



Journées Rencontres Jeunes Chercheurs  
Barbaste, 30/11 au 5/12 2009



# Étude des dibosons dans Atlas et performances du spectromètre à muons sur les cosmiques

**Eve Le Ménédeu**

Sous la direction de Ahmimed Ouraou

# Petit plan de l'exposé

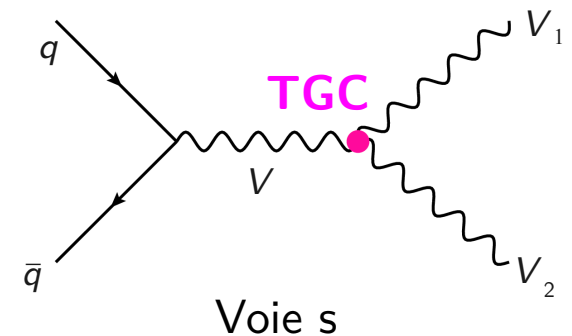
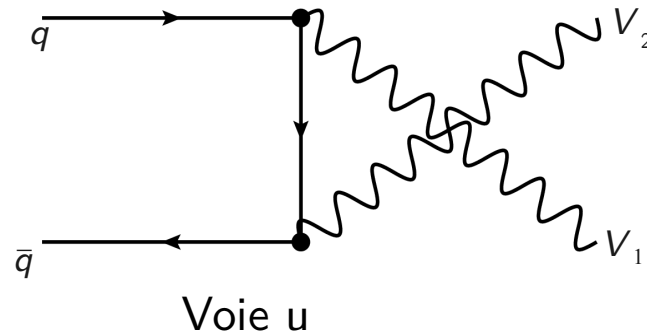
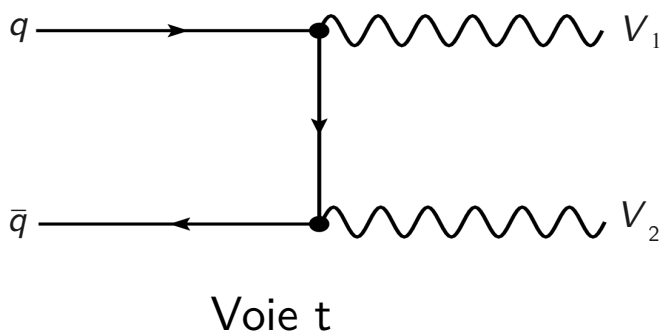
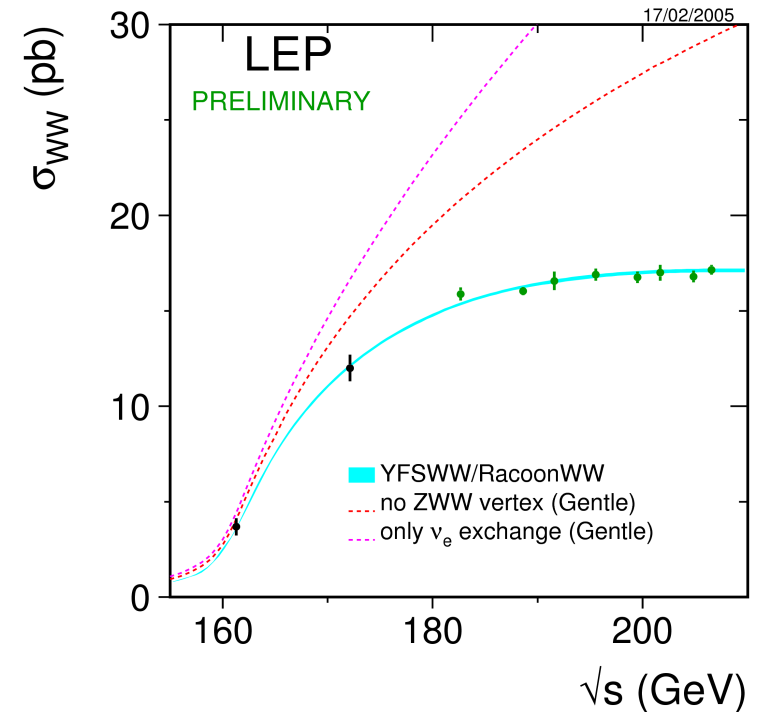
- Un petit peu de théorie... (les dibosons)
- Associée à un grand détecteur (Atlas)
- Vue par un type de particules (les muons)

# Les dibosons : rappels W, Z

- Dibosons  $\rightarrow$  2 bosons électrofaibles dans le même événement
  - Bosons électrofaibles =  $W^\pm$  et Z
    - $W$  = boson chargé, masse :  $80,398 \pm 0,025$  GeV
    - $Z$  = boson neutre, masse :  $91,1876 \pm 0,0021$  GeV
  - Canaux de désintégration regardés ici :
    - $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$  : 3,36 %
    - $W \rightarrow \mu\nu$  : 10,57 %

# Les dibosons : leur production

- Dibosons  $\rightarrow$  2 bosons électrofaibles dans le même événement
  - $SU(2)_L \times U(1)_Y$  non abélien  $\rightarrow$  couplages entre bosons vecteurs
  - Couples étudiés :  $WZ$ ,  $WW$ ,  $ZZ$ ,  $W\gamma$ ,  $Z\gamma$
  - Événements observés (LEP II et TeVatron)
  - Diagrammes de Feynman :



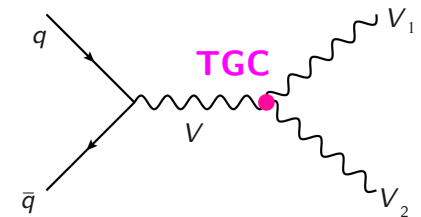
# Pourquoi les chercher ?

- Pour sonder le Modèle Standard !

- Diagramme de production des ZZ n'existe pas dans la voie s à l'ordre des arbres → augmentation de la section efficace = physique au-delà du Modèle !

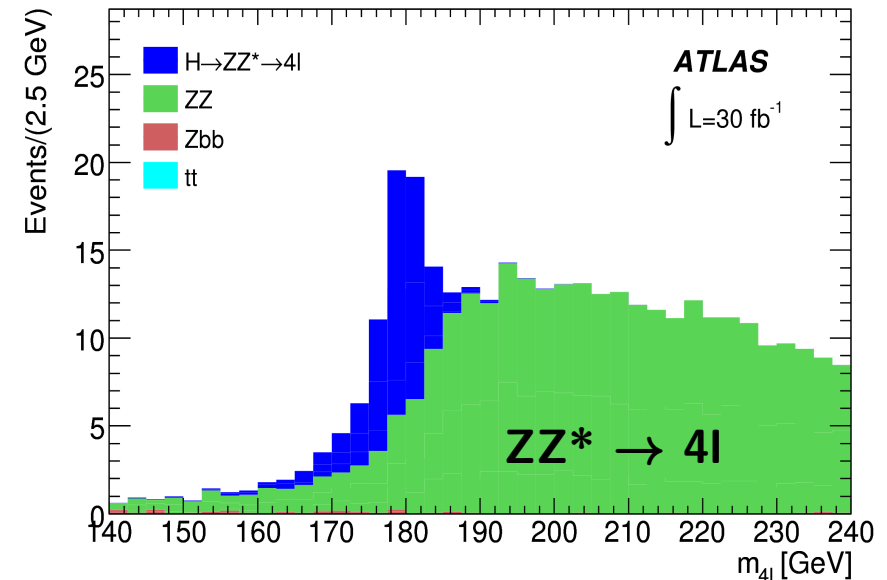
- Exemple de modèle :

- Bosons composites
- Supersymétrie
- ...



- Bruit de fond du Higgs

- Pour les canaux de désintégration du Higgs en  $WW$  et  $ZZ^*$ , accessibles pour  $m_H > 160$  GeV

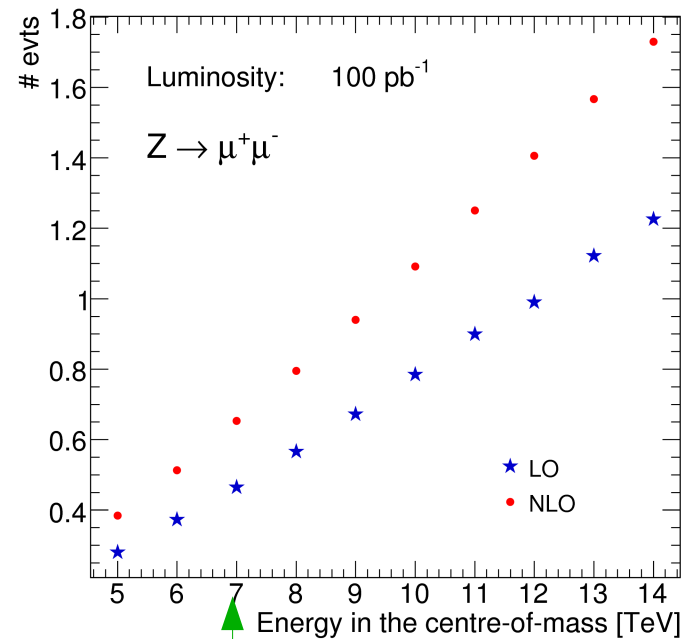


# Nombre d'événements attendus

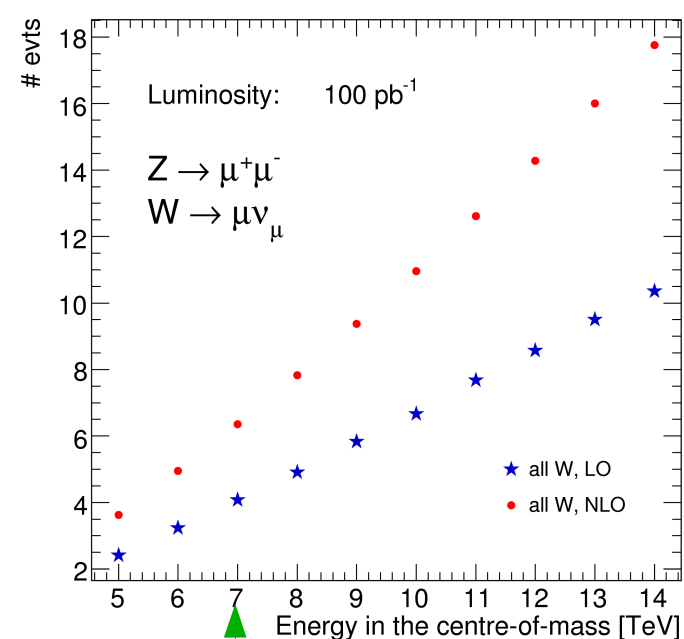
Section efficace (Modèle Standard) \* luminosité intégrée attendue en 2010  
 (soit au moins  $100 \text{ pb}^{-1}$ )  
 Uniquement dans le canal muons.

