Section efficace différentielle Z->ll

(versus pt_Z et y_Z)

Nathalie Besson, Maarten Boonekamp, Marie Legendre
(Saclay)

Motivation pour σ(Z->ee) vs y_Z

$$\sigma(pp\rightarrow Z)=\int dx_1 dx_2 f(x_1) f(x_2)\delta(M_Z^2-x_1 x_2 s)\sigma_{had}(q\bar{q}\rightarrow Z)$$

convolution entre un processus dur et des fonctions de structure

$$x_1=\frac{M_Z}{\sqrt{s}}e^{y} \qquad x_2=\frac{M_Z}{\sqrt{s}}e^{-y}$$

- $y_Z \in [-2.5, 2.5]$, x ~ de qqs 10^{-4} à qqs 10^{-2}

=> contraint les incertitudes sur les fonctions de structure pour **W et H**

si y=2.5, x=0.08 : correspond à une masse de 1.2 TeV

- grande y_Z : permet des études à grand x

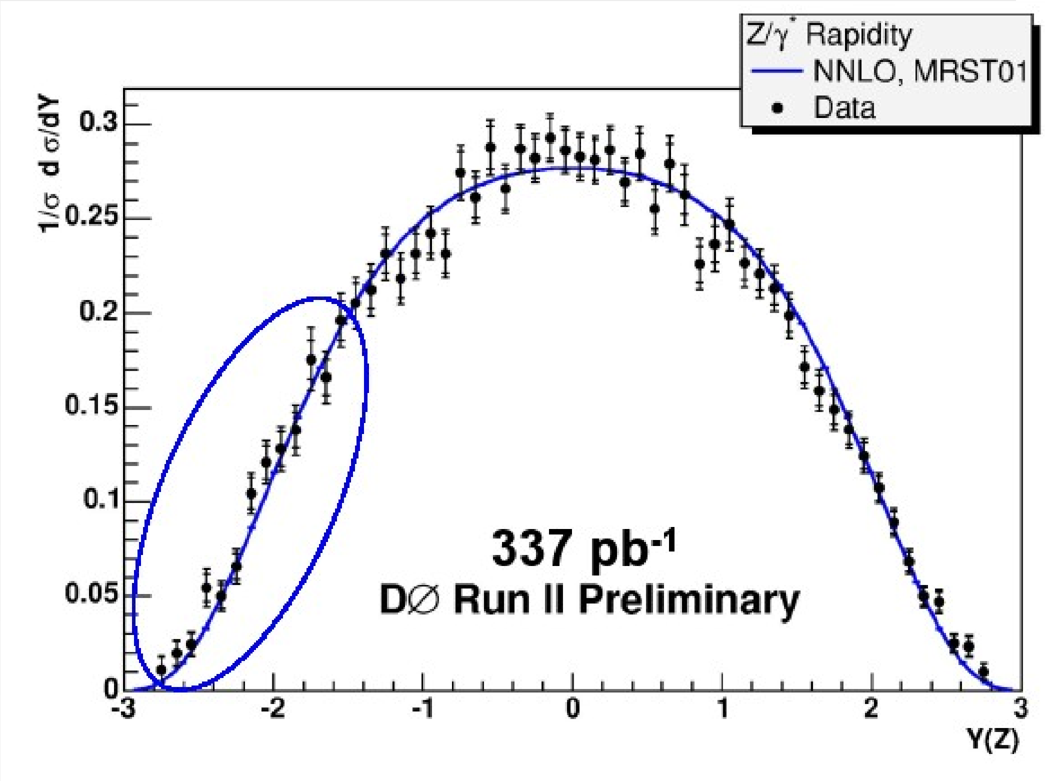
nécessité de reconstruire des électrons à l'avant (voir talk de Mohamed Aharrouche)

