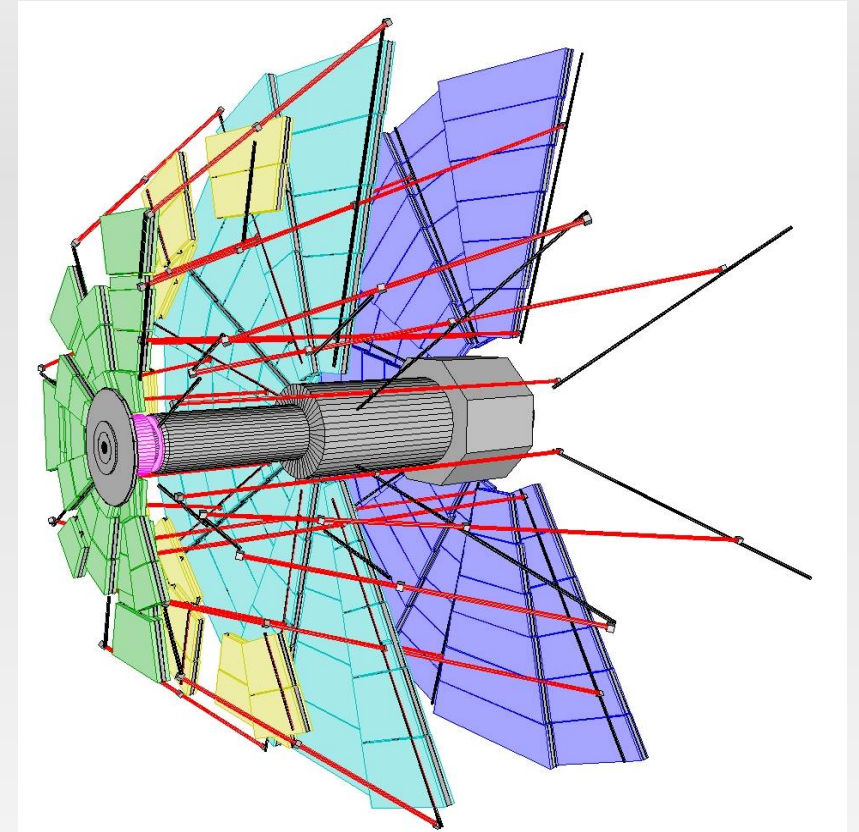
camera regarde



à travers 4 spots de lumière

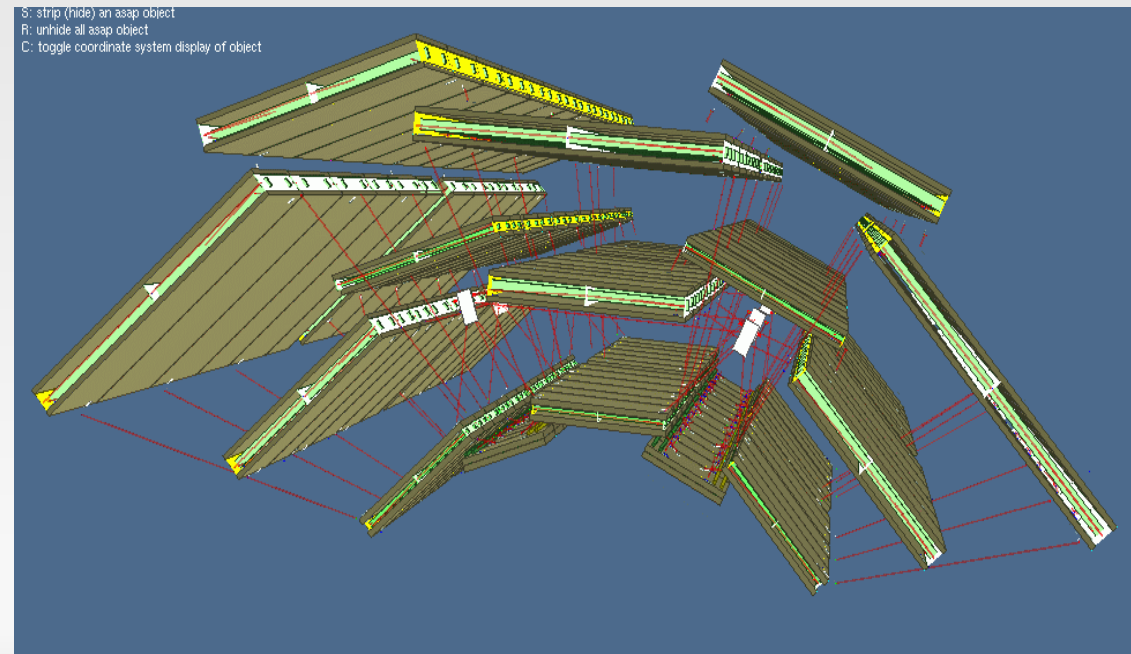
Alignement optique du end-cap

- 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 μm



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

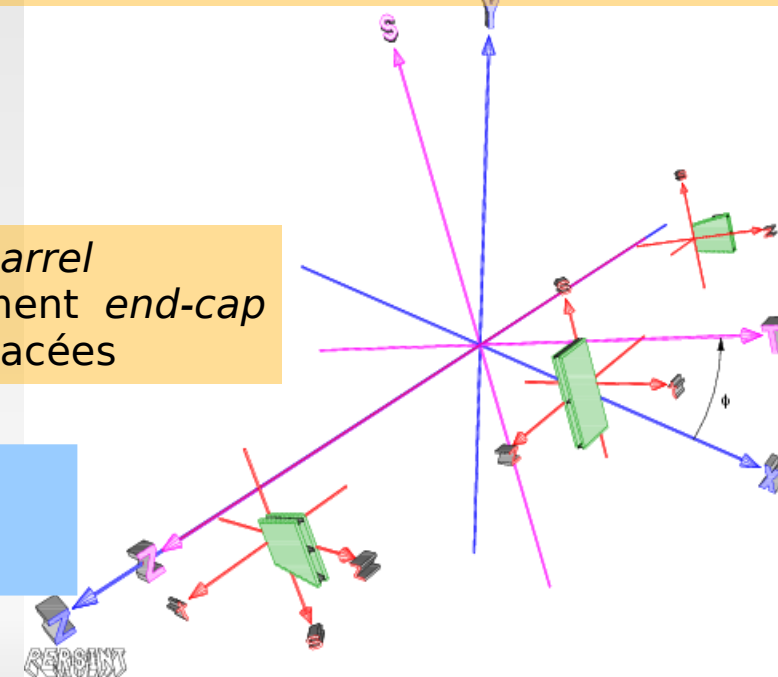
On déplace chaque chambre à muons:
3 rotations et 3 translation dans le fichier *Amdb*
→ **nouveau Layout**