LO : ordre des arbres  
 NLO : 1 boucle

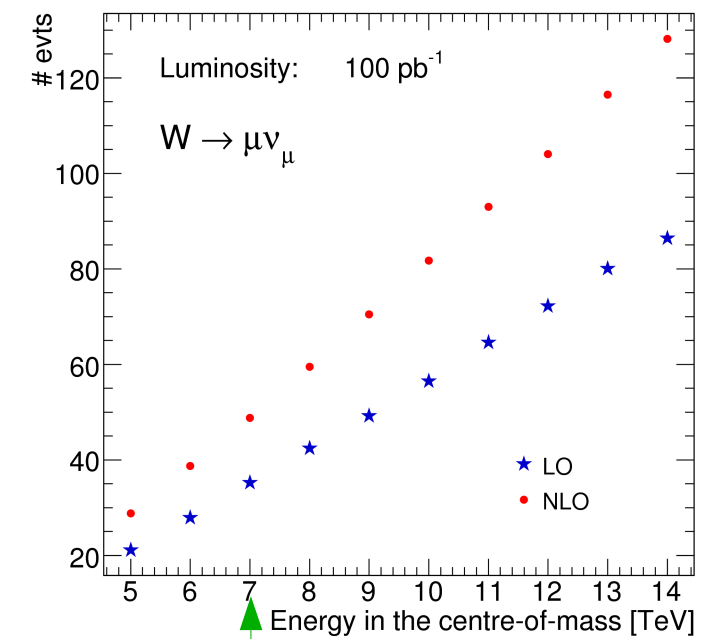
Number of events for ZZ



Number of events for WZ



Number of events for WW



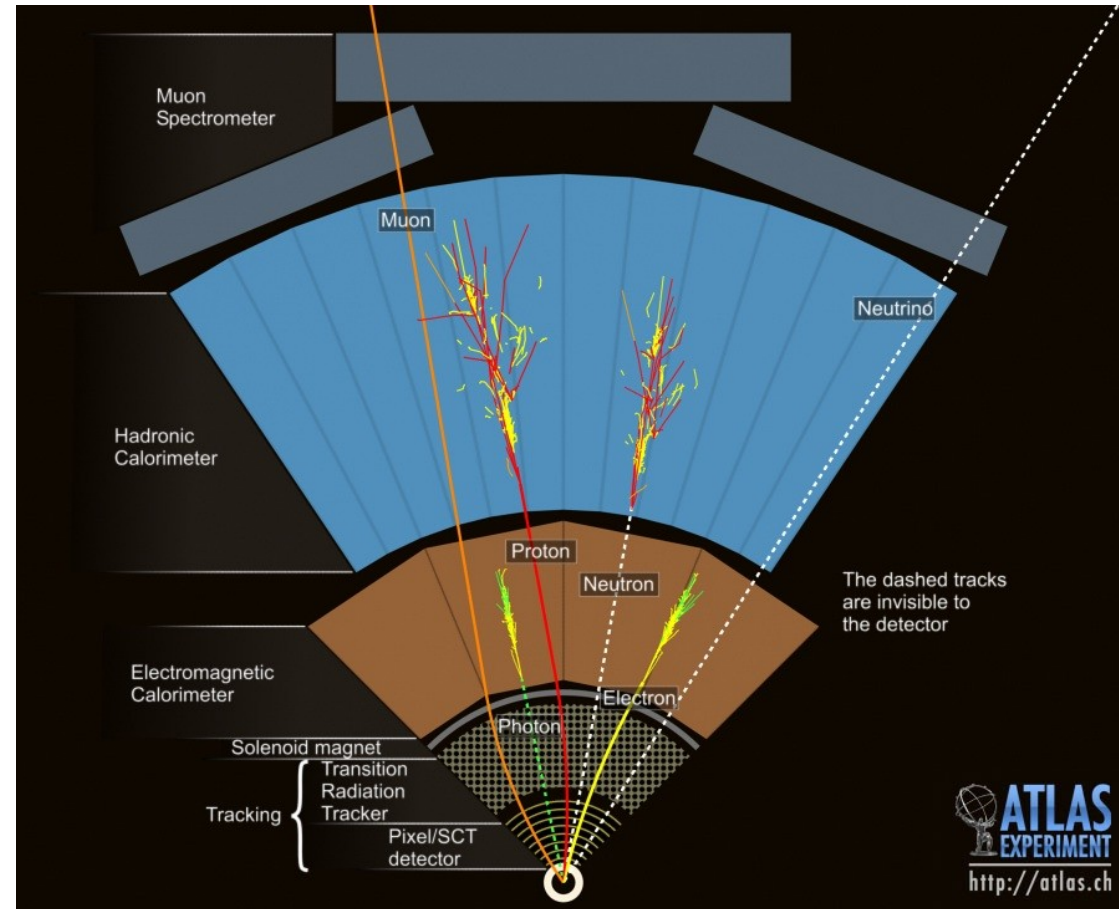
Énergie prévue : 7 TeV, énergie nominale : 14 TeV

Remarque : les échelles sont très différentes...

Résultats suivants : pour les leptons e,  $\mu$   
 $\rightarrow$  4 fois plus d'événements attendus (ee,  $\mu e \mu e$  et  $\mu\mu$ )

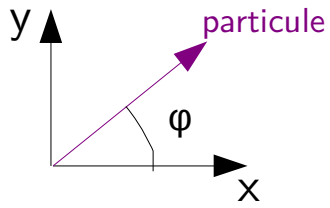
# « Particules » détectées

- Mesure des leptons
  - **Électrons** grâce au calorimètre électromagnétique + détecteur interne
  - **Muons** grâce au spectromètre à muons + détecteur interne
- Énergie manquante pour les **neutrinos** :
  - À l'avant : trou dans l'acceptance dû au passage du faisceau
  - Méconnaissance de l'énergie de collision entre les deux quarks
  - Dans le plan transverse  $\Sigma p_T \sim 0$   
→ on raisonne en énergie transverse manquante.



# Comment les observer ?

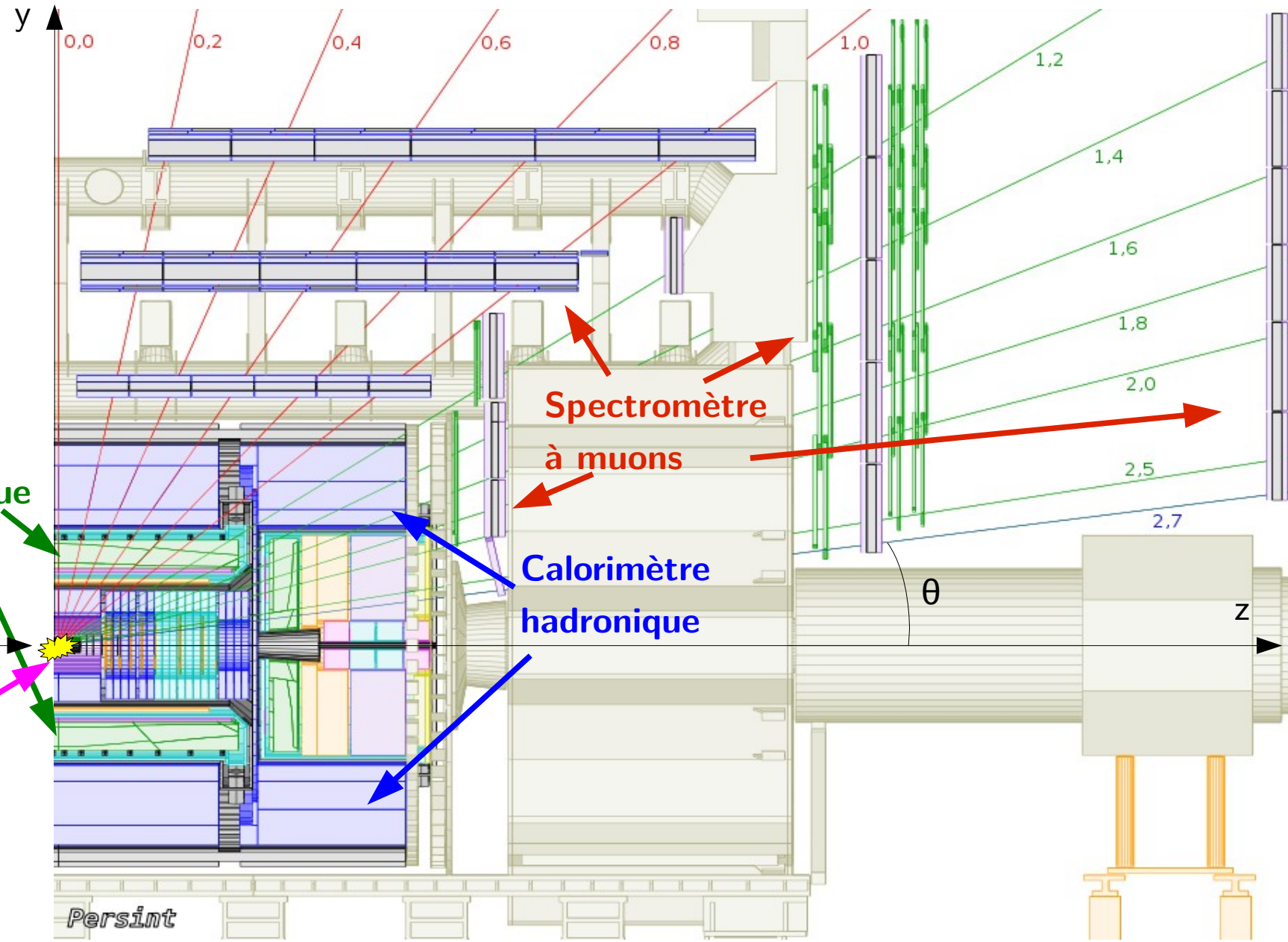
- Eta → barrel
- Eta → end-cap
- Eta → lost...