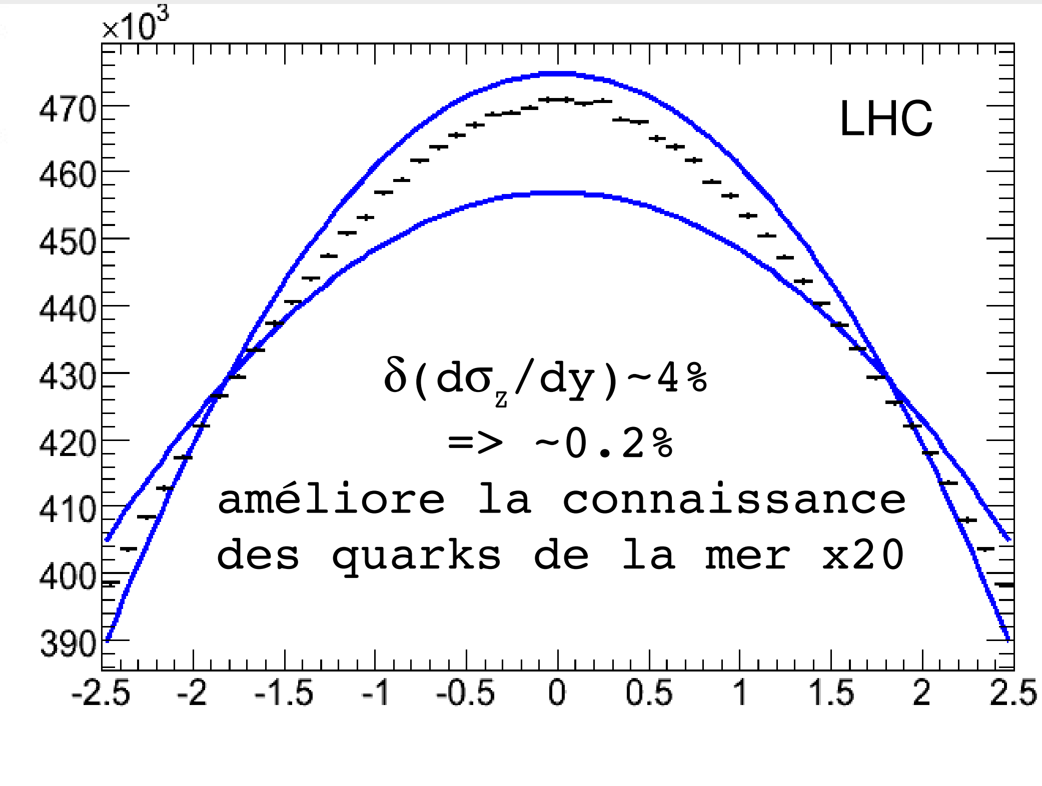
=> utile pour la production de **W' et Z'**

si y=4.5, x_1=0.6 : correspond à une masse de ~8 TeV

sensibilité au LHC jusqu'à ~5 TeV

Amélioration sur les fonctions de structure





Tevatron : x ~ 0.1
- PDF bien connues
- Z->ll permet de valider les modèles

LHC : x ~ 0.01
- PDF moins bien connues
- Z->ll permet de contraindre les modèles

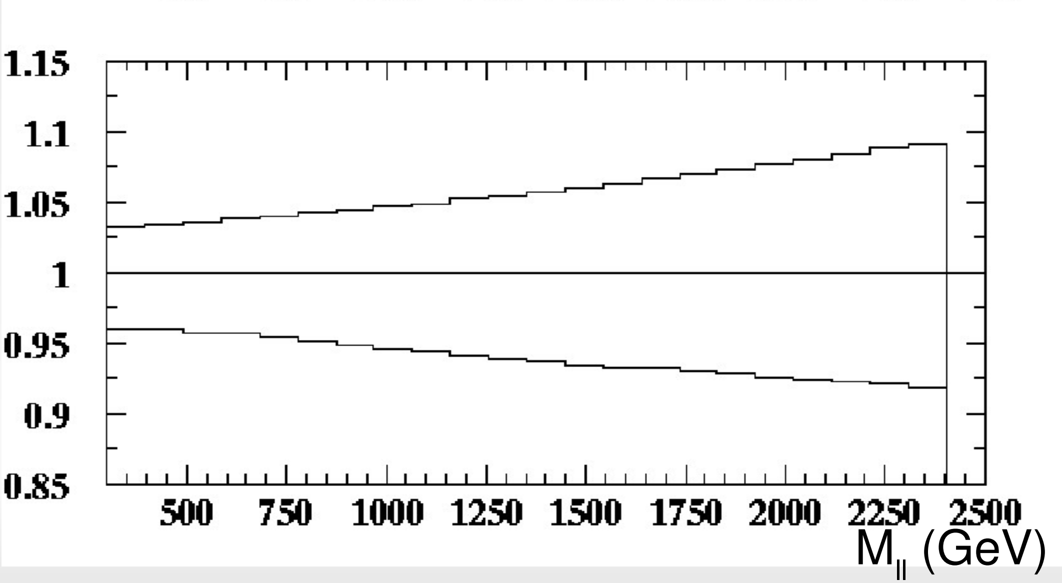
Exemples d'améliorations sur les mesures de physique

Masse du W :

La distribution en rapidité du W est corrélée à celle du Z.

La mesure de $d\sigma_Z/dy$ contraint $d\sigma_W/dy$.

=> impact direct sur l'erreur de M_W (voir talk de Nathalie Besson).



Incertitude due aux fonctions de structure sur M_{l+l-} : 5-10%

mieux contraindre les PDFs a un impact direct pour le Z'

Motivation pour $\sigma(Z->ll)$ vs pt_Z

- processus durs à **haut pt_Z**:
  - qg -> qZ
  - qq -> Zg

  => premier ordre en α_s: sensible à α_s

- processus dur à **petit pt_Z**:
  - qq -> Z

  pollué par la **parton shower**:

  processus non perturbatif

  => effet universel au LHC

  => intéressant à contraindre

Méthode classique

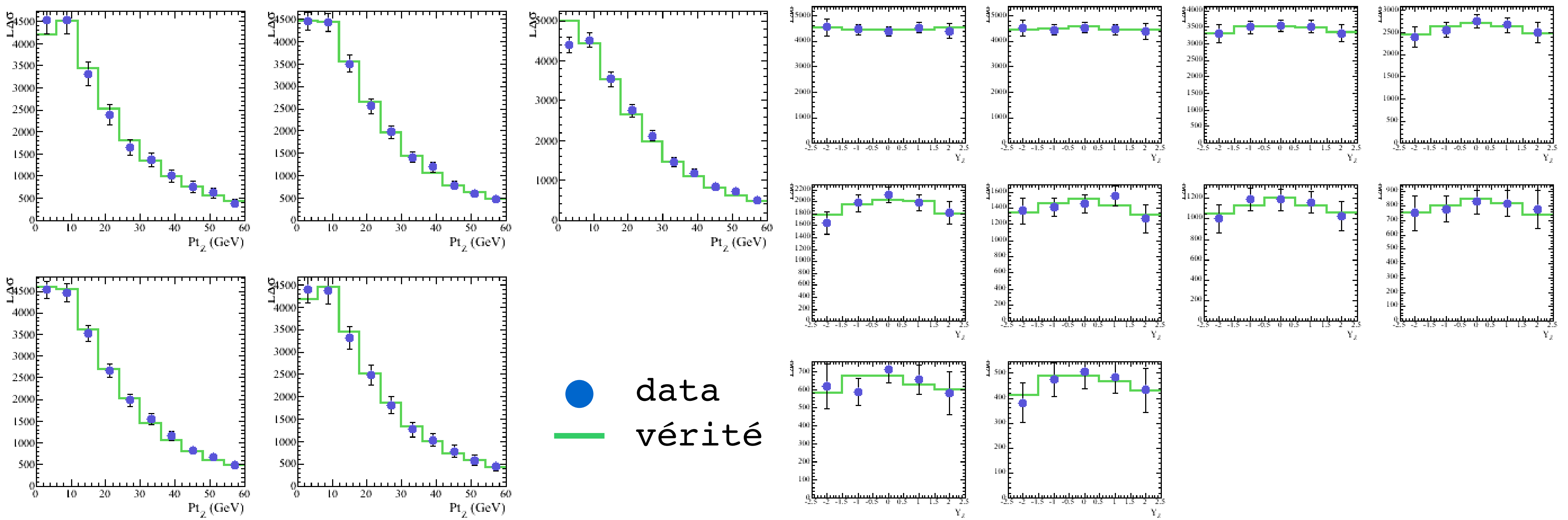
- On définit des bins α en y et p_t du Z
  - dans chaque bin : $L\Delta\sigma^\alpha = \varepsilon^\alpha A^\alpha N^\alpha$
  - on calcule ε^α et A^α sur le Monte-Carlo
  - on mesure N^α sur les données
  - on en déduit $\partial^2\sigma/\partial y \partial pt$
- Méthode simple et robuste, même à faible statistique
- Mais : il faut faire confiance au MC

Résultats LΔσ versus pt_Z et y_Z

10 bins pt_Z (0,60 GeV) et 5 bins y_Z (-2.5,2.5)

200 000 événements Z->ee (CSC12)

~ 650 pb^{-1}, soit 1 mois à basse lumi ($10^{33}cm^{-2}s^{-1}$)



Méthode plus évoluée

- Z->ll : on connaît tous les paramètres de l'espace de phase du Z (M,y,pt) et des leptons (Et,η)
- on range les événements dans des bins α pour le Z et (i,j) pour les leptons
- on se place dans un bin α (pt,y) du Z
- pour chaque bin (i,j) en (Et,η) des leptons, on a:

$$N^{\alpha}_{ij} = \varepsilon_i \varepsilon_j P^{\alpha}_{ij} \; (L \Delta\sigma^{\alpha})$$

Nb d'événements avec ll dans le bin i ll dans le bin j

efficacité

Probabilité qu'un Z se désintègre en ll dans les bins ij

- sysème surcontraint qu'on linéarise, puis résout (SVD) pour obtenir les ε_i.

Calcul de $L\Delta\sigma^\alpha$

- les ε_i ne dépendent pas de α => on calcule leur moyenne pondérée

- dans un bin α du Z donné, on peut écrire pour chaque bin (i,j) des leptons :

$$L\Delta\sigma^\alpha = N^\alpha_{ij}/(\varepsilon_i\,\varepsilon_j\;P^\alpha_{ij})$$

où les ε_i sont les valeurs moyennées

- on obtient $L\Delta\sigma^\alpha$ en calculant la moyenne pondérée sur les (i,j)

- il reste un facteur global, mais on s'intéresse surtout à la forme de la distribution