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

Egg-shape + 1mm, 1mrad Rndm

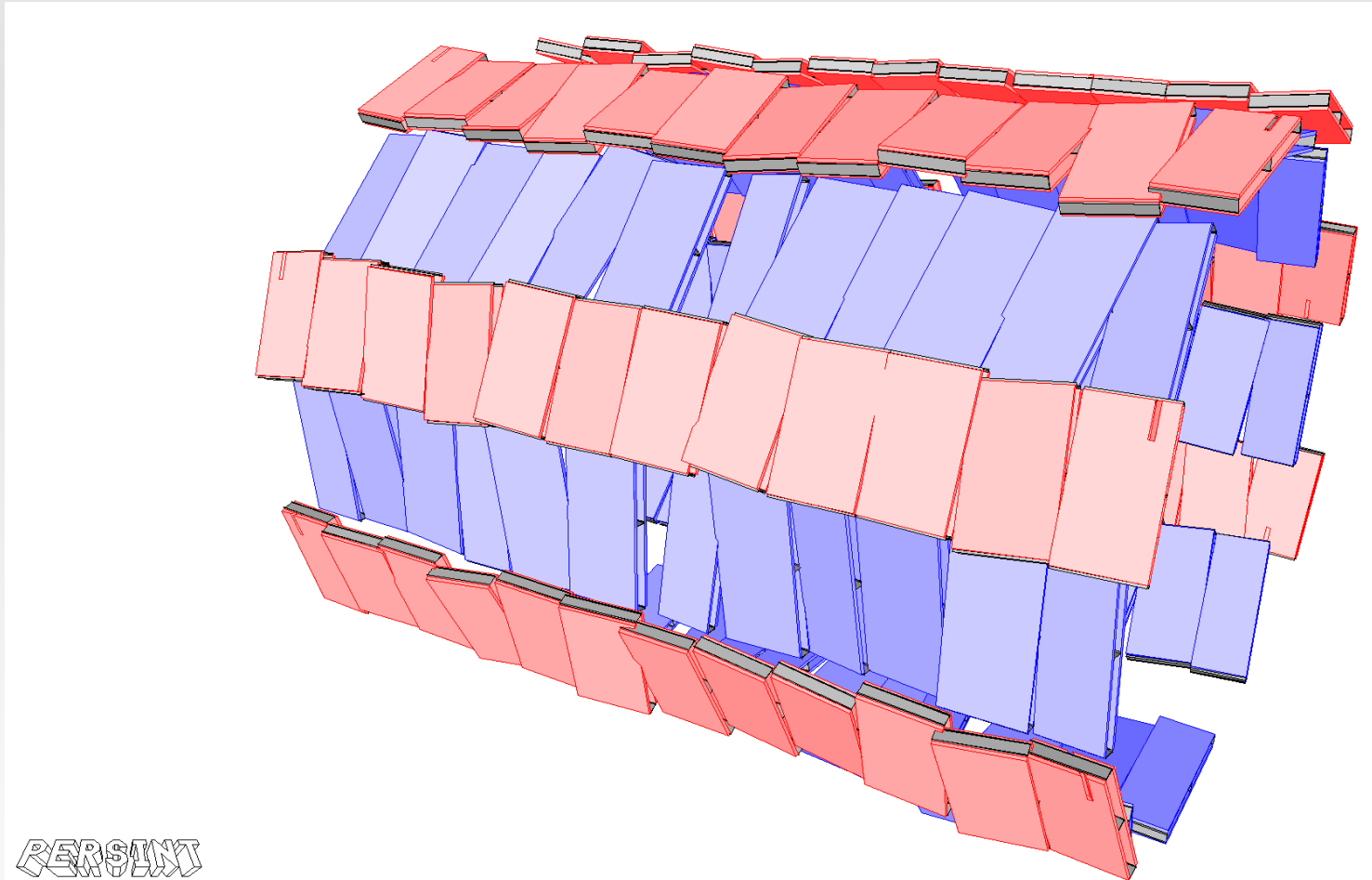
MDT+RPC barrel
MDT et TGC séparément end-cap
CSC pas déplacées

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 σ 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)

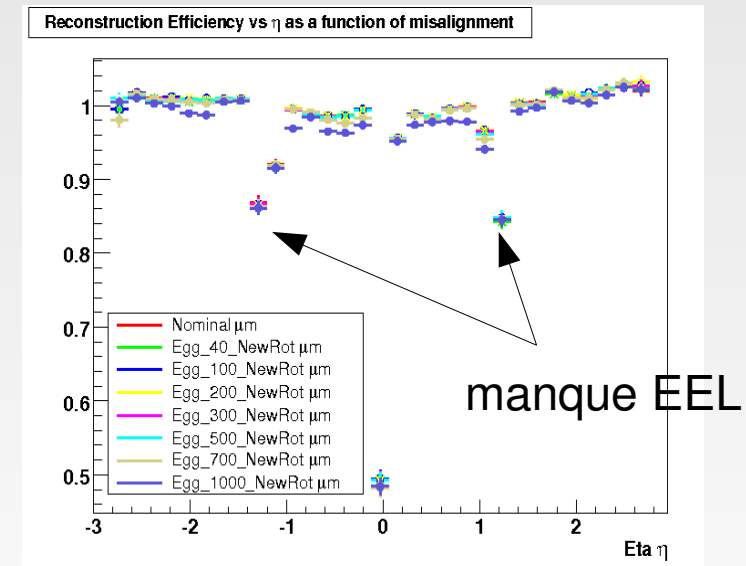
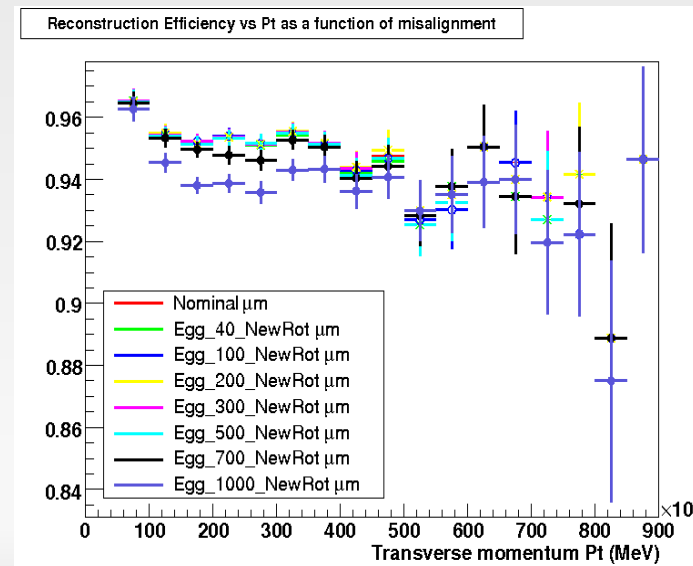
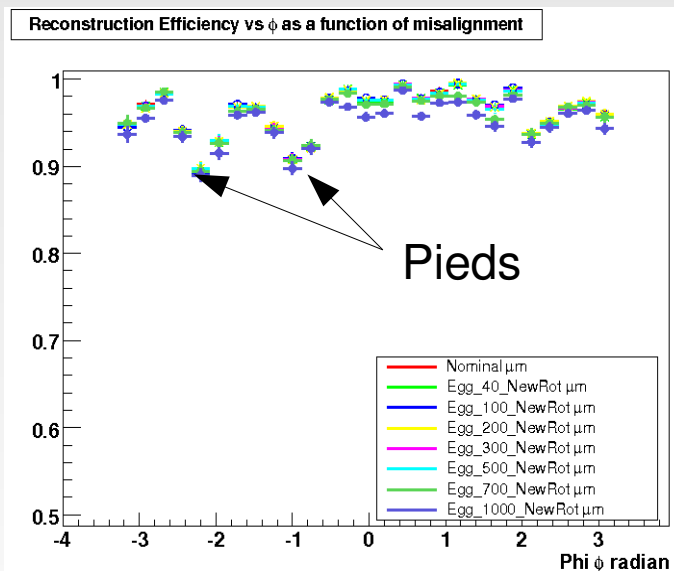
Datasets et sélection des événements

- 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 pb^{-1} , on attend:
 - *43 événements pour le Chi*
 - *54 événements pour le SSM*

