



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

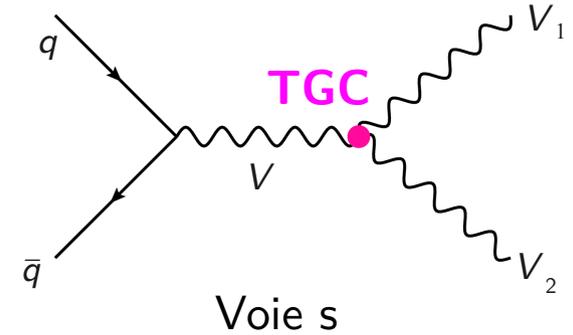
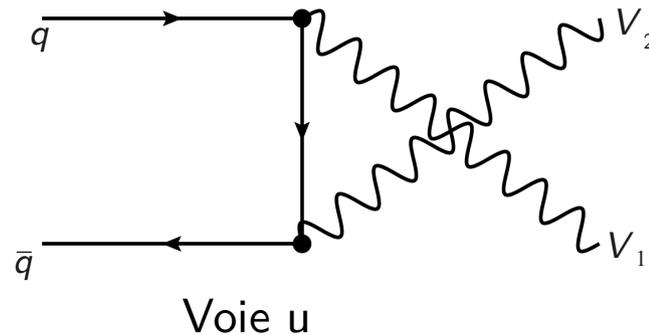
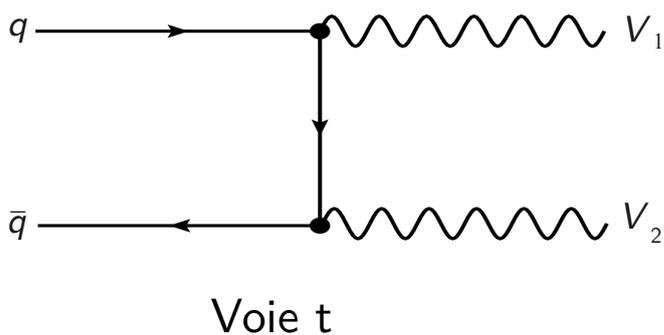
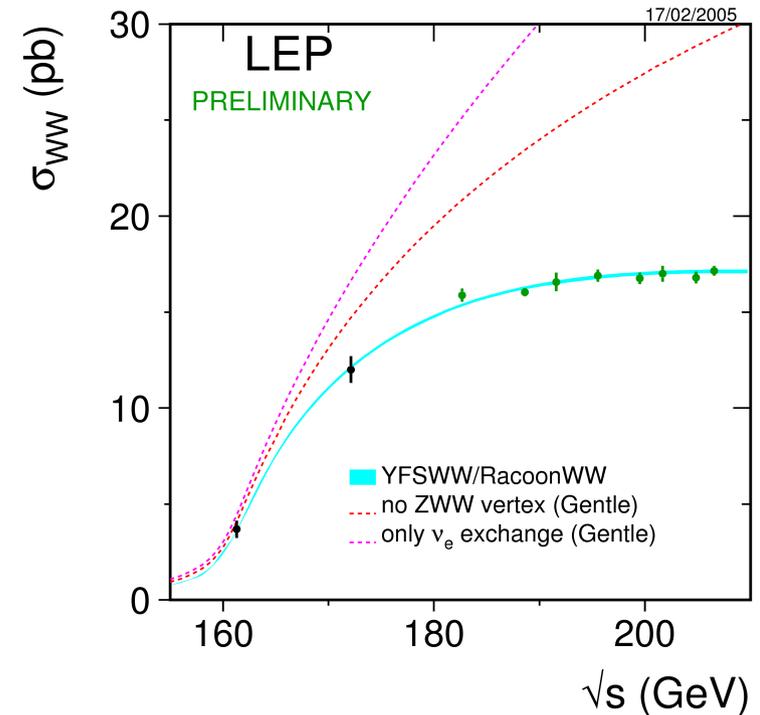
- Un petit peu de théorie... (les dibosons)
- Associée à un grand détecteur (Atlas)
- Vue par un type de particules (les muons)

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 :



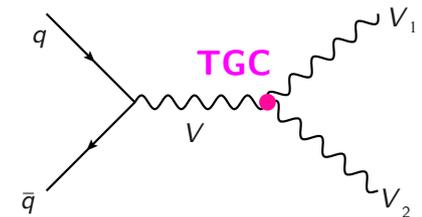
Pourquoi les chercher ?

- 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 !