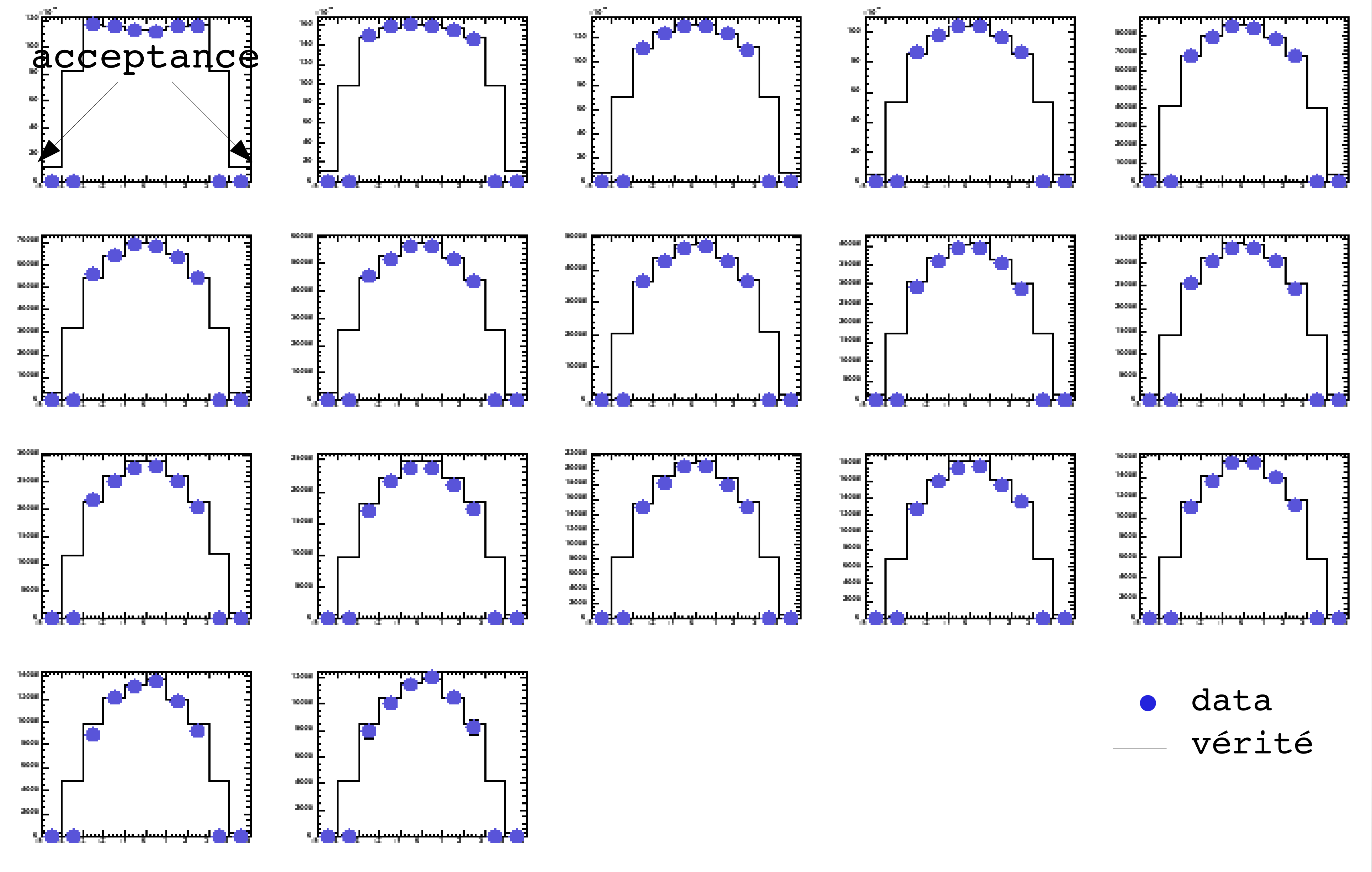
Intérêt /ʳ méthode «classique»

- on mesure les efficacités sur les données
- on utilise les corrélations entre bins
- seul input MC : les P_{ij}, mais bien connus :
  - peu d'incertitudes sur la désintégration du Z en leptons
  - effets d'acceptance fiables
- méthode validée avec une simulation rapide (Atlfast) avec beaucoup de stat (10 millions de Z->ee, soit 30 fb^{-1})
- tests en cours sur les CSC, mais problème de faible statistique