Efficacité de reconstruction

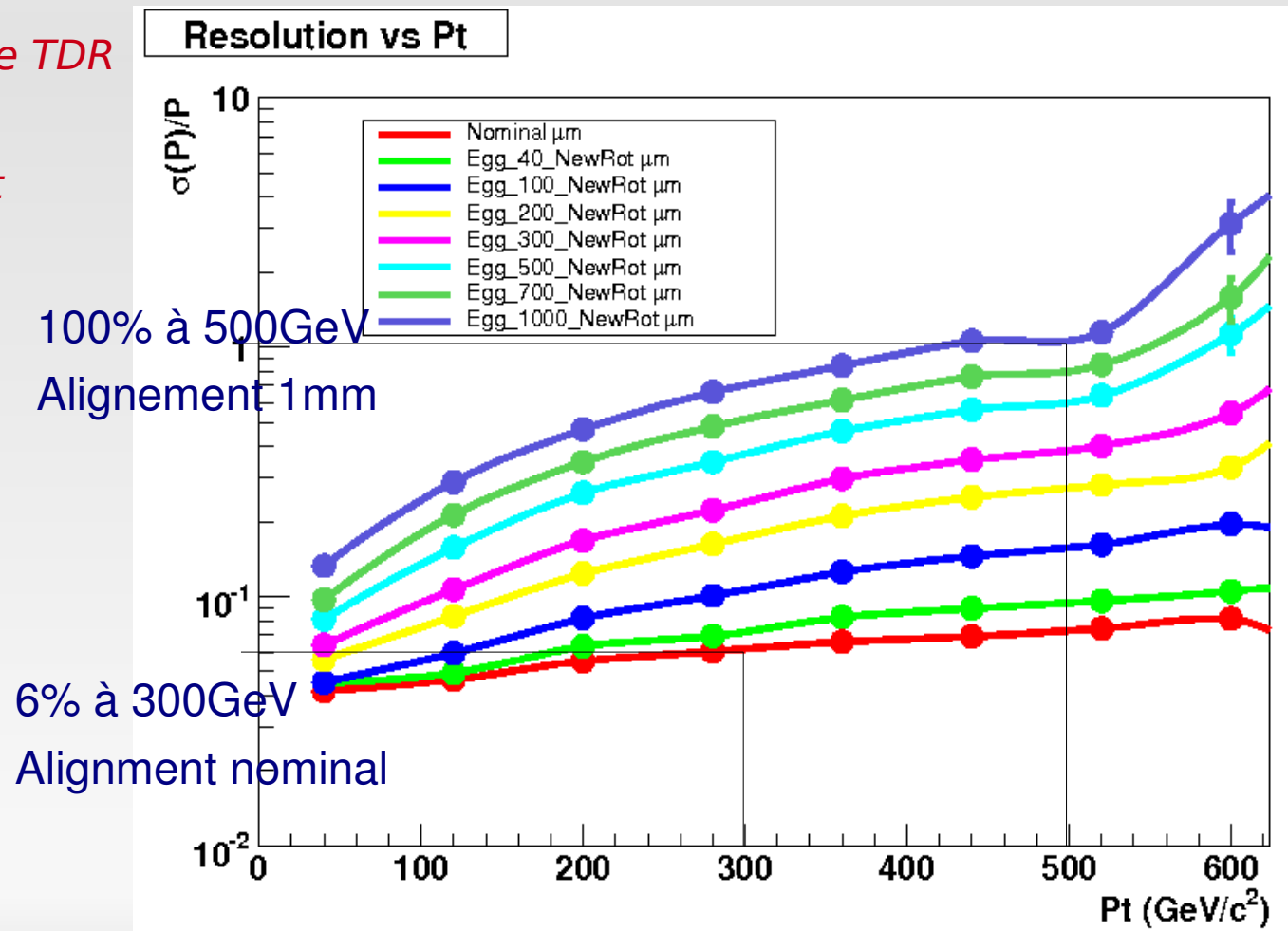
Misalignment (μm)	Nominal	40	100	200	300	500	700	1000
Integrated efficiency chi	0.786	0.785	0.786	0.782	0.785	0.786	0.782	0.77
Integrated efficiency SSM	0.793	0.793	0.793	0.793	0.788	0.787	0.783	0.772

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



Effet de l'alignement sur la résolution

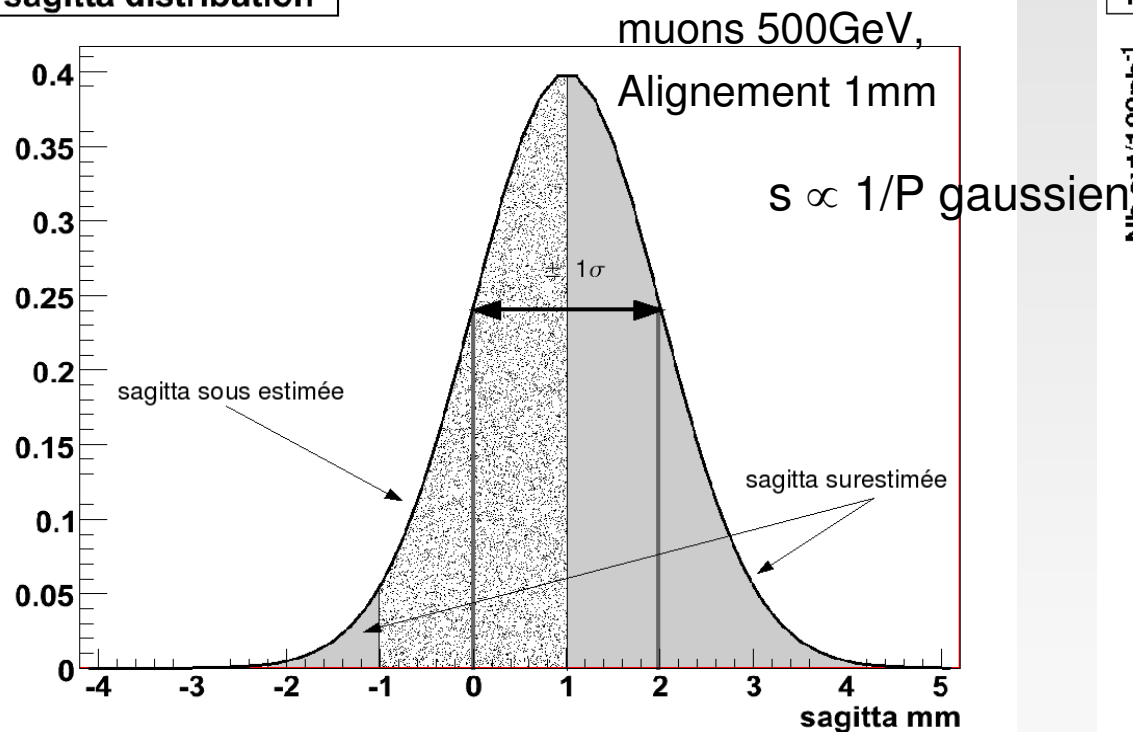
- Résolution $\Delta(Q/P)/(Q/P_{\text{gen}}) = f(\text{alignement})$
- *Mesure en accord avec le TDR*
- *Mesure en accord avec prévision sur alignement*



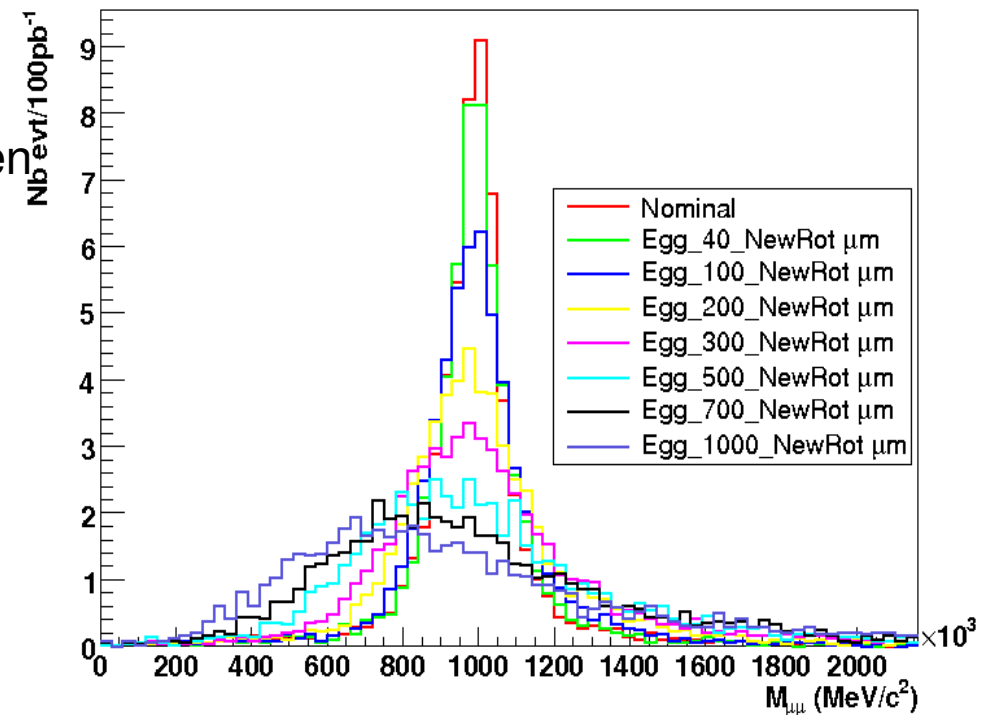
Masse invariante du Z'