Calorimètre électromagnétique

Point d'interaction

Détecteur interne

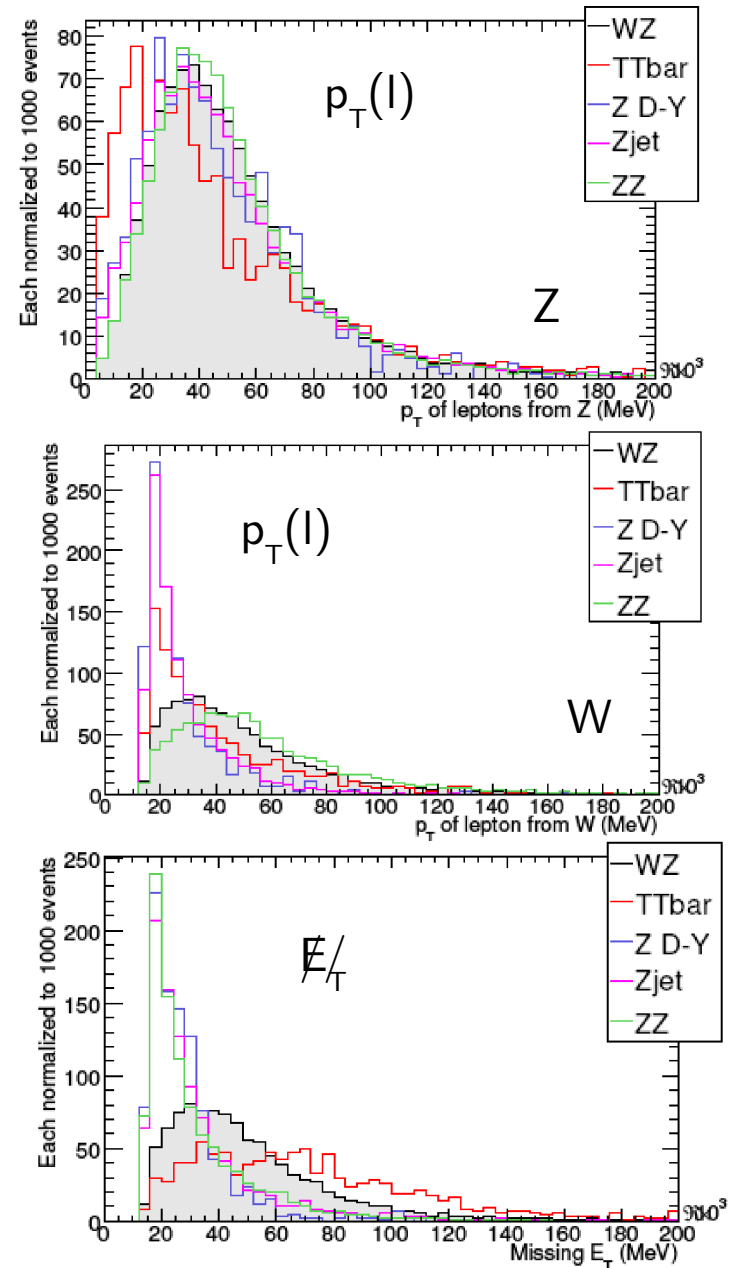




# Sélections des dibosons : les WZ

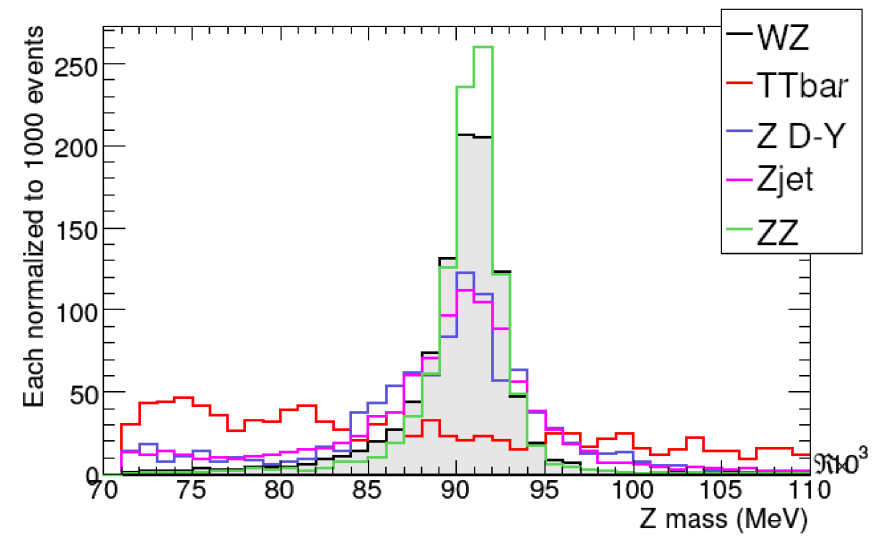
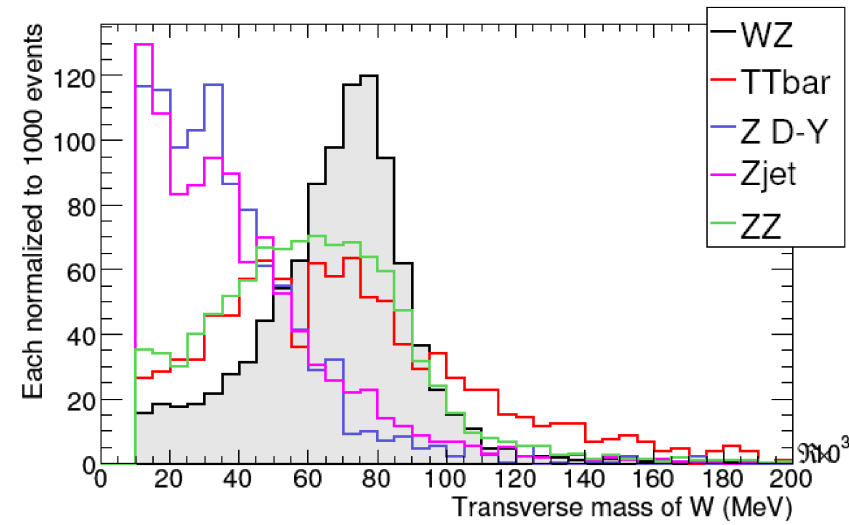
- $Z \rightarrow |^+|^-$  et  $W \rightarrow | \nu$  avec  $l = e, \mu$
- On attend donc 3 leptons isolés et 1 neutrino (soit de l'énergie transverse manquante)
- Énergie
  - $p_T > 10$  GeV pour les 3 leptons
  - $\cancel{E}_T > 25$  GeV
- Masses
  - $|M_Z - M_W| < 12$  GeV
  - $40 \text{ GeV} < M_T(\cancel{E}_T, l_3) < 120 \text{ GeV}, p_T(l_3) > 20 \text{ GeV}$
- Isolation
  - Cône :  $\Delta R(l_i) > 0,2$
  - $\Delta\phi(\cancel{E}_T, l_3) > 0,1$

$$\Delta R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2}$$



$\cancel{E}_T$  = énergie transverse manquante

# Reconstruction des W et Z



## Efficacité de reconstruction dans le cas $l = e, \mu$

Rapports de branchement :

$Z \rightarrow ll : 3,36 \%$

$W \rightarrow lv : 10,6 \%$

En prenant les sections efficaces NLO à 14 TeV ( $\sigma_{tot} = 47,8 \text{ pb}$ , soit 680 fb en leptons)

On pense récupérer : **5,3 événements WZ** pour  $L = 100 \text{ pb}^{-1}$  (soit  $\sim 7,7 \%$  des événements)

Et 0,73 événements de fond.

# Couplages anormaux pour les WZ

$$L/g_{WWV} = ig_1^V (W_{\mu\nu}^* W^\mu V^\nu - W_{\mu\nu} W^{*\mu} V^\nu) + i\kappa^V W_{\mu\nu}^* W_\nu V^{\mu\nu} + \frac{\lambda^V}{M_W^2} W_{\rho\mu}^i W_\nu^\mu V^{*\nu\rho}$$

avec  $g_{WWZ} = -e/\tan(\theta_W)$ ,  $g_{WW\gamma} = -e$  et  $V=Z$  ou  $\gamma$

Dans le cas du Modèle Standard :  $g_1^V = \kappa^V = 1$   
 $\lambda^V = 0$

On évalue les couplages anormaux grâce à :

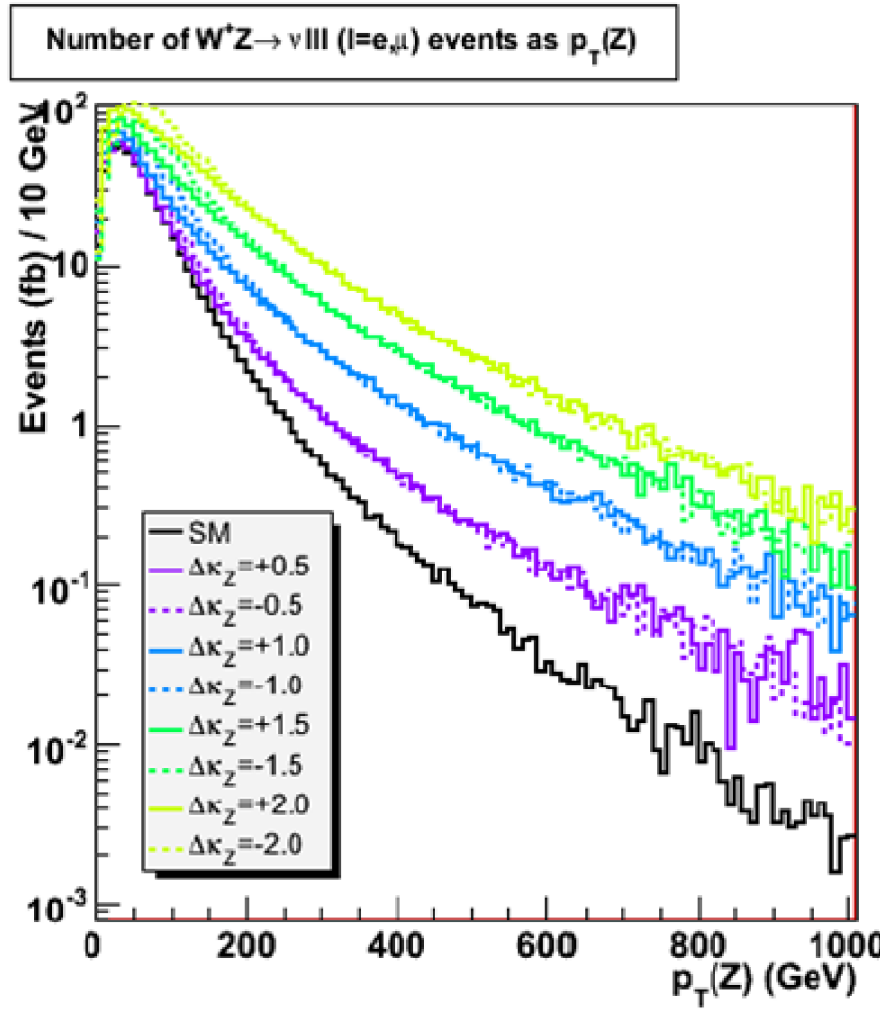
$$\Delta g_1^Z \equiv g_1^Z - 1, \quad \Delta \kappa_\gamma \equiv \kappa_\gamma - 1, \quad \Delta \kappa_Z \equiv \kappa_Z - 1, \quad \lambda_\gamma, \quad \lambda_Z$$