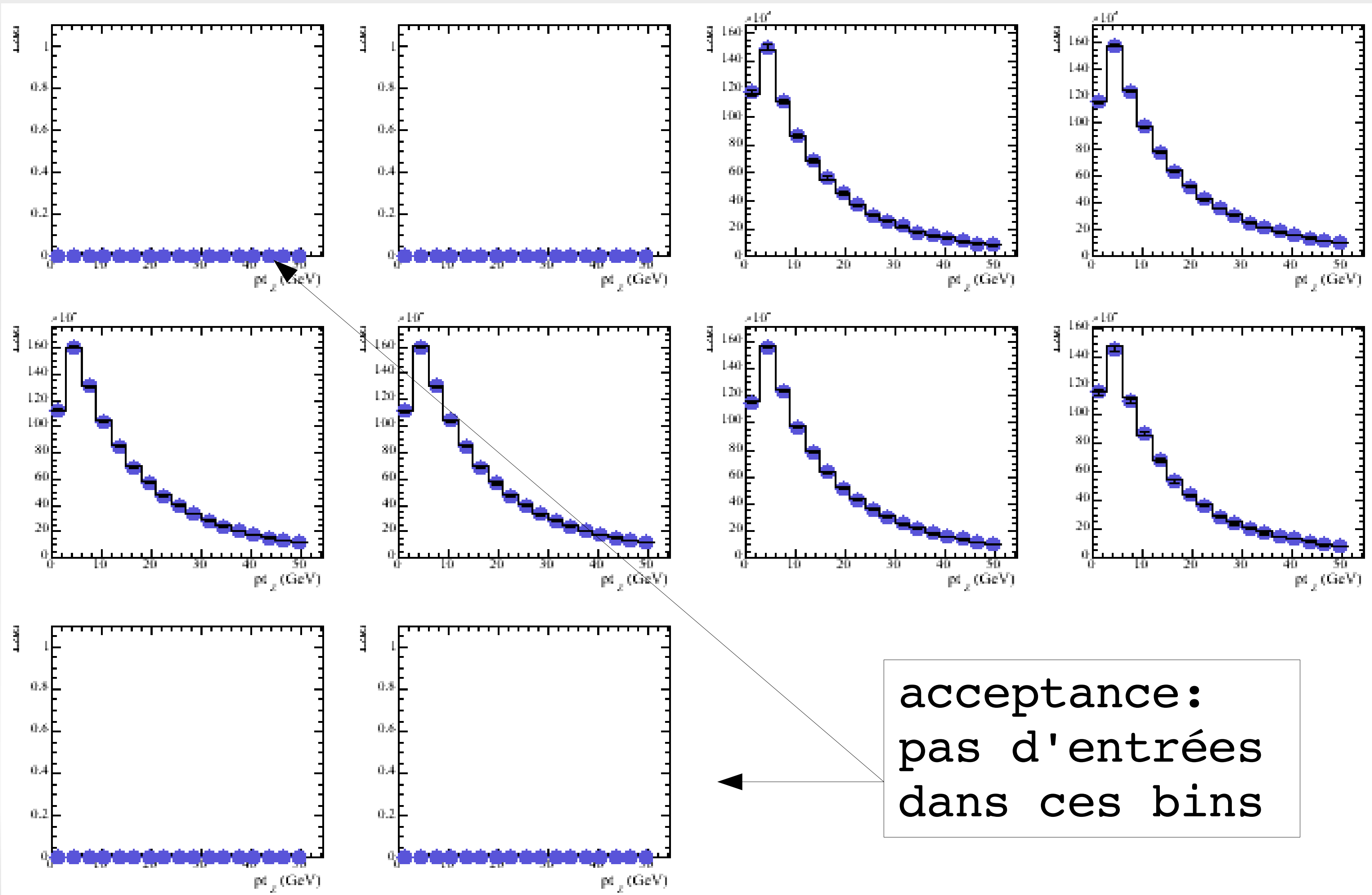
Test de la méthode avec Atlfast

- 10 millions de Z->ee, soit 30 fb^{-1}
  - 10 bins en y_Z, $y_Z \in [-5,5]$
  - 17 bins en pt_Z, $pt_Z \in [0,51]$ GeV
    - bins de 3 GeV pour voir le pic vers 5 GeV
  - 20 bins en η, $\eta \in [-5,5]$
  - 14 bins en Et, Et $\in [10,80]$ GeV
- toutes les étapes ont été validées : on reproduit correctement la forme de $\partial^2\sigma/\partial y \partial p_t$.

LΔσ versus yZ



$L\Delta\sigma$ versus $p_t Z$



Application aux CSC12

- **Faible statistique :**
  - SVD basée sur des moindres carrés: approximation gaussienne

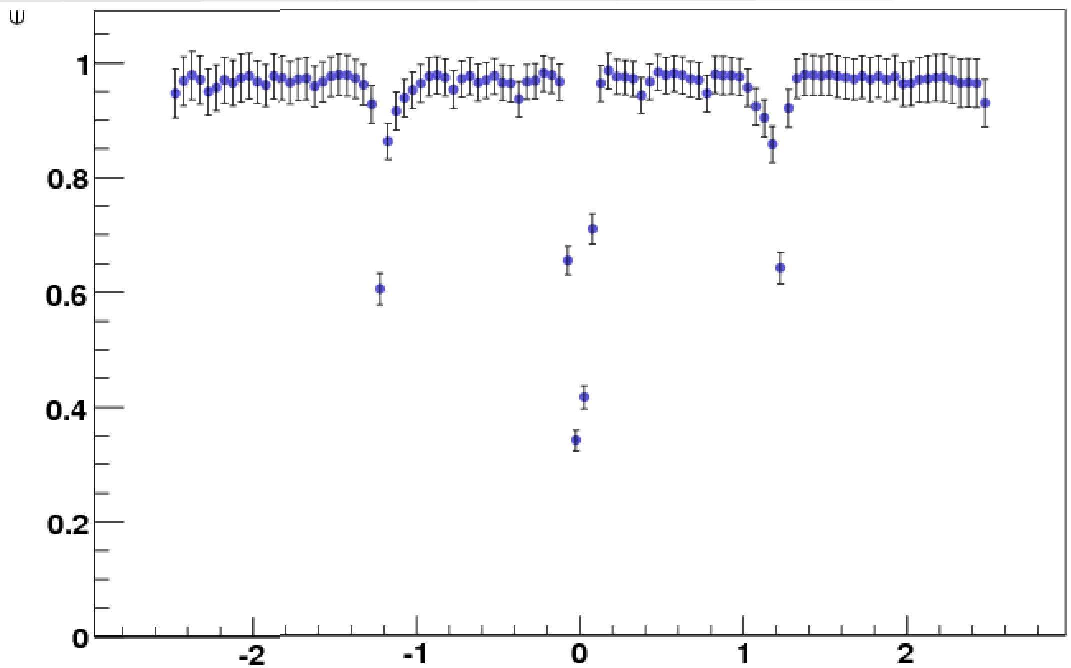
  => on fitte les ε_i par maximum de vraisemblance, avec des probabilités poissoniennes