- 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 μm pic très dégradé*

sagitta distribution



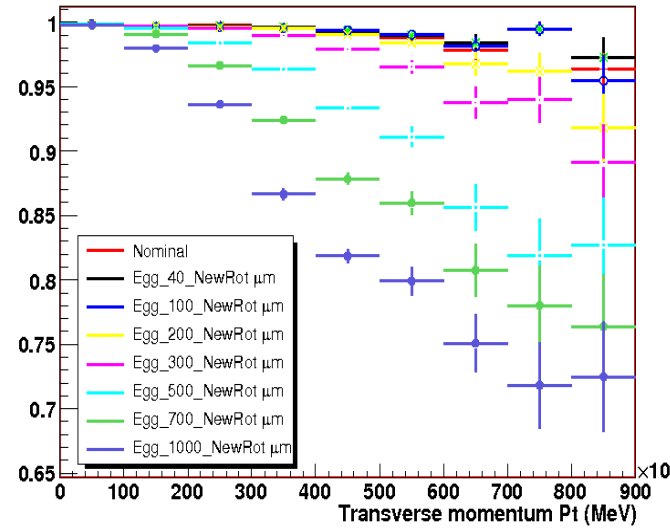
Mass spectrum



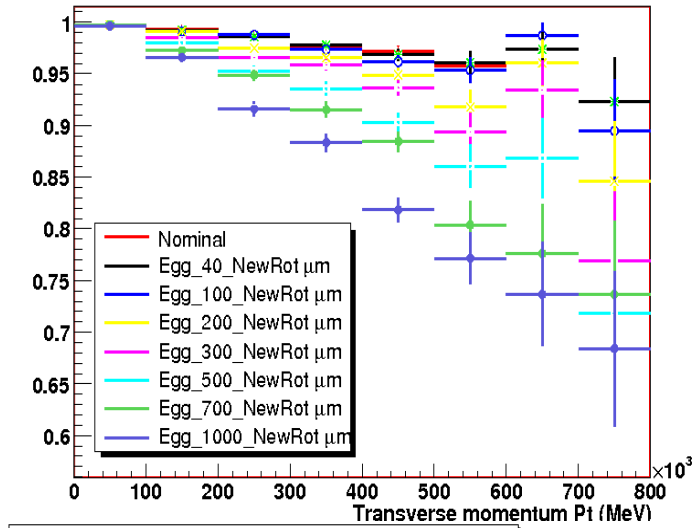
Identification de charge (résultats)

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

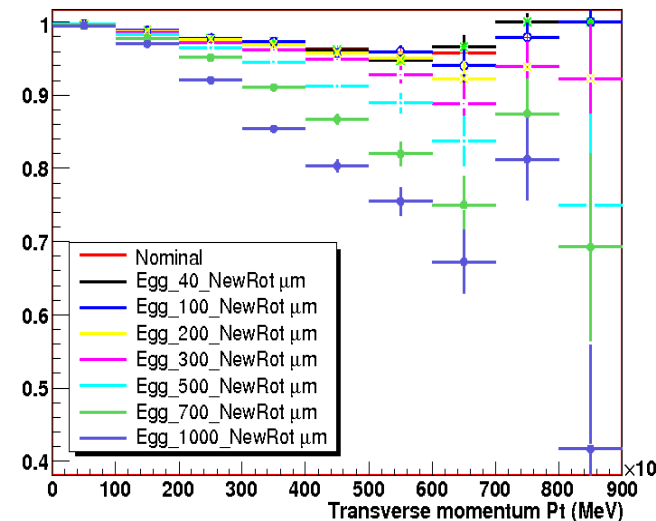
Charge misidentification as a fonction of misalignment for $0 < |\eta| < 1$



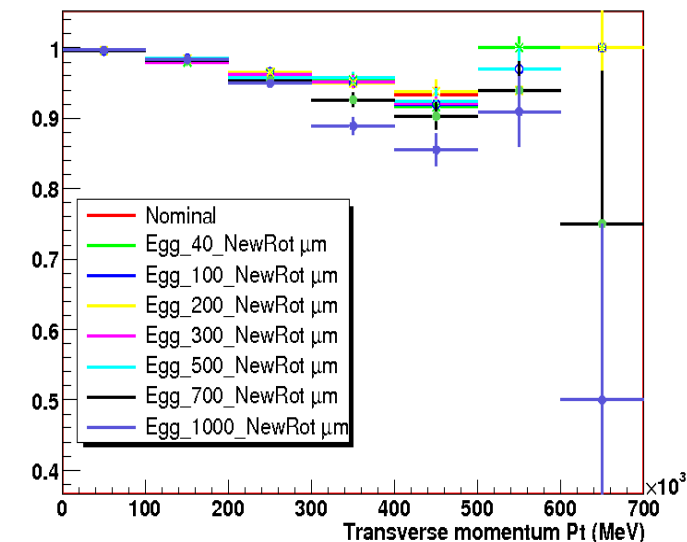
Charge misidentification as a fonction of misalignment for $1 < |\eta| < 1.3$