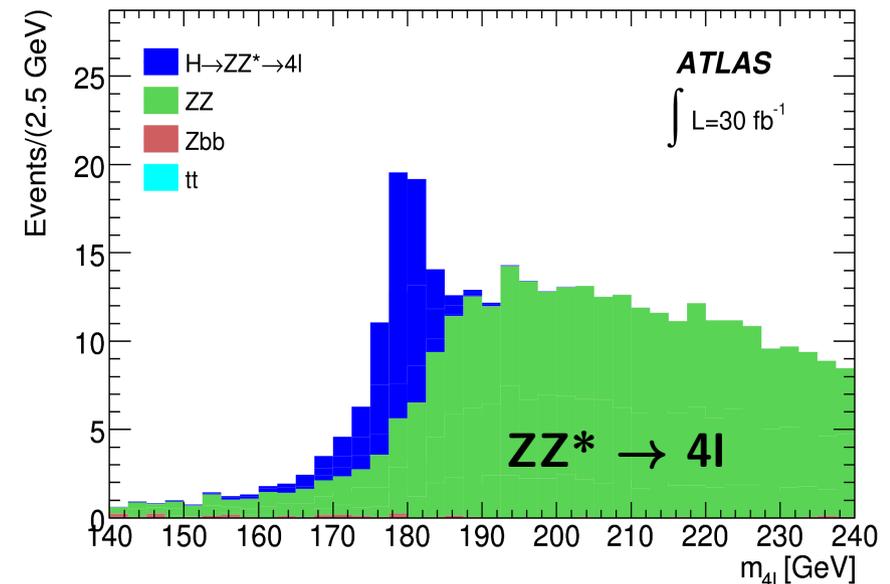
- Exemple de modèle :

- 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

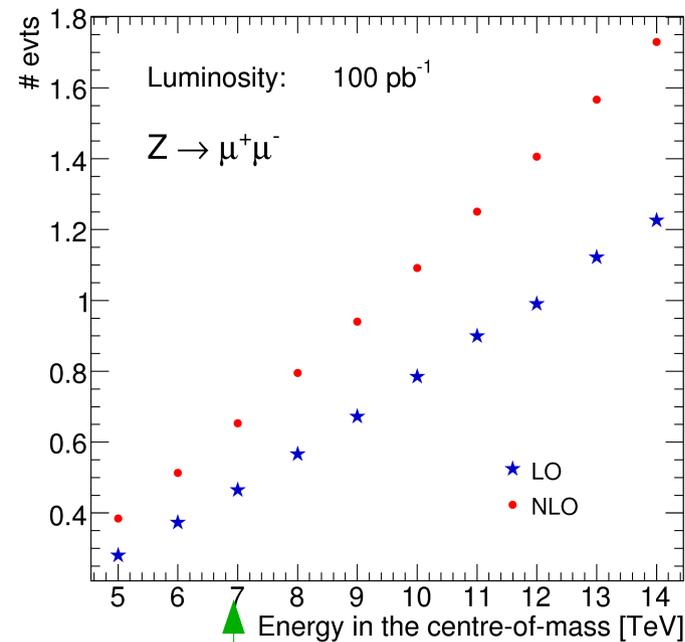


Nombre d'événements attendus

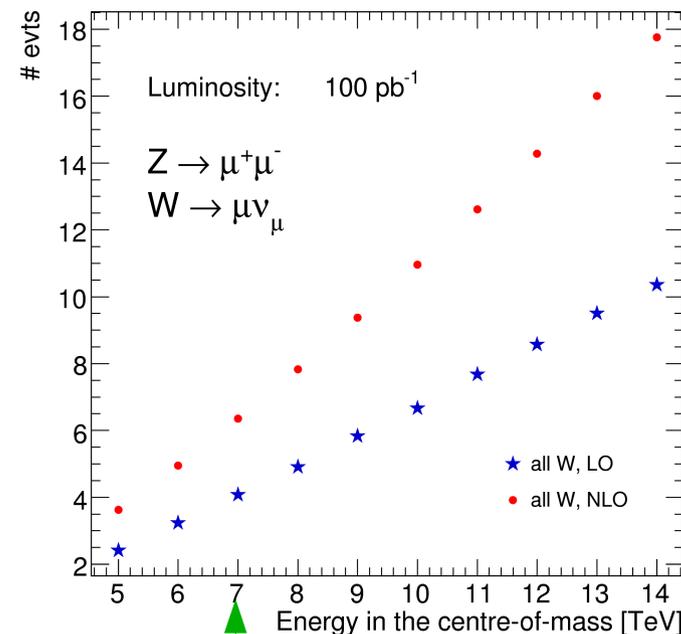
Section efficace (Modèle Standard) * luminosité intégrée attendue en 2010
 (soit au moins 100 pb^{-1})
 Uniquement dans le canal muons.