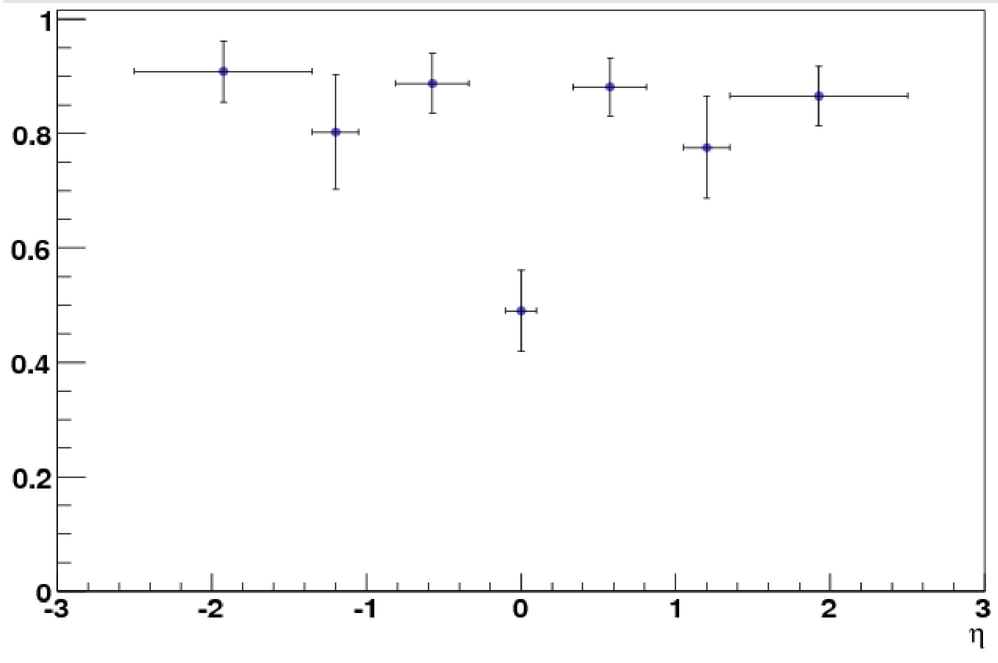
  - problème de largeur des bins :
    - si ε_i n'est pas constante dans le bin i (cracks), l'hypothèse que ε_i ne dépend pas de α peut être fausse
- Méthode testée avec 140000 $Z \to \mu\mu$
  - efficacité des muons ne dépend pas de E_t :

  1 seul bin en E_t

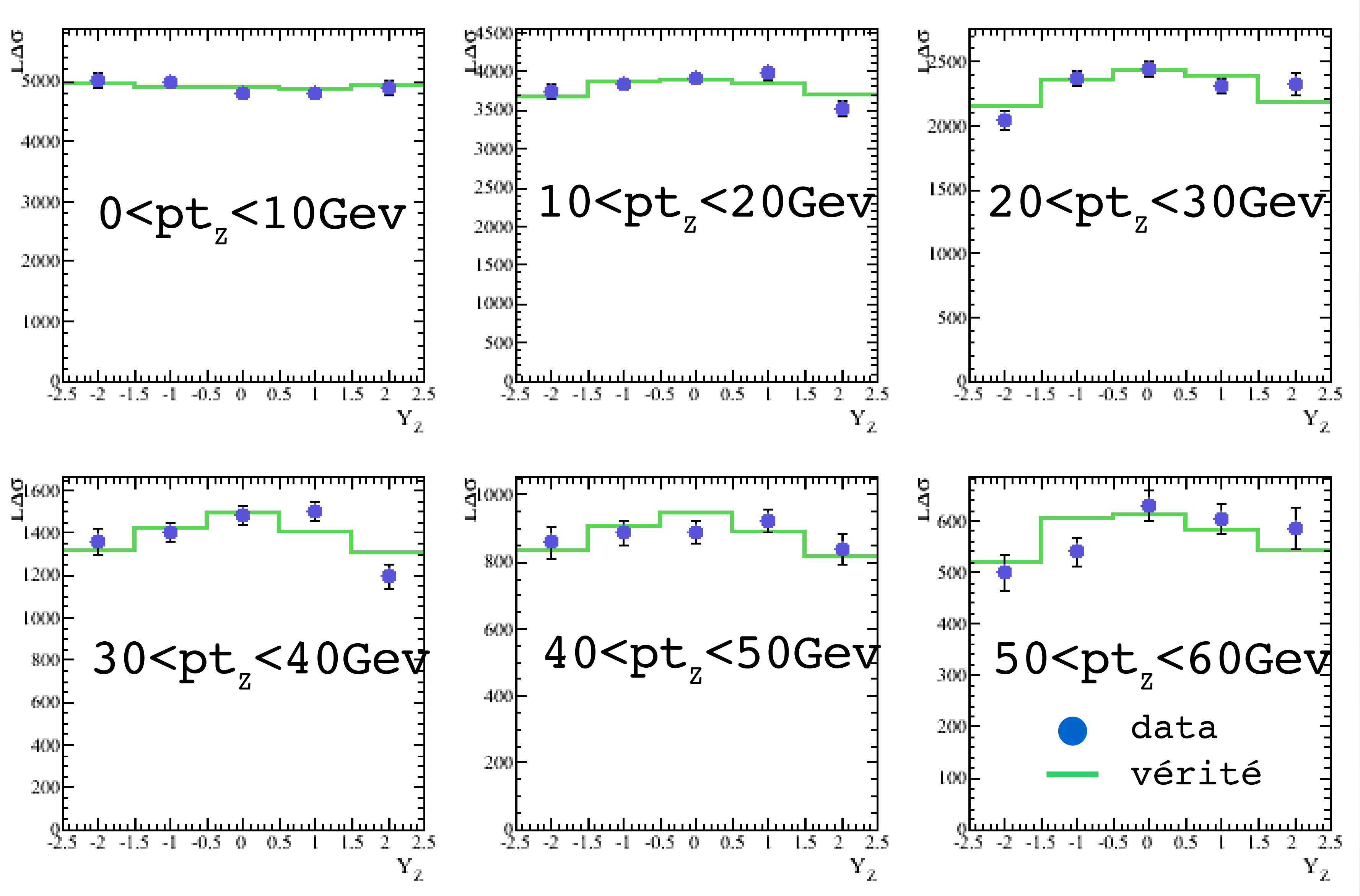
Binning «tuné»