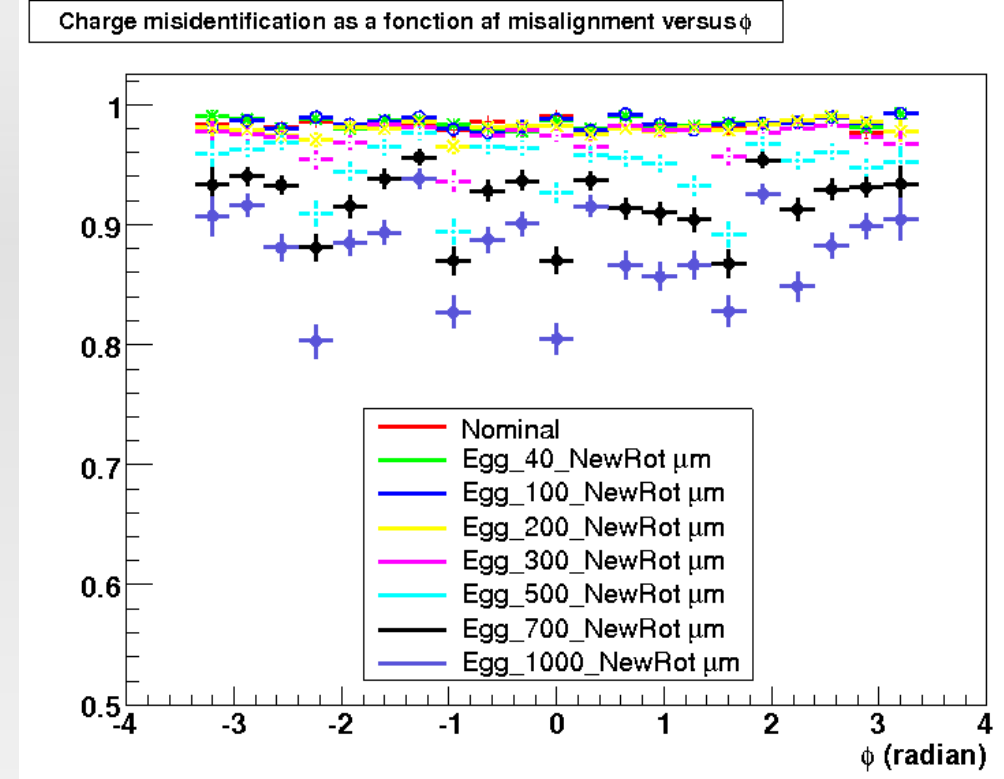
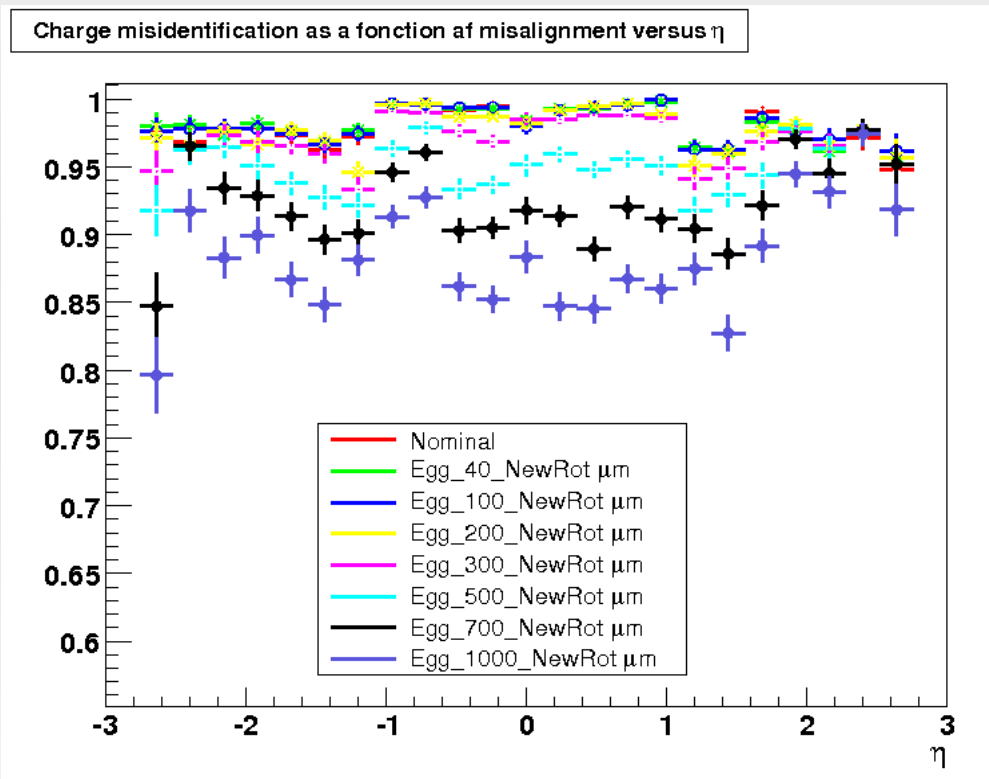
Charge misidentification as a fonction of misalignment for $1.3 < |\eta| < 2$



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

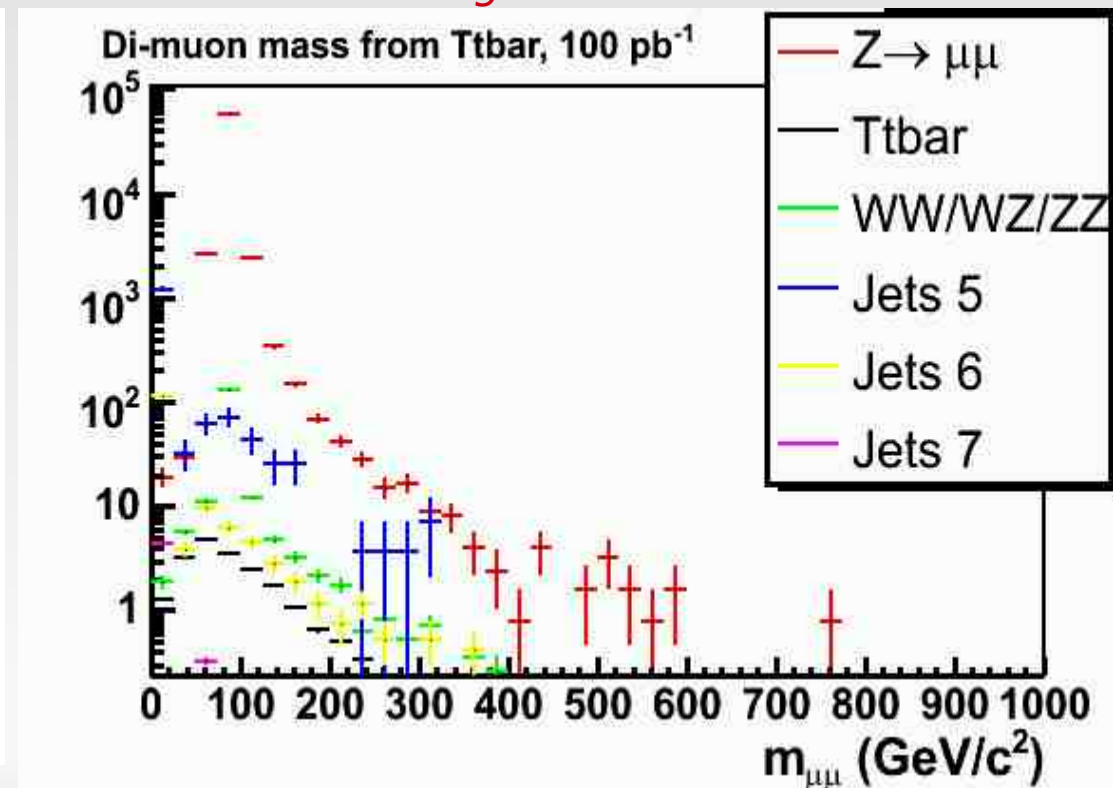
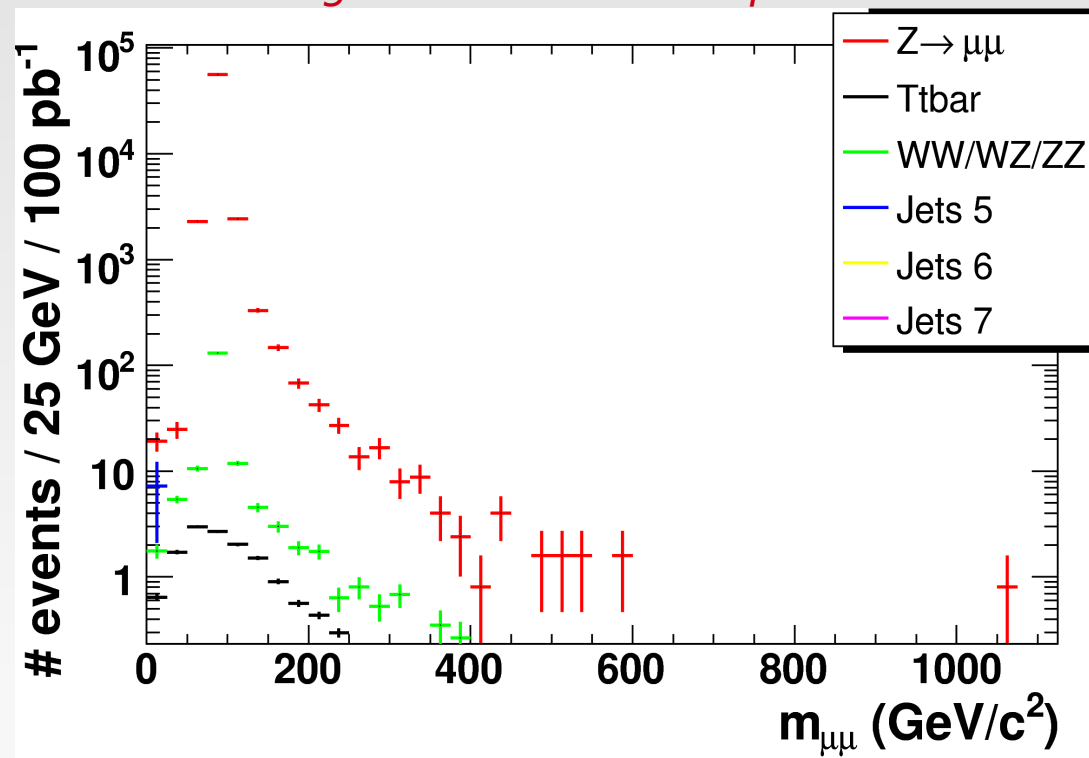
Misalignment (μm)	Nominal	40	100	200	300	500	700	1000
Relative loss	0.984	0.984	0.984	0.98	0.973	0.948	0.918	0.877