$g_1^\gamma = 1$  ← Invariance de jauge électromagnétique

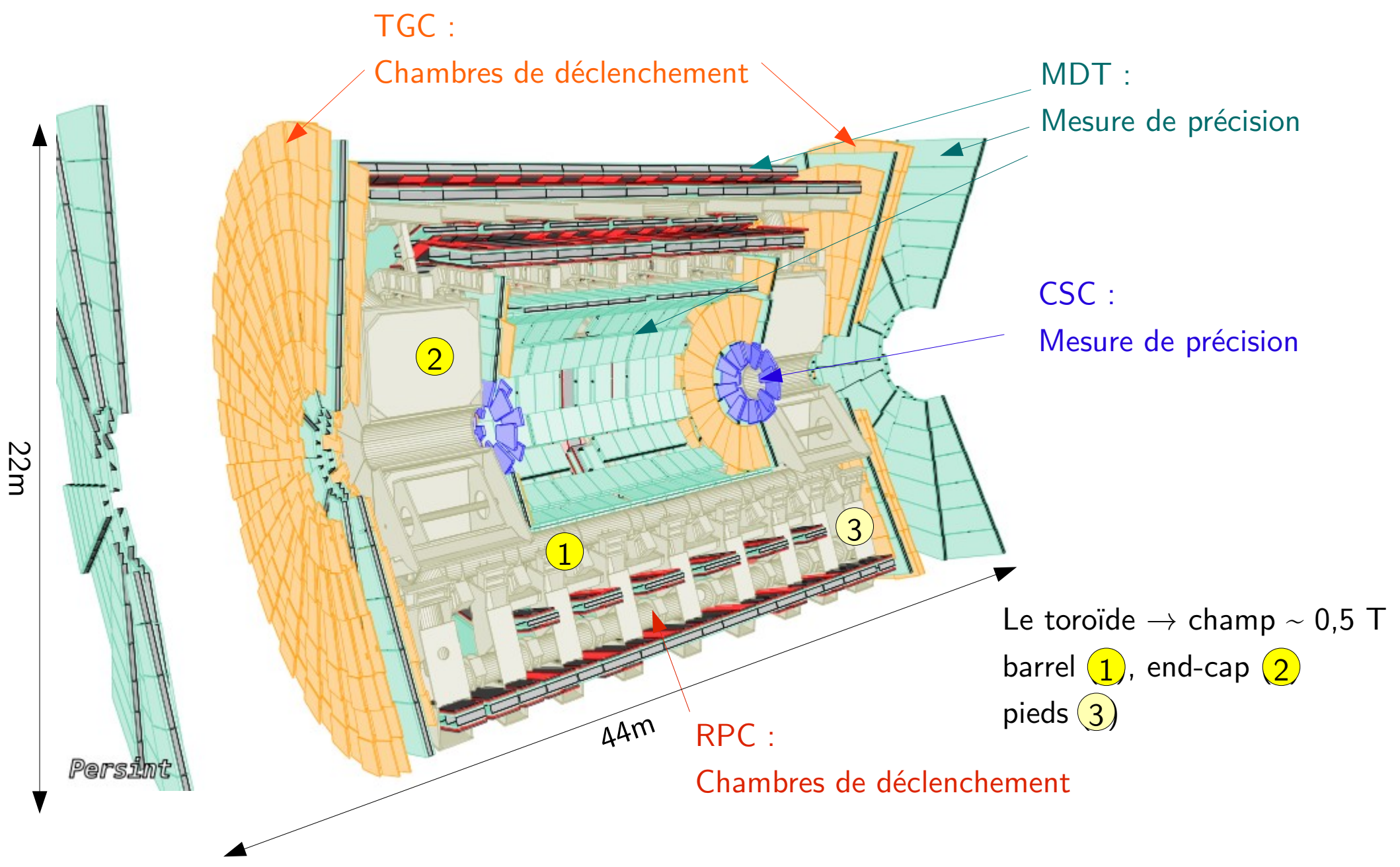
Remarque : introduction d'un « cutoff » pour éviter la violation de l'unitarité  $\Delta \kappa(\hat{s}) = \frac{\Delta \kappa}{(1 + \hat{s}/\Lambda^2)^n}$

Les couplages anormaux se détectent principalement grâce à 2 distributions :

- Sections efficaces
- $p_T$  des Z



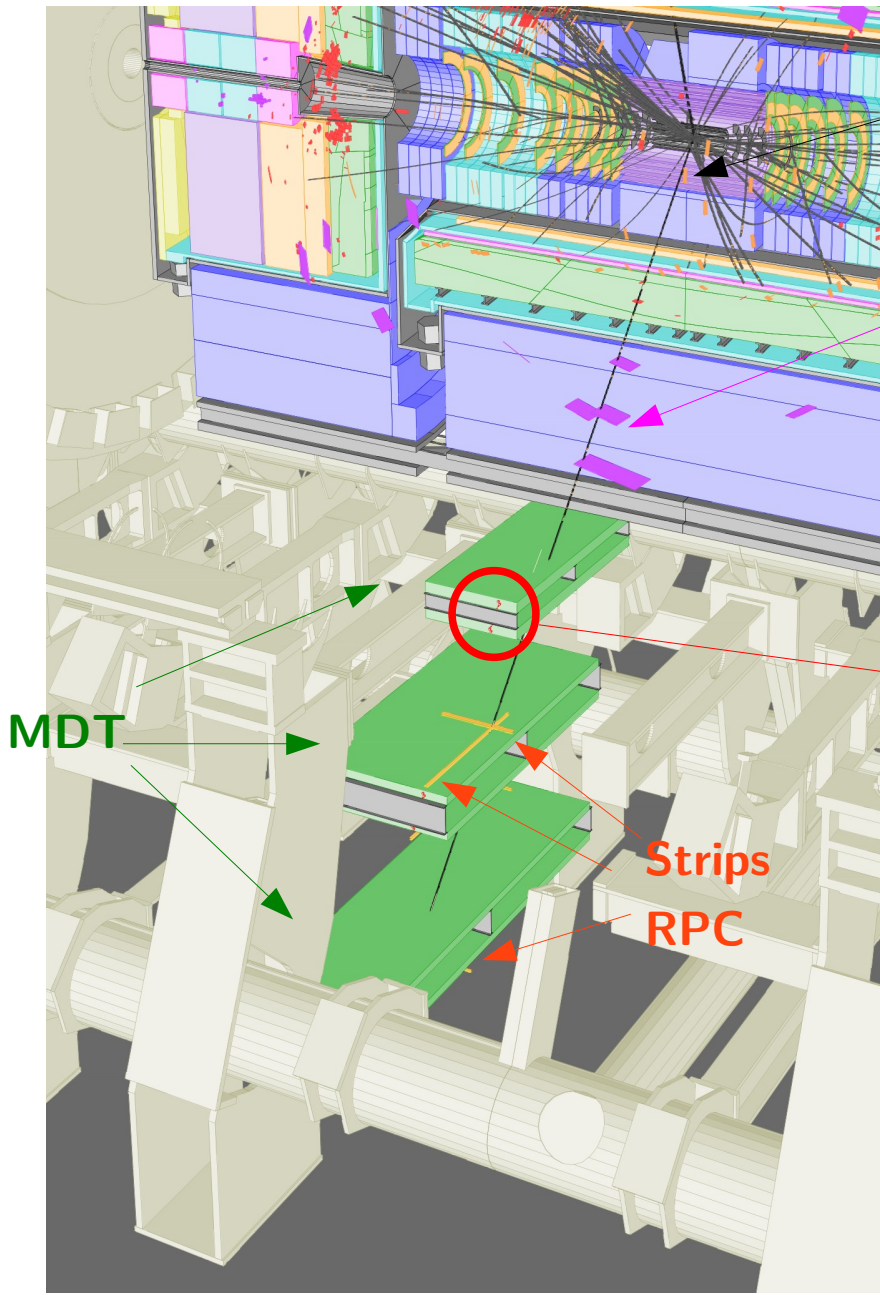
# Le spectromètre à muons





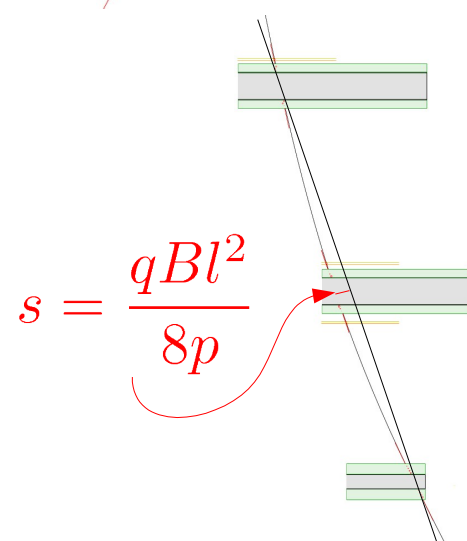
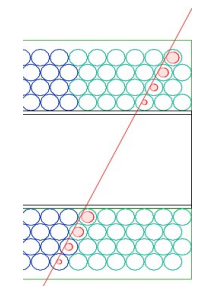
# La détection des muons

- **Faite grâce à 2 détecteurs**
  - Détecteur interne qui voit toutes les traces chargées
  - Spectromètre à muons qui sert à les identifier et à affiner les mesures
  - Faible dépôt d'énergie dans les calorimètre
- **Reconstruction**
  - Chambres de déclenchement touchées → zone d'intérêt
  - Recherche des signaux dans les chambres de précision de ces zones
  - Tracé de segments tangents aux rayons de dérive
  - Ajustement des segments en une trace
  - Détermination de l'impulsion de la particule à partir de la courbure de la trace.