On définit un binning en η des muons :
- reproduit les cracks
- efficacité constante ailleurs

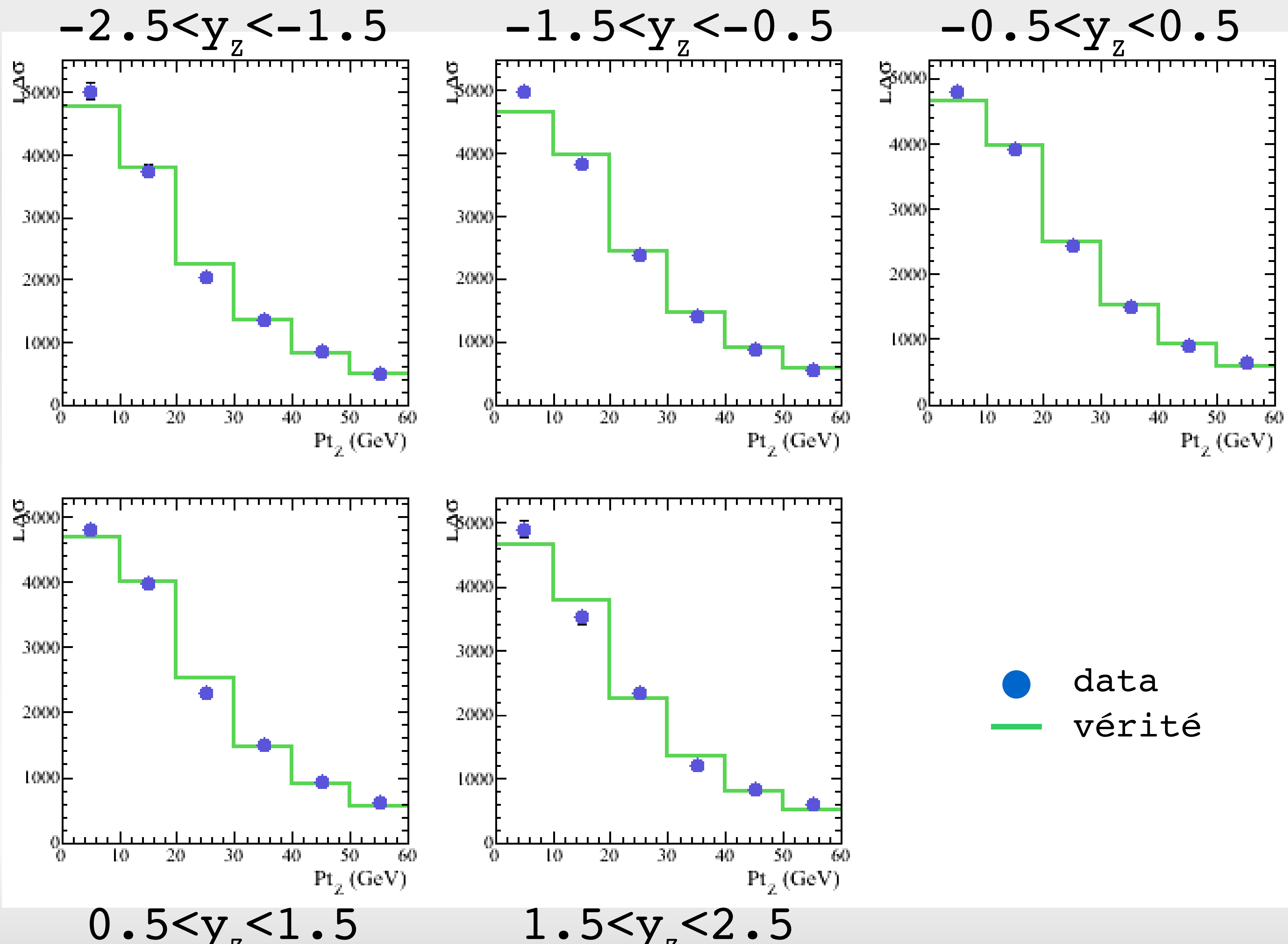




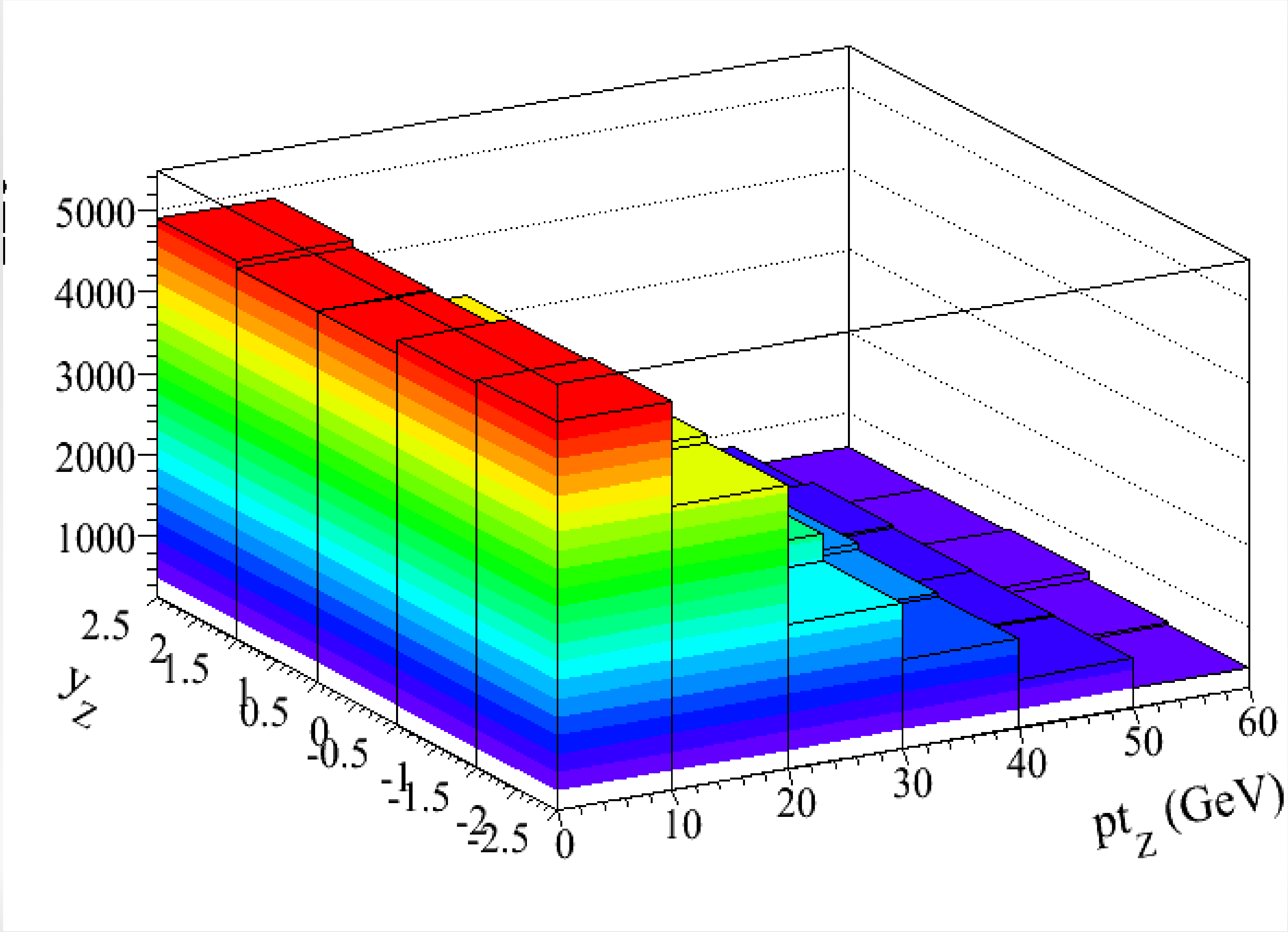
LΔσ versus y_z (préliminaire)



LΔσ versus pt_Z (préliminaire)



Plot 2D



5000
4000
3000
2000
1000
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
y_Z
0
10
20
30
40
50
60
pt_Z (GeV)

Conclusion

- mesure de la section efficace différentielle du Z très importante pour les **systématiques** de nombreux processus physiques
- méthode classique réalisable très rapidement
  - un des **premiers résultats de physique** du LHC
- méthode plus élaborée
  - plus difficile à mettre en oeuvre à basse statistique
  - mais est vue comme une **amélioration** à haute statistique