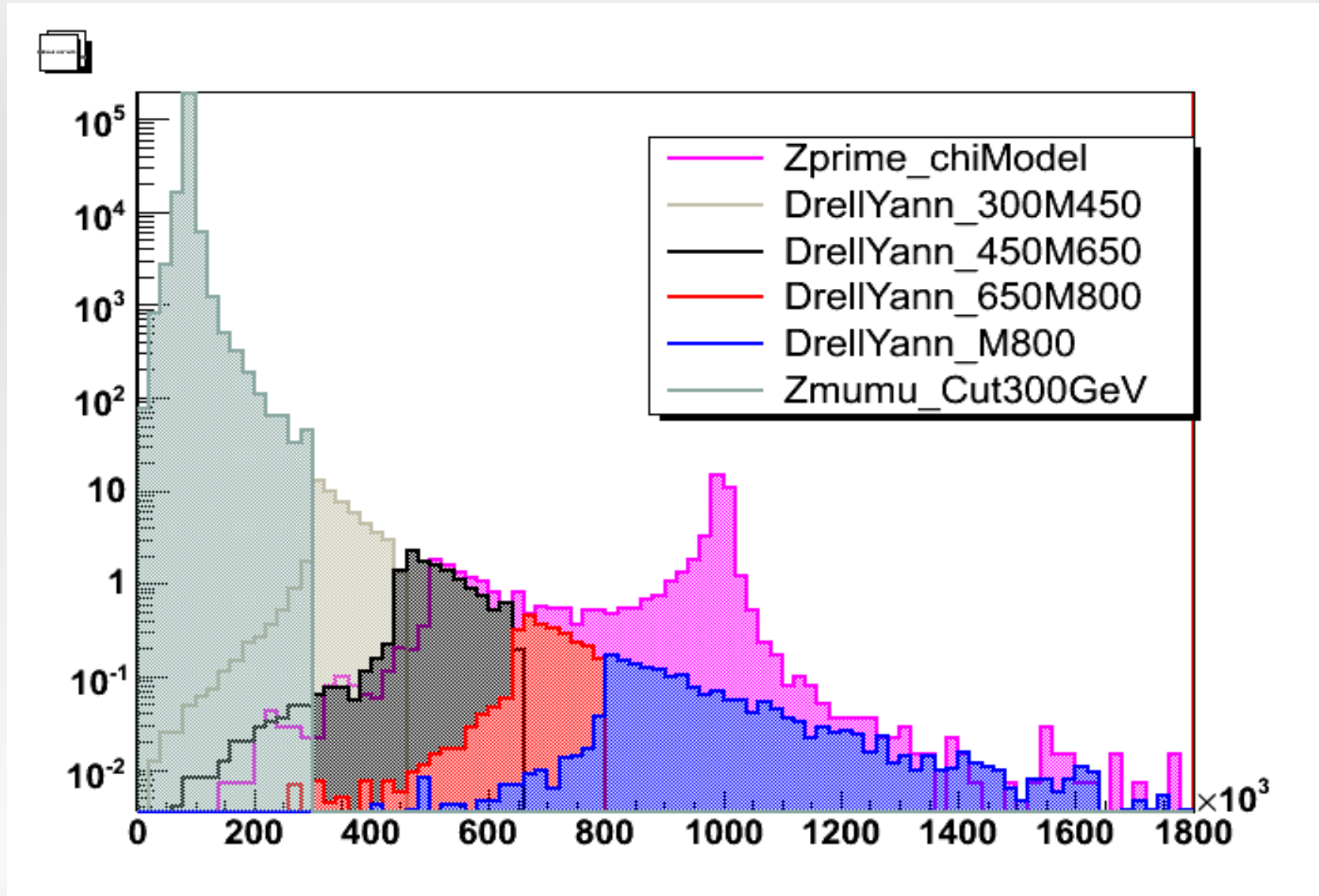
Bruits de fond

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

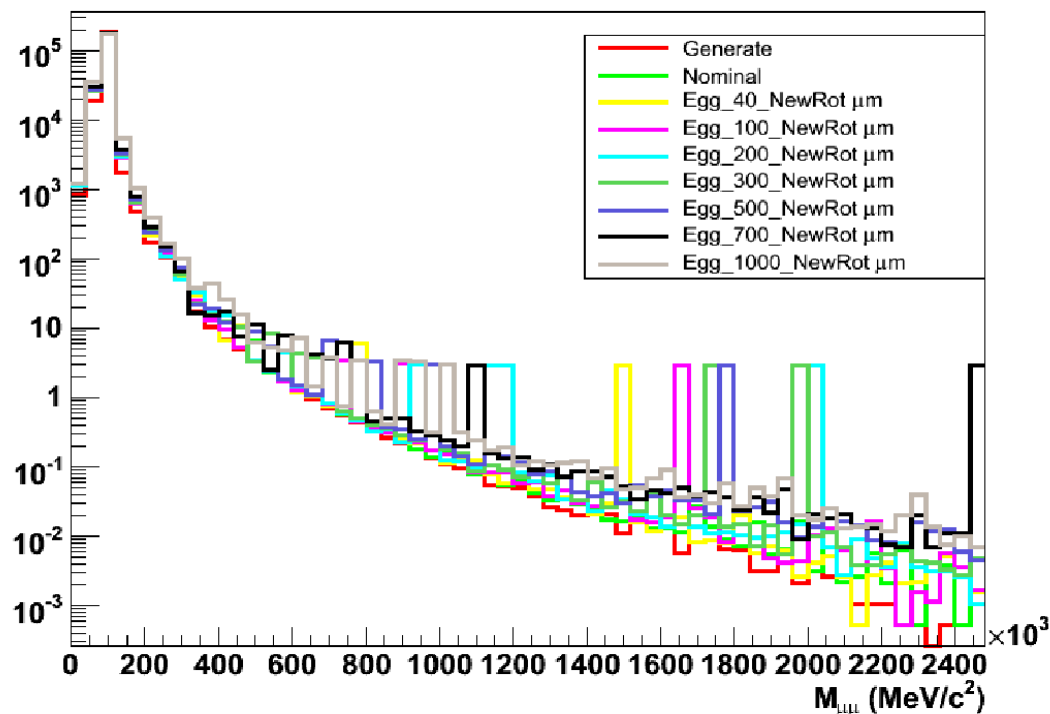




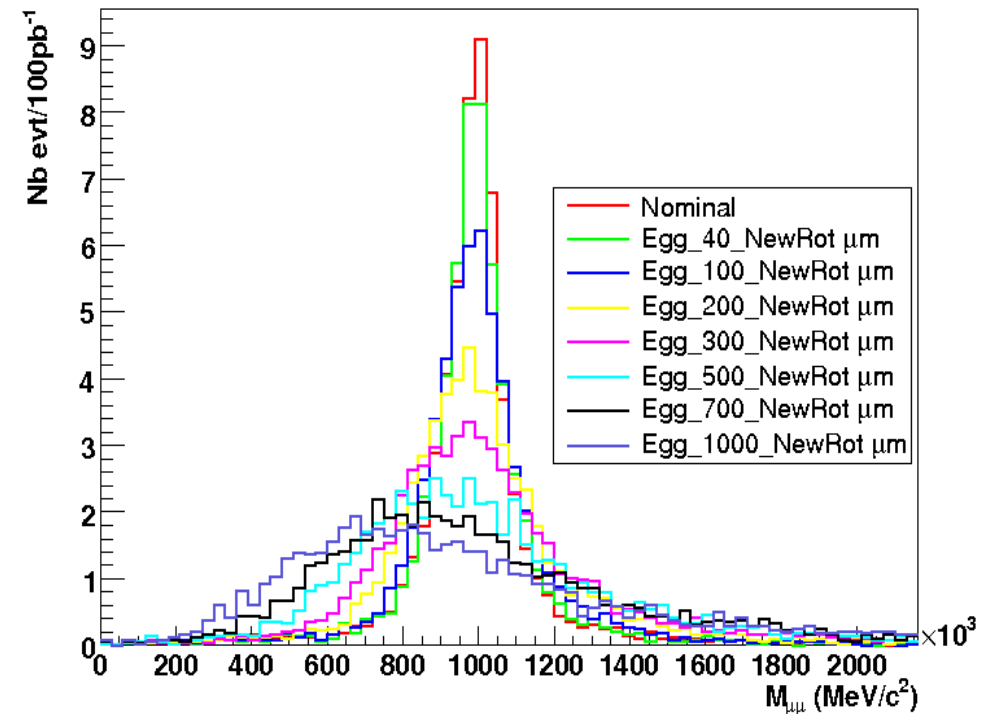
Effet de l'alignement sur le bruit de fond

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

Mass spectrum



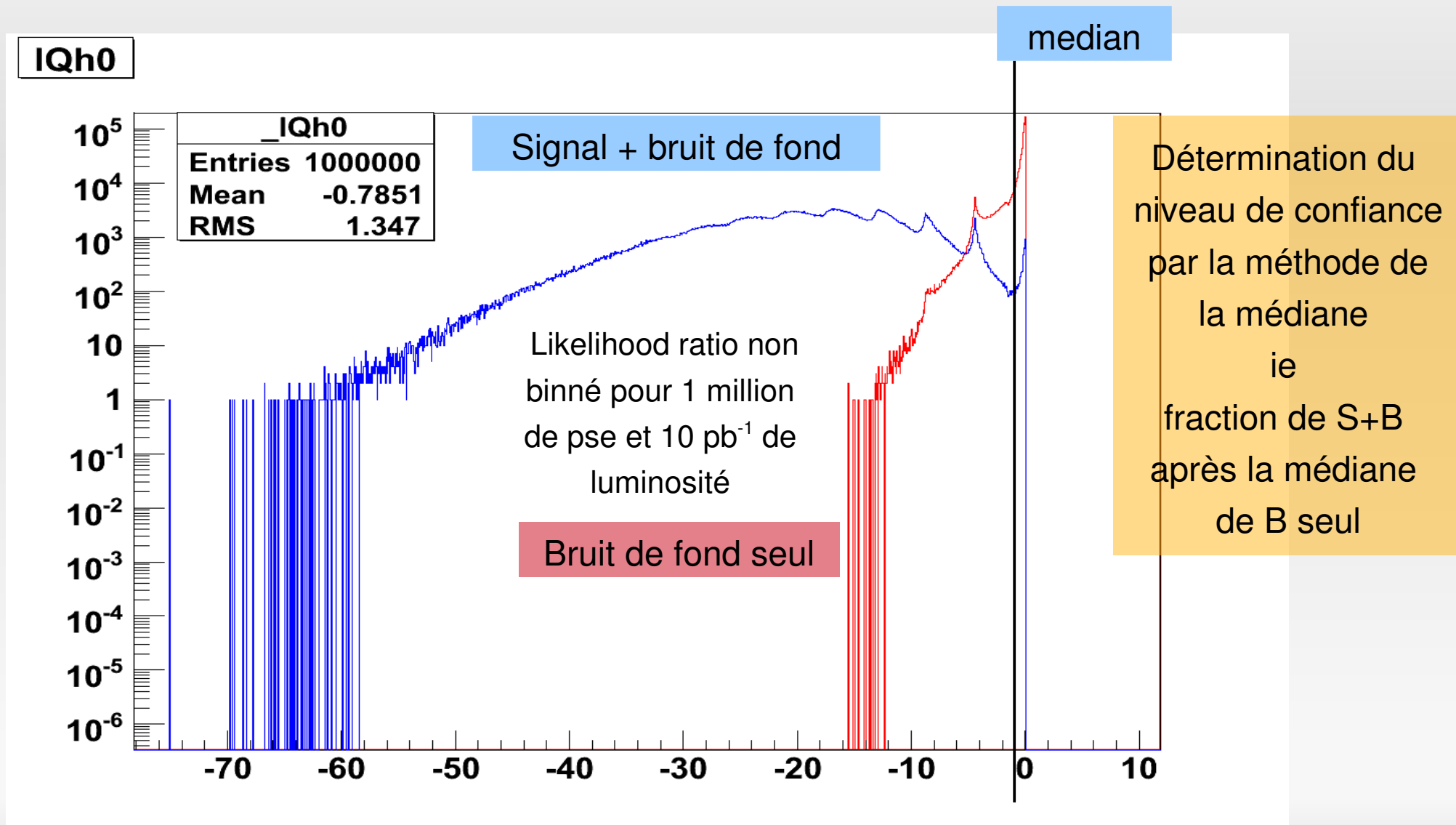
Mass spectrum



Estimation de la sensibilité, méthode de Likelihood non binné

- Estimer l'impact sur le potentiel de découverte
- Utilisation d'un Likelihood ratio (non binné ainsi qu'une méthode de FFT) pour la détermination d'une découverte à 5σ
- → On considère 2 hypothèses, *bruit de fond seul* et *signal + bruit de fond*
- **Méthode Unbinned**
 - Pour une luminosité donnée, on effectue des pseudo expériences (*pse*) suivant les *pdf* que l'on a pour nos 8 alignements
 - Une *pse* pour une hypothèse donnée consiste à :
 - Choisir un nombre d'événements suivant une loi de poisson $N = \text{Poisson}(N_{\text{attendus}})$
 - Distribuer ces événements suivant les *pdf*
 - Effectuer le calcul du Likelihood Ratio →
$$\sum_{i=1}^N \log \frac{s \cdot f_s(m_i) + b \cdot f_b(m_i)}{b \cdot f_b(m_i)}$$
 - Histogramme pour les 2 hypothèses
 - Calcul du niveau de confiance avec la méthode de la médiane
 - Bonne méthode mais difficile d'atteindre 5σ sensibilité sans un grand nombre de *pse*

Estimation de la sensibilité, méthode de Likelihood non binné



Calcul analytique de la sensibilité avec une méthode de FFT

- Utilisation d'un Likelihood Ratio et de Fast Fourier Transform pour une détermination analytique du niveau de confiance → [Hongbo Hu and Jason Nielsen physics/9906010 + fftw3 package](#)

- Estimateur $F = \log \frac{s \cdot f_s(m_i) + b \cdot f_b(m_i)}{b \cdot f_b(m_i)}$ s, b nombres d'evts attendus, f_s, f_b fonctions de signal et de bruit de fonds

- Pour N événements attendus, on a la pdf pour N événements qui est égale à la convolution de N pour 1 événement.

$$\rho_n(F) = \underbrace{\rho_1(F) \otimes \dots \otimes \rho_1(F)}_{n \text{ times}}$$