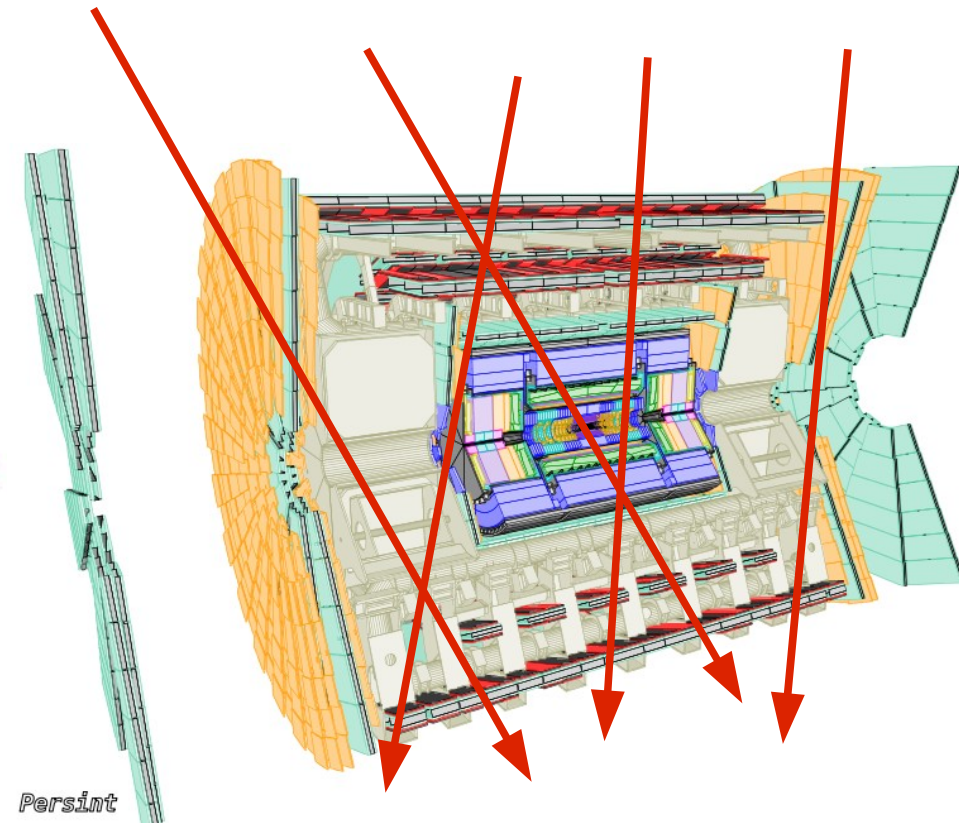
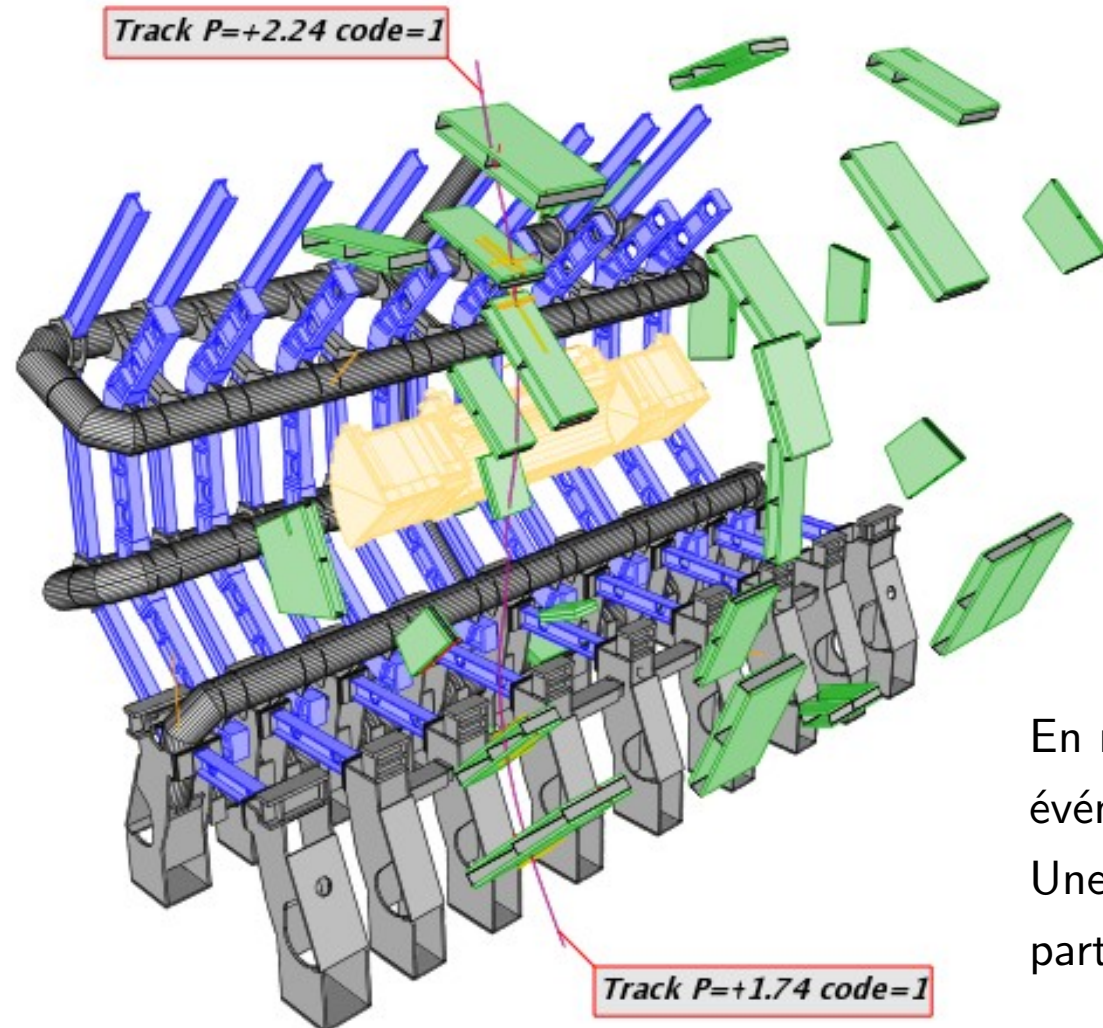
Trace dans détecteur interne

Hits dans calorimètre hadronique  
 Perte d'énergie ~ 3 GeV



# Les cosmiques

Événement de cosmiques  
vu par Atlas.

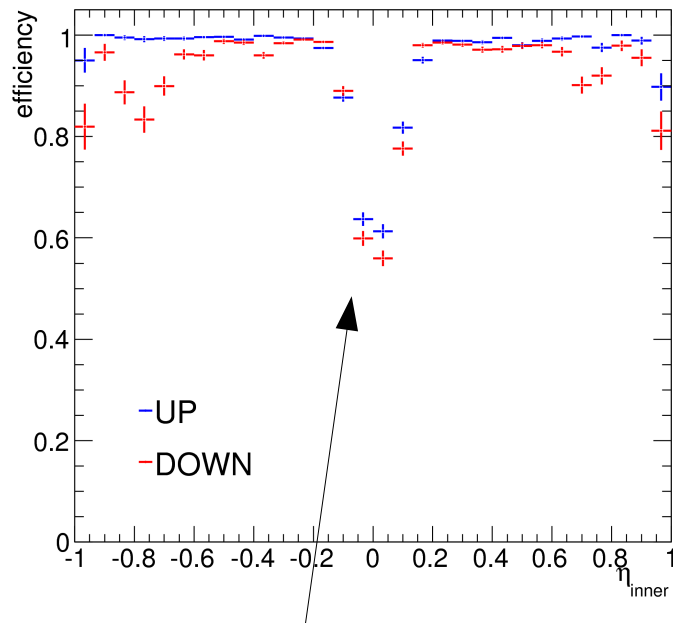


En réalité on reconstruit 2 traces dans un tel événement.

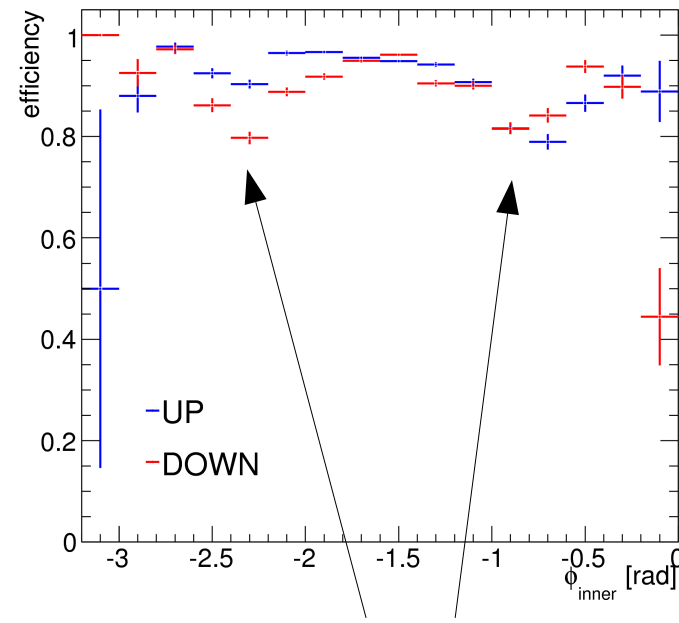
Une trace dans la partie **haute** et une dans la partie **basse** du détecteur.

# Performances d'Atlas avec les cosmiques

- Analyse combinée détecteur interne – spectromètre :
  - À partir d'une trace dans le détecteur interne on cherche s'il y a au moins une trace dans le spectromètre



Inefficacité attendue : passage de câbles des calos et détecteur interne.



Inefficacités dues aux pieds du toroïde

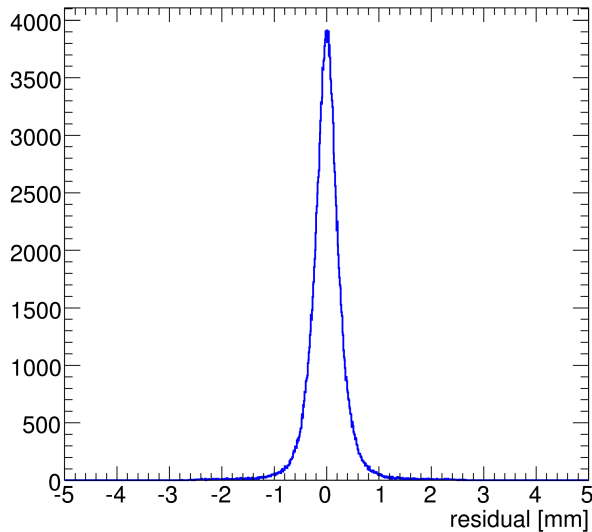
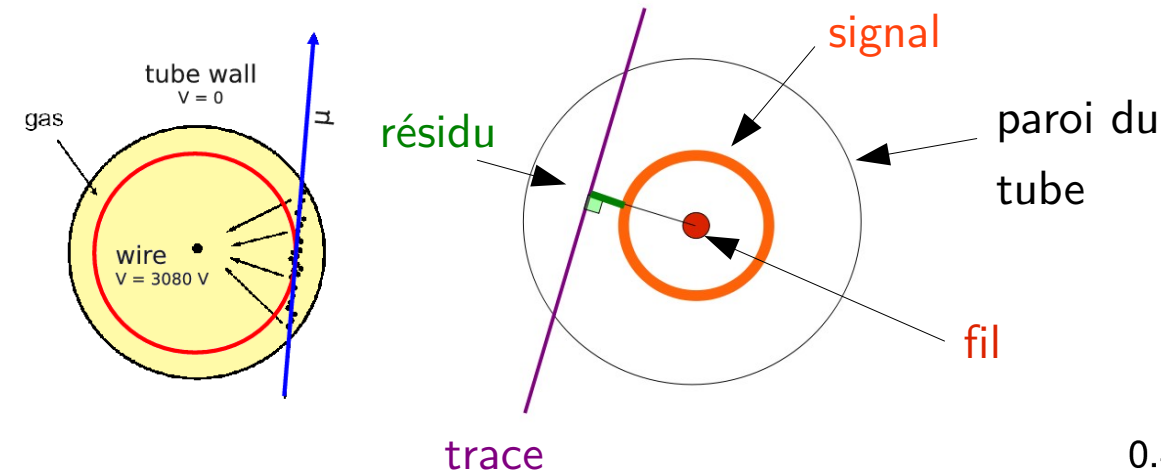
**Efficacité intégrée  
moyenne : 92 %**