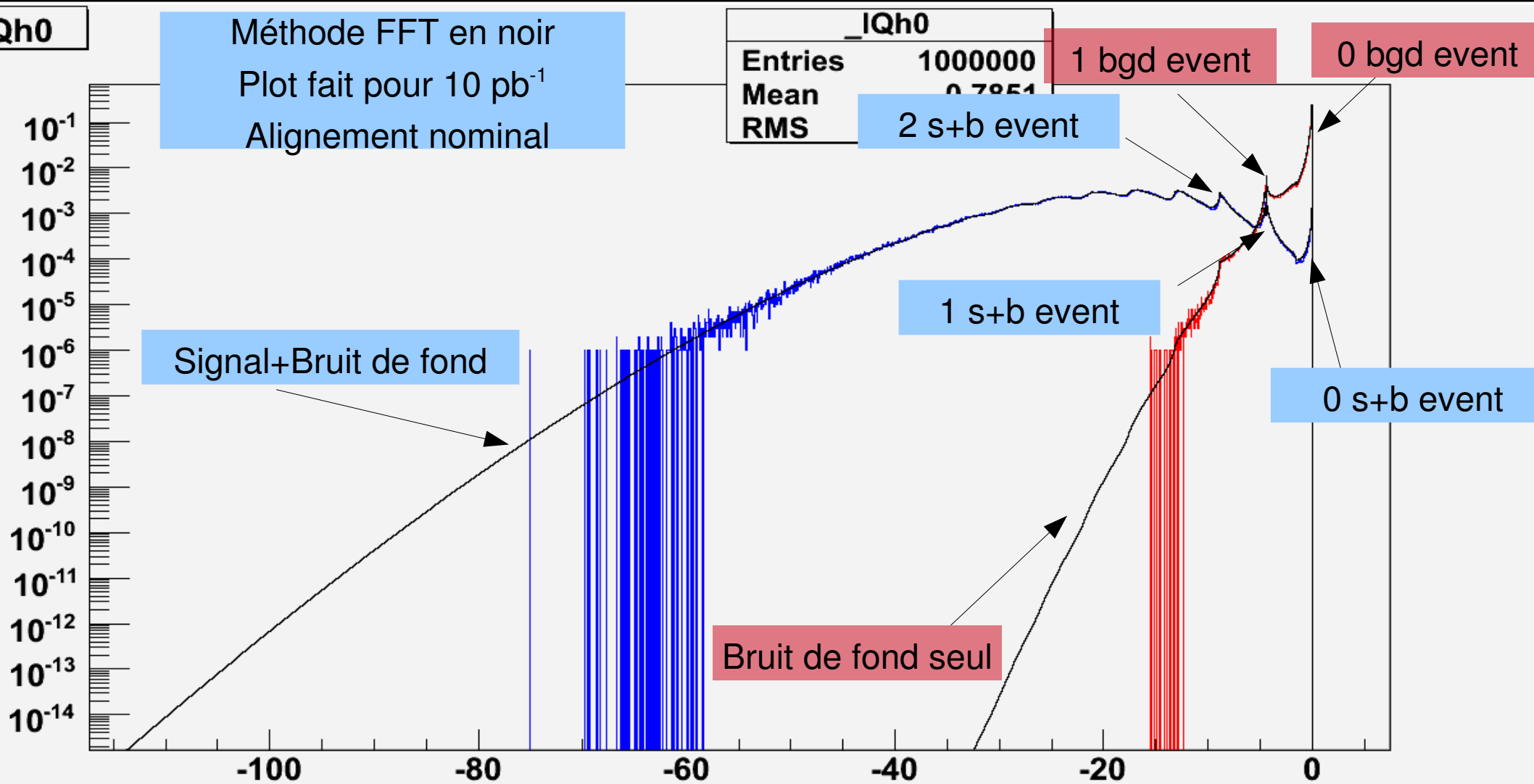
- Utilisant la propriété de Fourier $A(F) = B(F) \otimes C(F)$ **Fourier** → $\overline{A(G)} = \overline{B(G)} \cdot \overline{C(G)}$.

- On obtient $\overline{\rho_n(G)} = [\overline{\rho_1(G)}]^n$

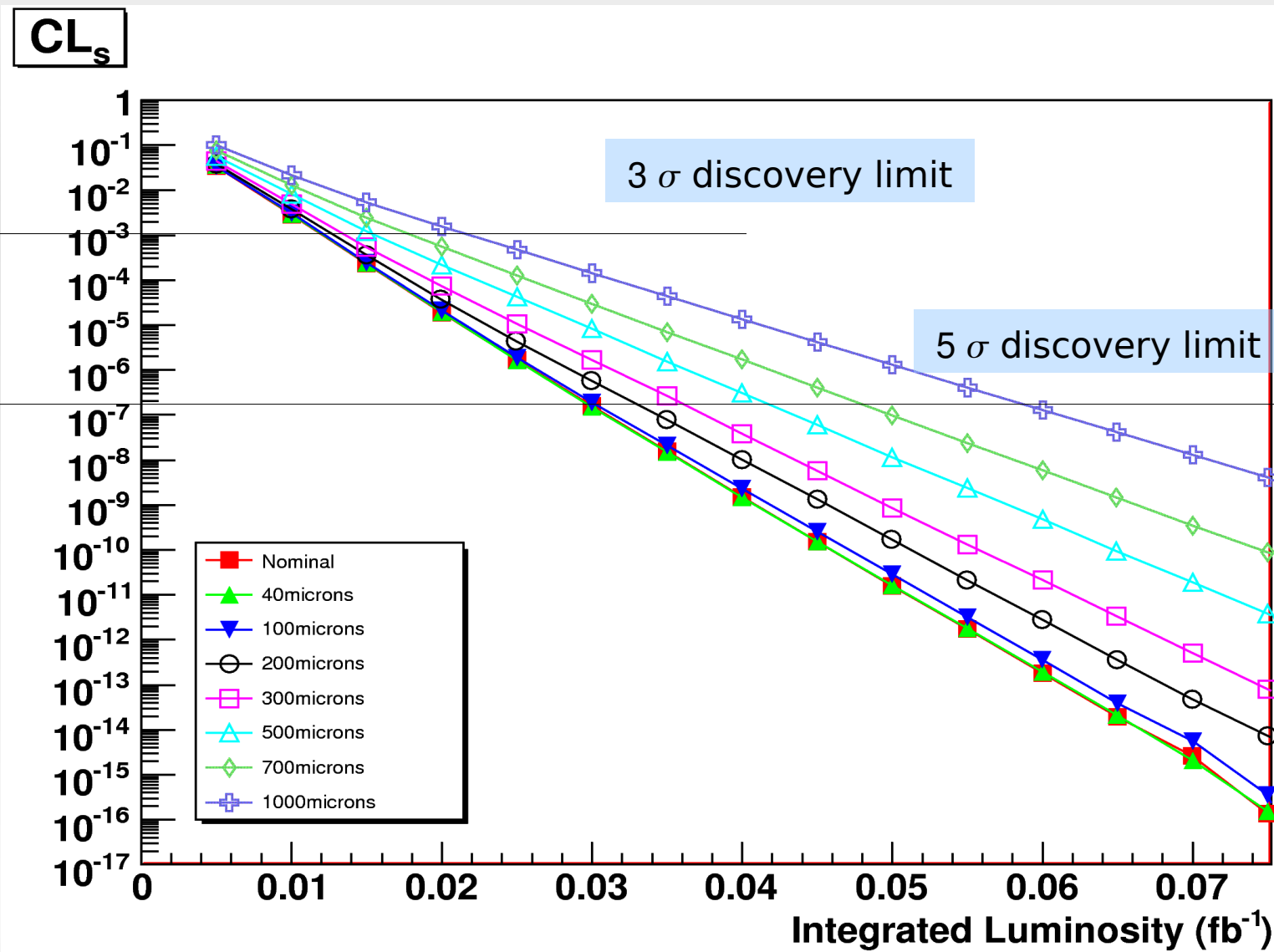
- Avec $\rho_{s+b}(F) = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-(s+b)} \frac{(s+b)^n}{n!} \rho_n(F)$ on a $\overline{\rho_{s+b}(G)} = e^{(s+b)} [\overline{\rho_1(G)} - 1]$

- Il ne reste qu'à prendre la transformé de Fourier inverse pour obtenir la distribution de likelihood*
- Cette méthode permet un gain de temps très conséquent et une meilleure précision (pas d'erreur statistiques) → Résoud le problème 5 σ*

Comparaison Unbinned Likelihood et méthode FFT



Niveau de confiance pour la limite de découverte



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 → **En cours**
 - **Inclure d'autres modèles et d'autres masses de Z'**
 - **Fit global de la masse (paramètre libre)**
 - Inclure des corrections d'alignement de la simulation ASAP