# Résolution spatiale du spectromètre

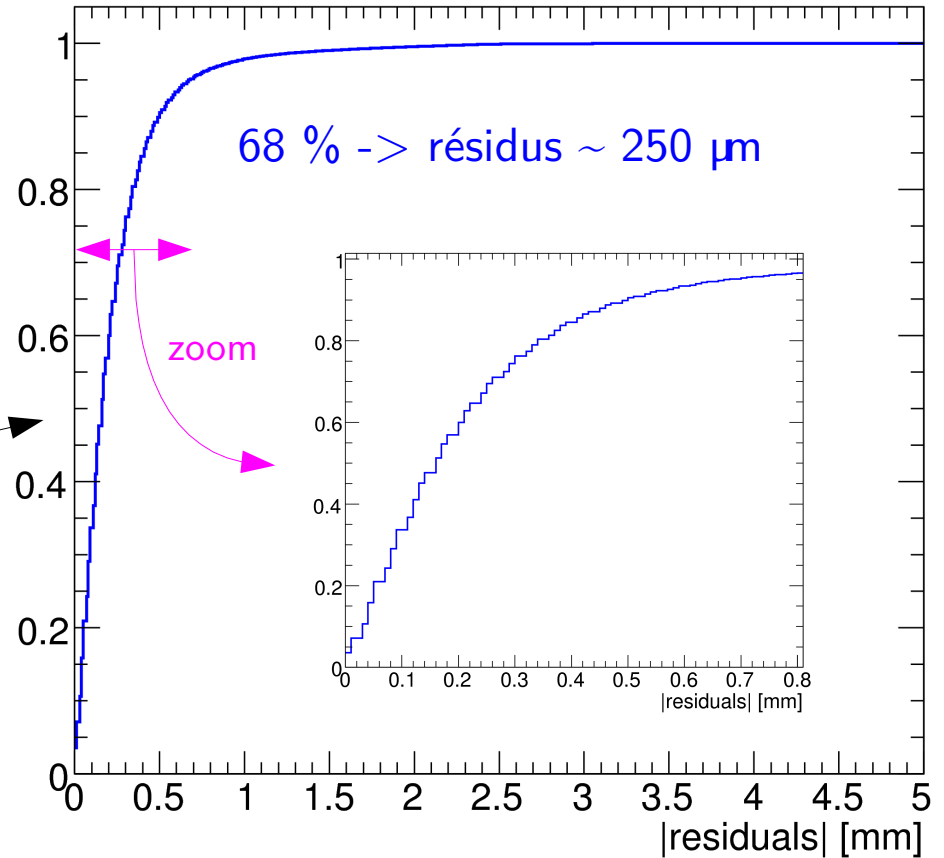
- À partir des hits et des MDT

Mesure en **temps**

Cosmiques pas en temps → ajustement d'un temps de référence T0



intégration

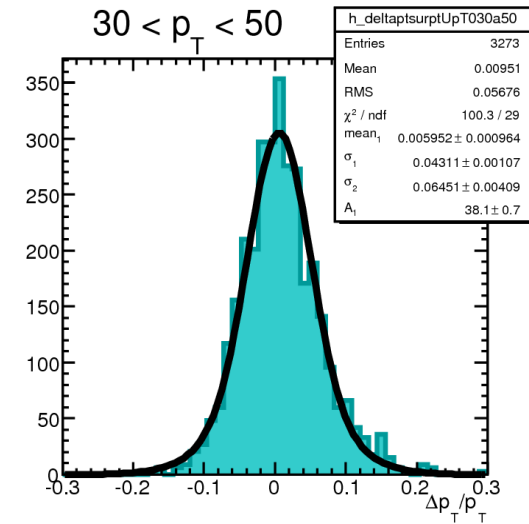
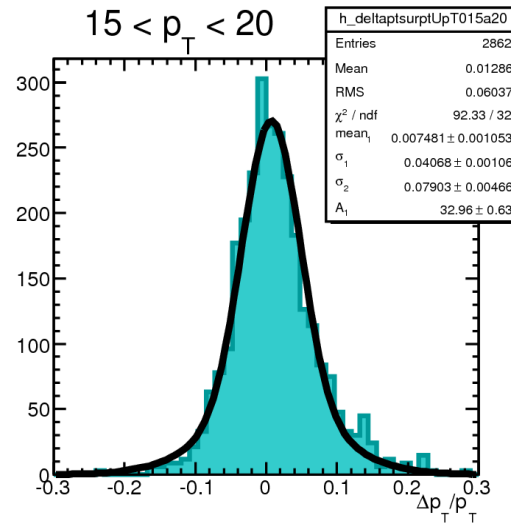
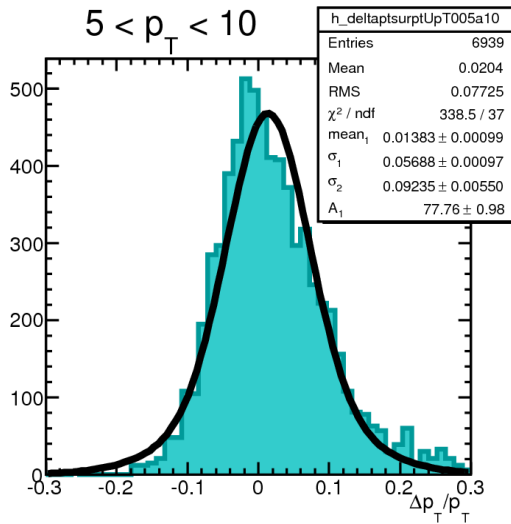




# Résolution en impulsion

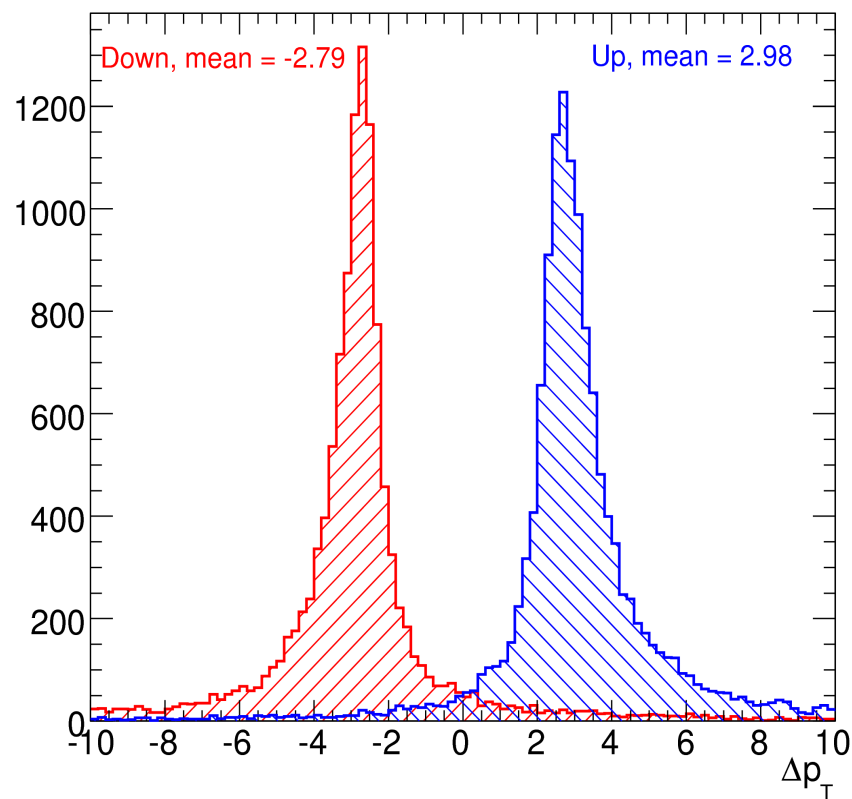
- 2 manières de faire
  - Dépendant du détecteur interne
    - $\Delta p_T/p_T = (p_{T, \text{spectro}} - p_{T, \text{ID}})/p_{T, \text{ID}}$
    - Ajustement de ce quotient dans les intervalles
    - Soustraction de la résolution du détecteur interne (sur simu)
  - Indépendante du détecteur interne
    - $\Delta p_T/p_T = (p_{T, \text{UP}} - p_{T, \text{DOWN}})/p_{T, \text{moy}}$
    - Ajustement du quotient dans les intervalles
    - Division par  $\sqrt{2}$  car on suppose m me résolution en haut et en bas  $\hat{e}$

# Ajustements



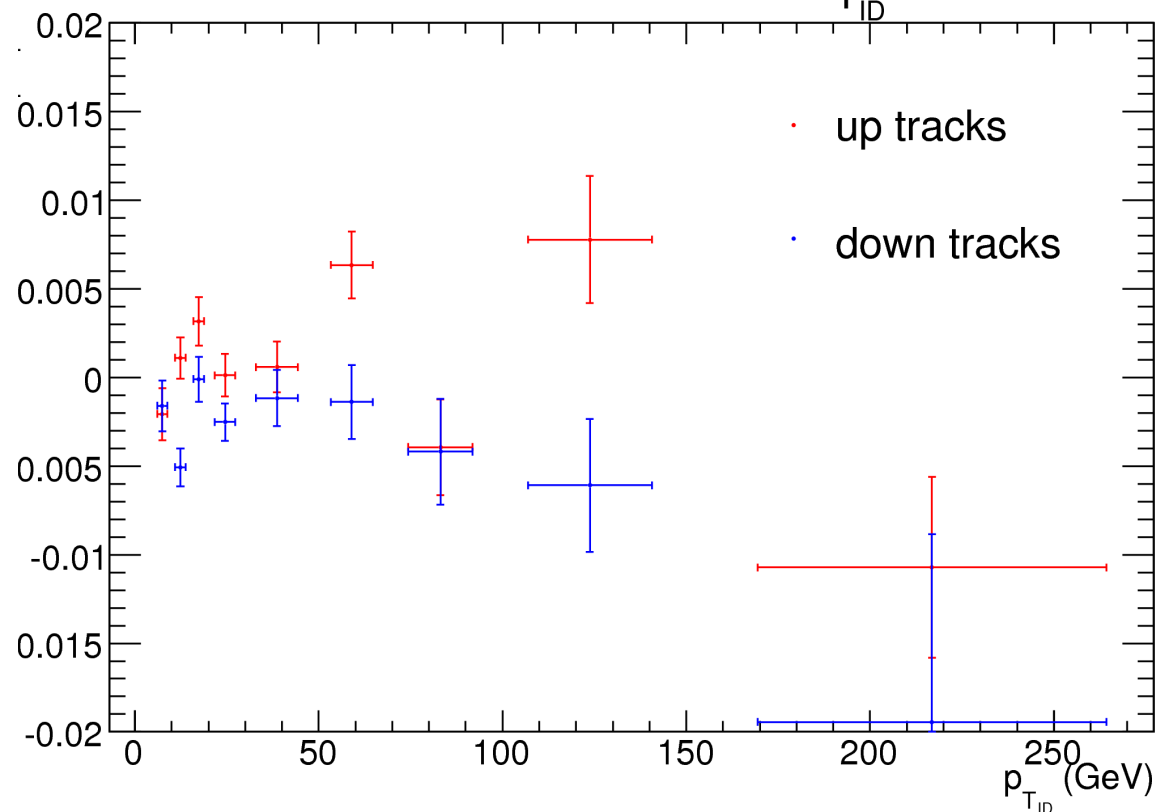
- Ce que l'on tire de ces ajustements...
  - Moyenne → information sur l'échelle en énergie
  - Sigma → information sur la résolution

# Échelle en énergie



$\Delta p_T(\text{spectro} - \text{ID}) \sim 3 \text{ GeV} \rightarrow$  attendu,  
il s'agit de la perte d'énergie dans les  
calorimètres.

## Energy scale vs $p_{T, \text{ID}}$

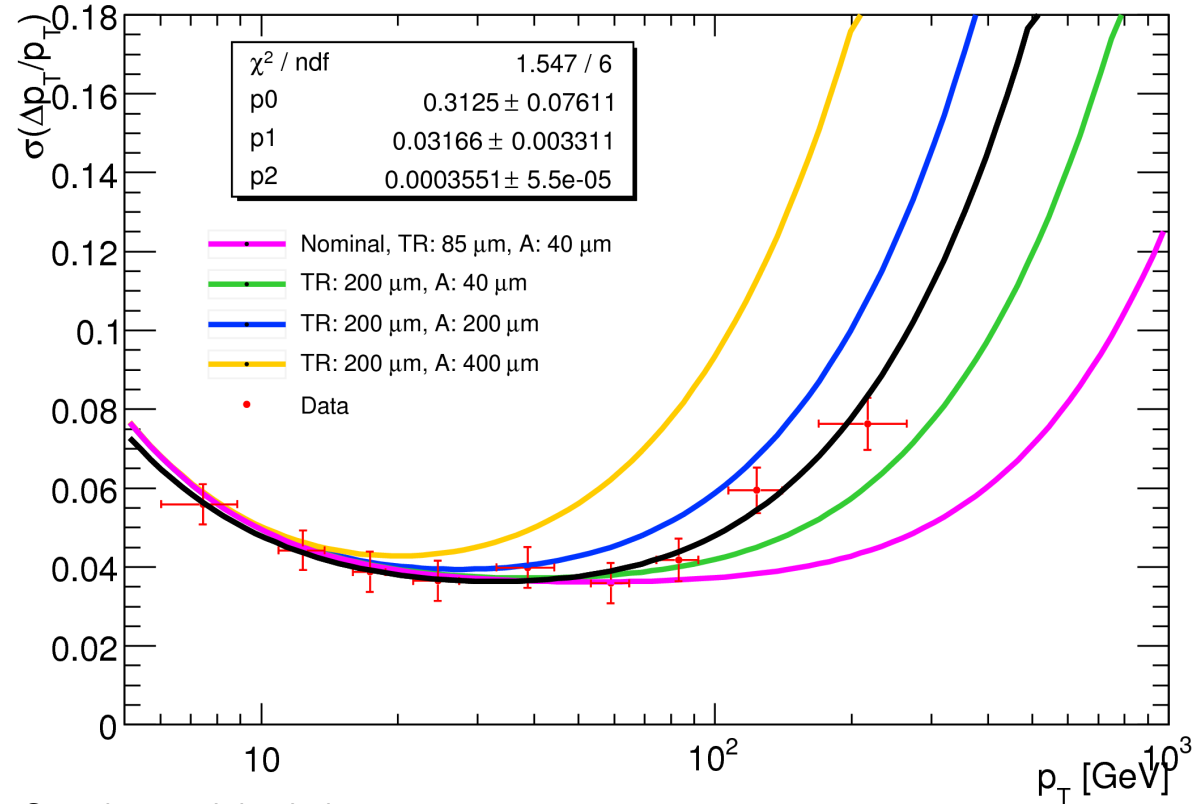
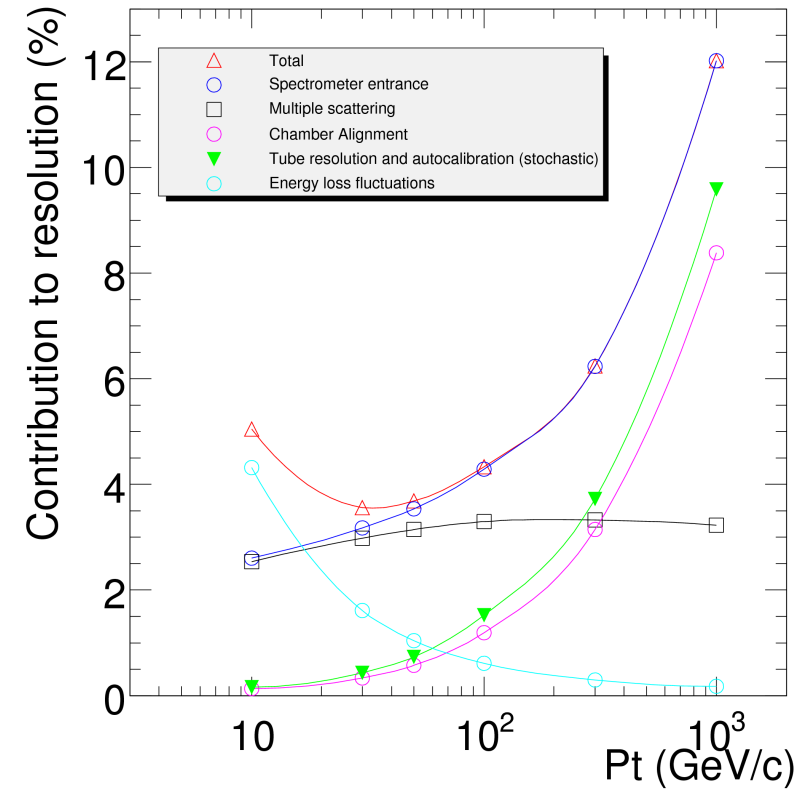


Étalonnage en énergie  $\rightarrow$  à  $\sim 1\%$

Soit : pour une trace de 10 GeV on se trompe  
de  $\sim 100 \text{ MeV}$  sur son impulsion.

# Résolutions en impulsion

Cas : trace dans partie haute du spectro comparée à une trace du détecteur interne.



Contributions à la résolution :  
 TR = résolution des tubes (MDT)  
 A = alignement

$$\text{Ajustement fait par : } f(p_T) = \sqrt{\left(\frac{p_0}{p_T}\right)^2 + p_1^2 + (p_2 * p_T)^2}$$

p2 → alignement ~ 250 μm

# Conclusion

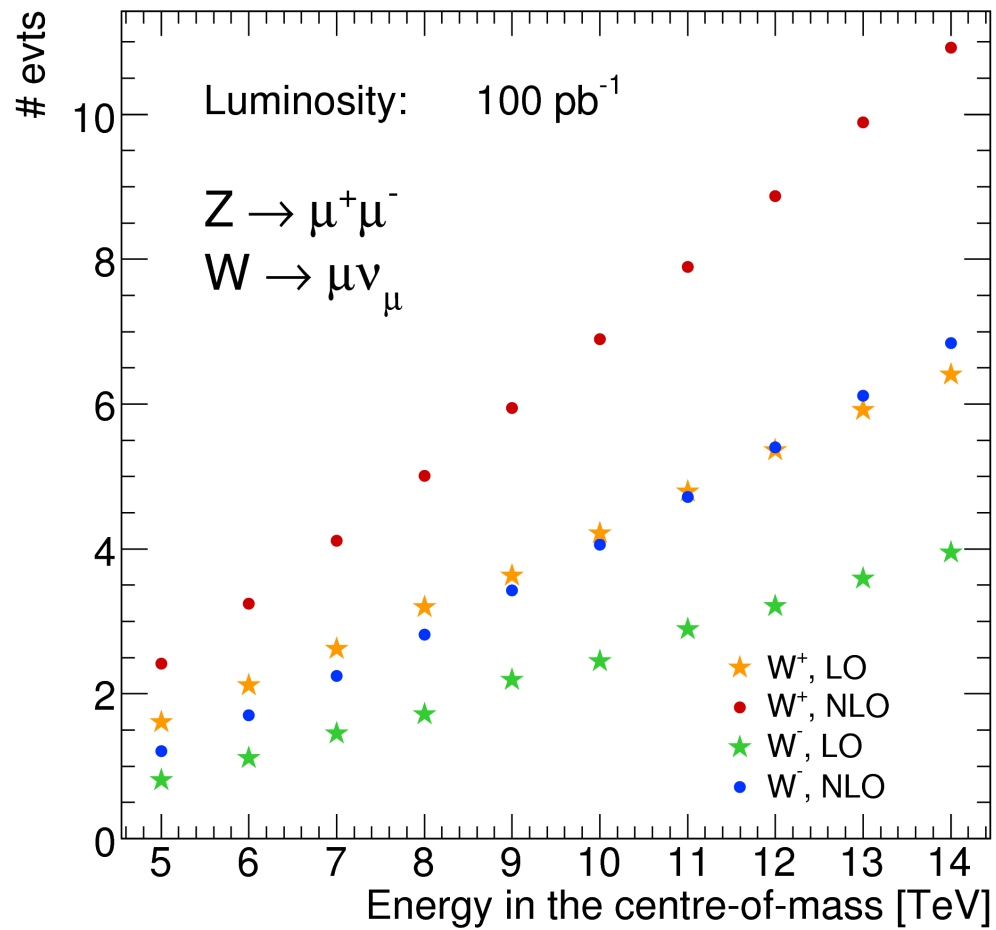
- Plein de choses à faire
- Reconstruction testée sur les cosmiques
  - Efficacités et résolutions attendues
- Dibosons : étude à compléter
  - Étudier l'impact de la résolution du spectromètre sur les couplages anormaux
  - Améliorer la sélection par des méthodes plus performantes que des coupures consécutives

# THE END

Merci :-)

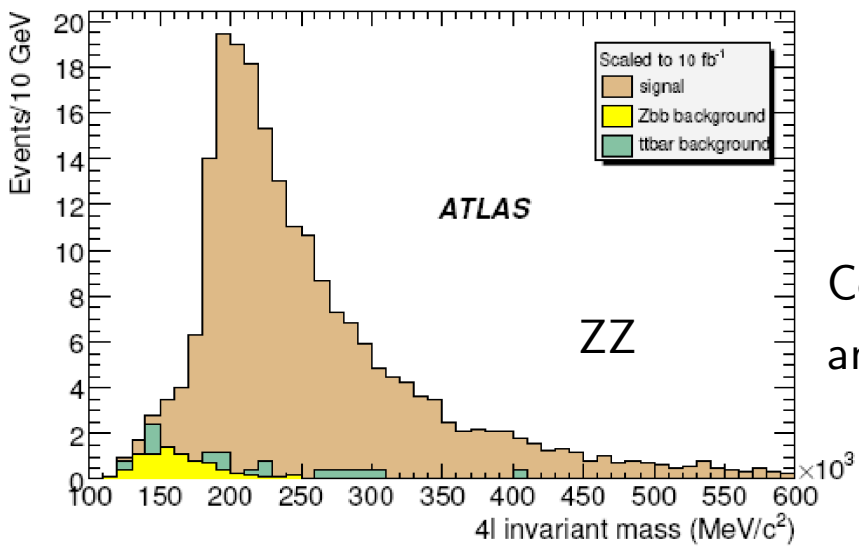
# Backup...

Number of events for WZ

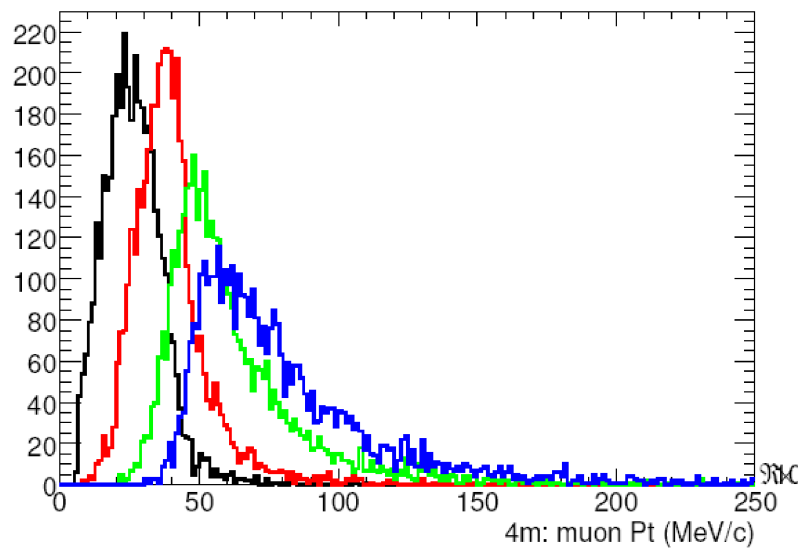
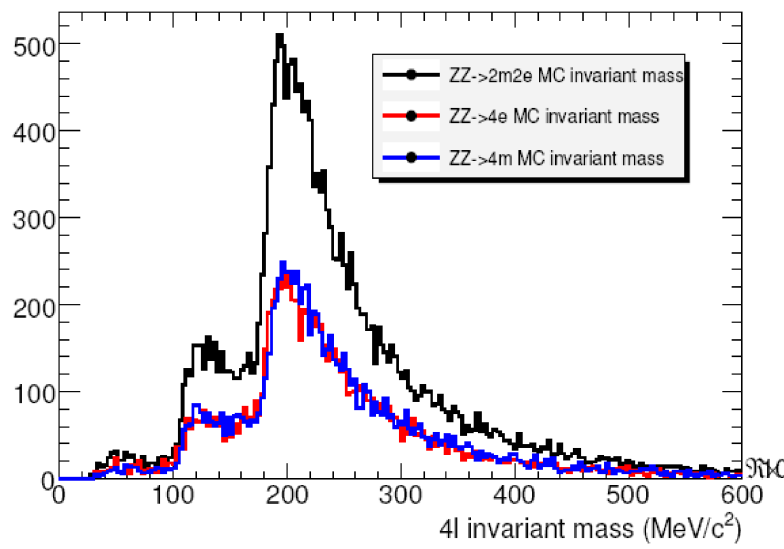
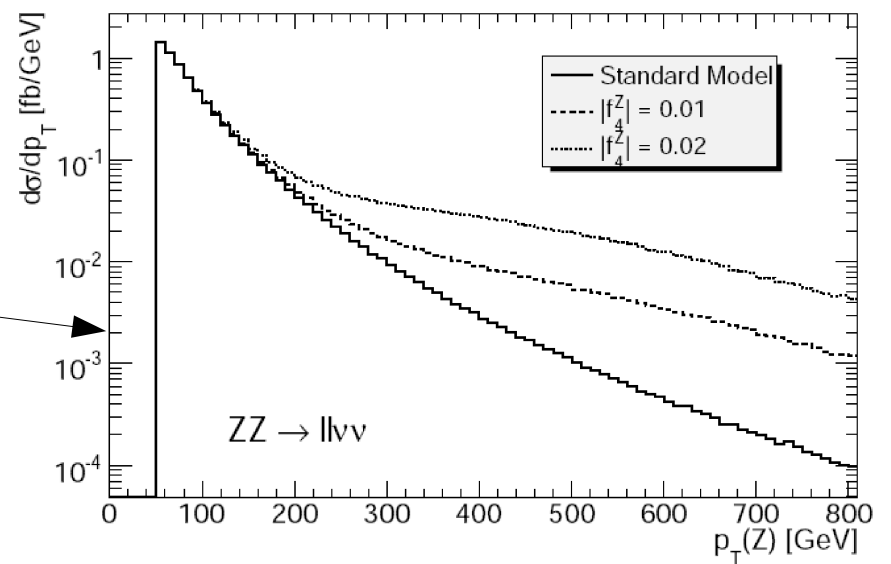


Événements attendus dans le cas des dibosons WZ.  
Distinction entre les  $W^+$  et les  $W^-$ .

# Les ZZ



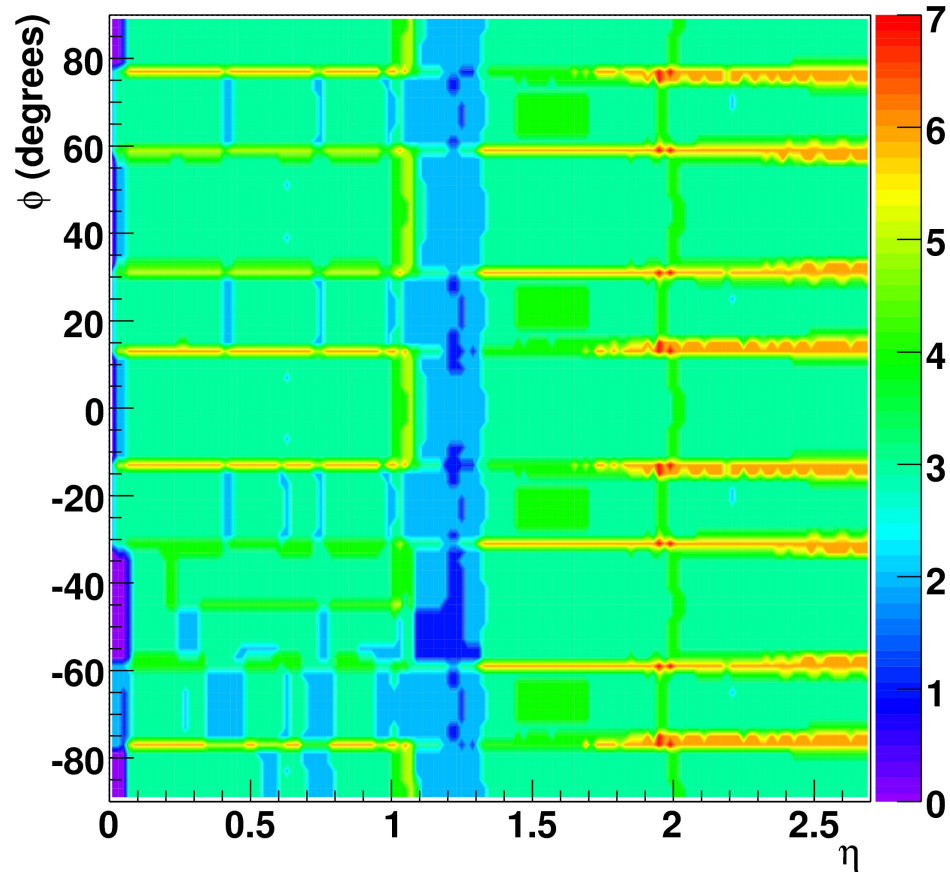
Couplages anormaux...



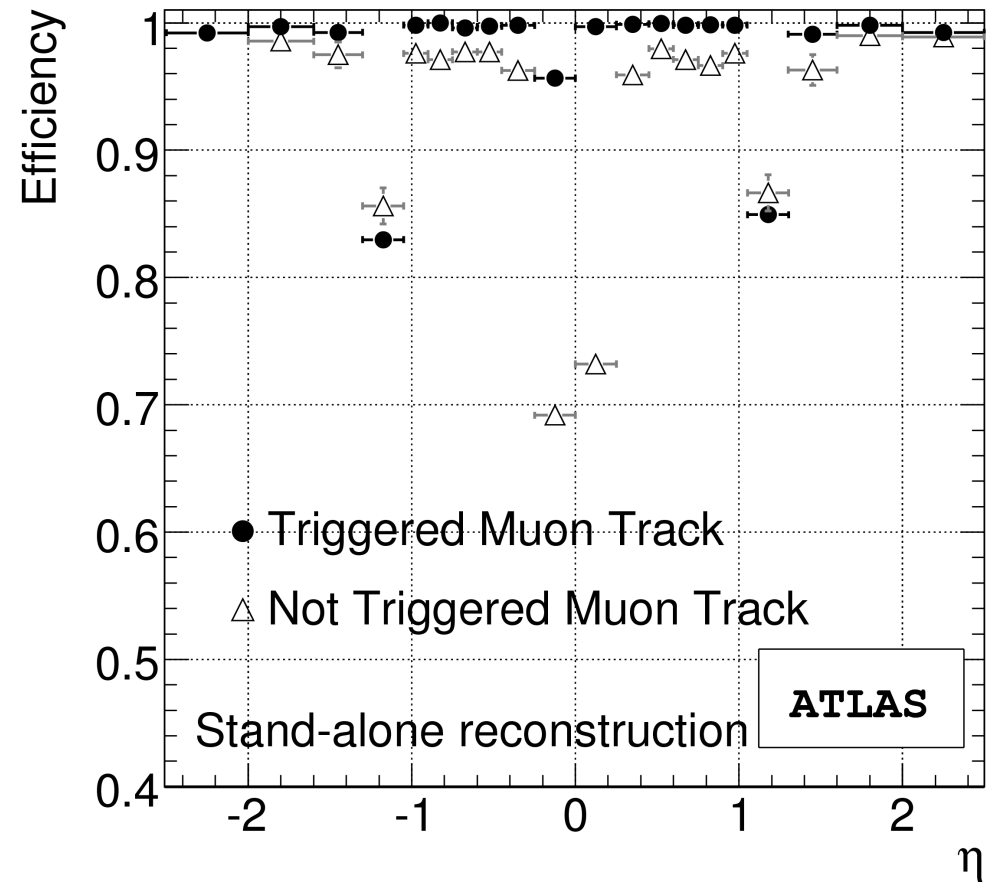


# Efficacité du spectromètre

#MDT+CSC crossed



Nombre de chambres de précision touchées en fonction de eta et phi.  
On ne peut reconstruire de trace que s'il y a au moins 3 chambres touchées.



Efficacité du spectromètre sur de la simulation.

# $\Delta p(\text{spectro} - \text{ID})$