LO : ordre des arbres
 NLO : 1 boucle

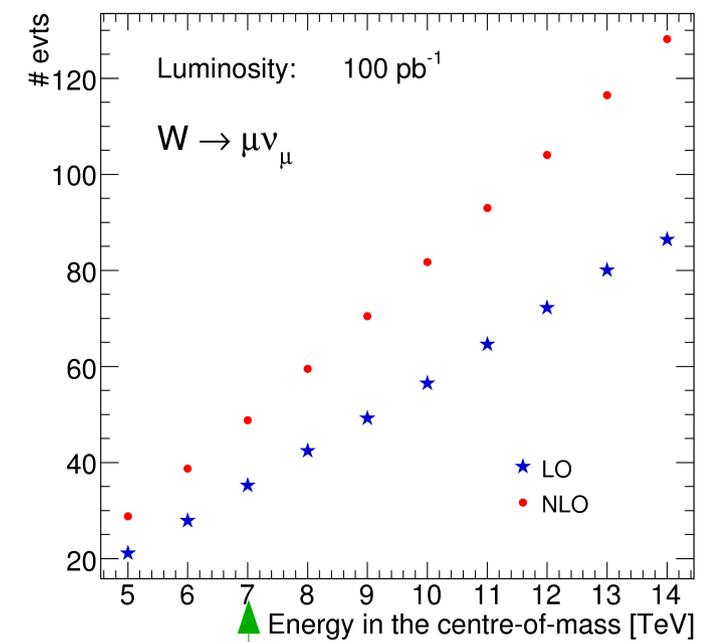
Number of events for ZZ



Number of events for WZ



Number of events for WW



Énergie prévue : 7 TeV, énergie nominale : 14 TeV

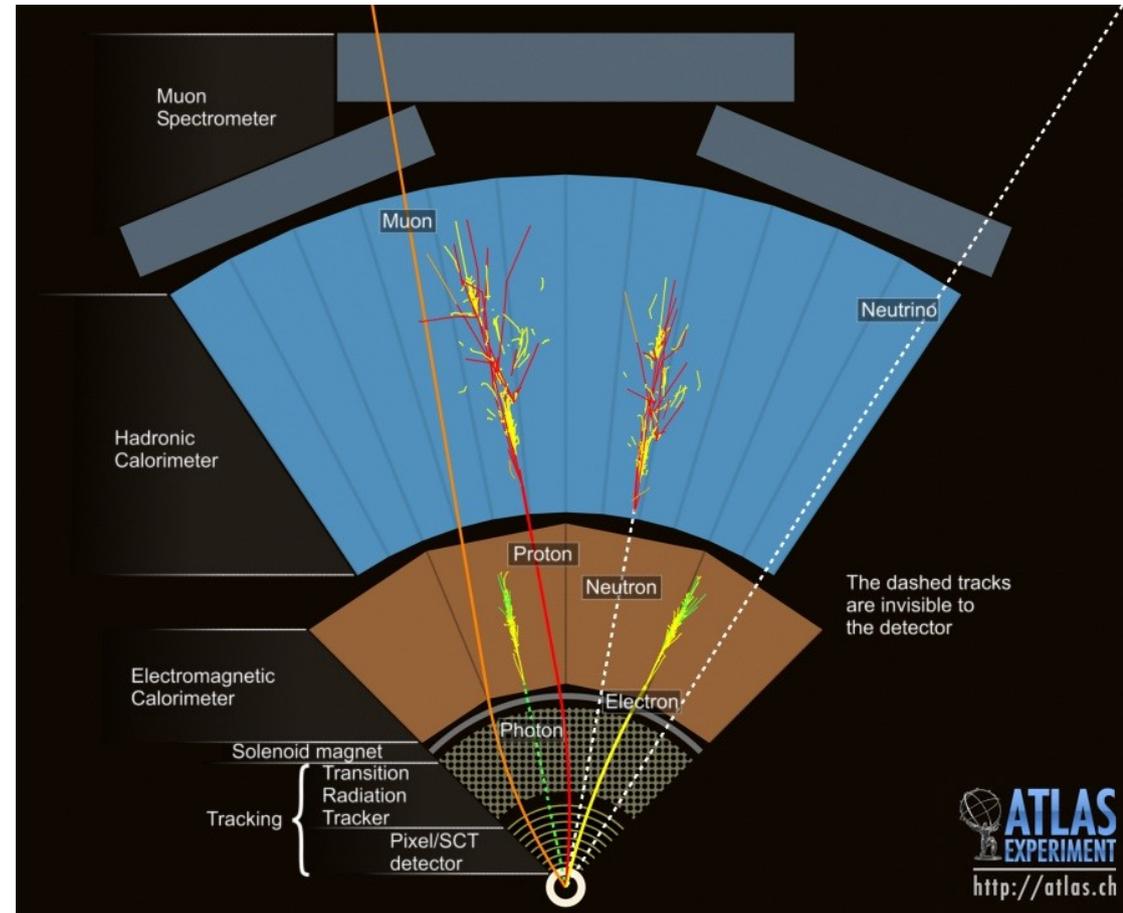
Remarque : les échelles sont très différentes...

Résultats suivants : pour les leptons e, μ

→ 4 fois plus d'événements attendus ($ee, \mu e \mu e$ et $\mu\mu$)

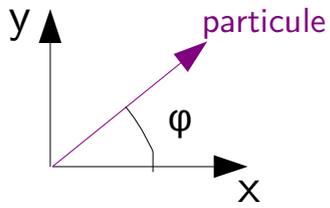
« Particules » détectées

- 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 ?

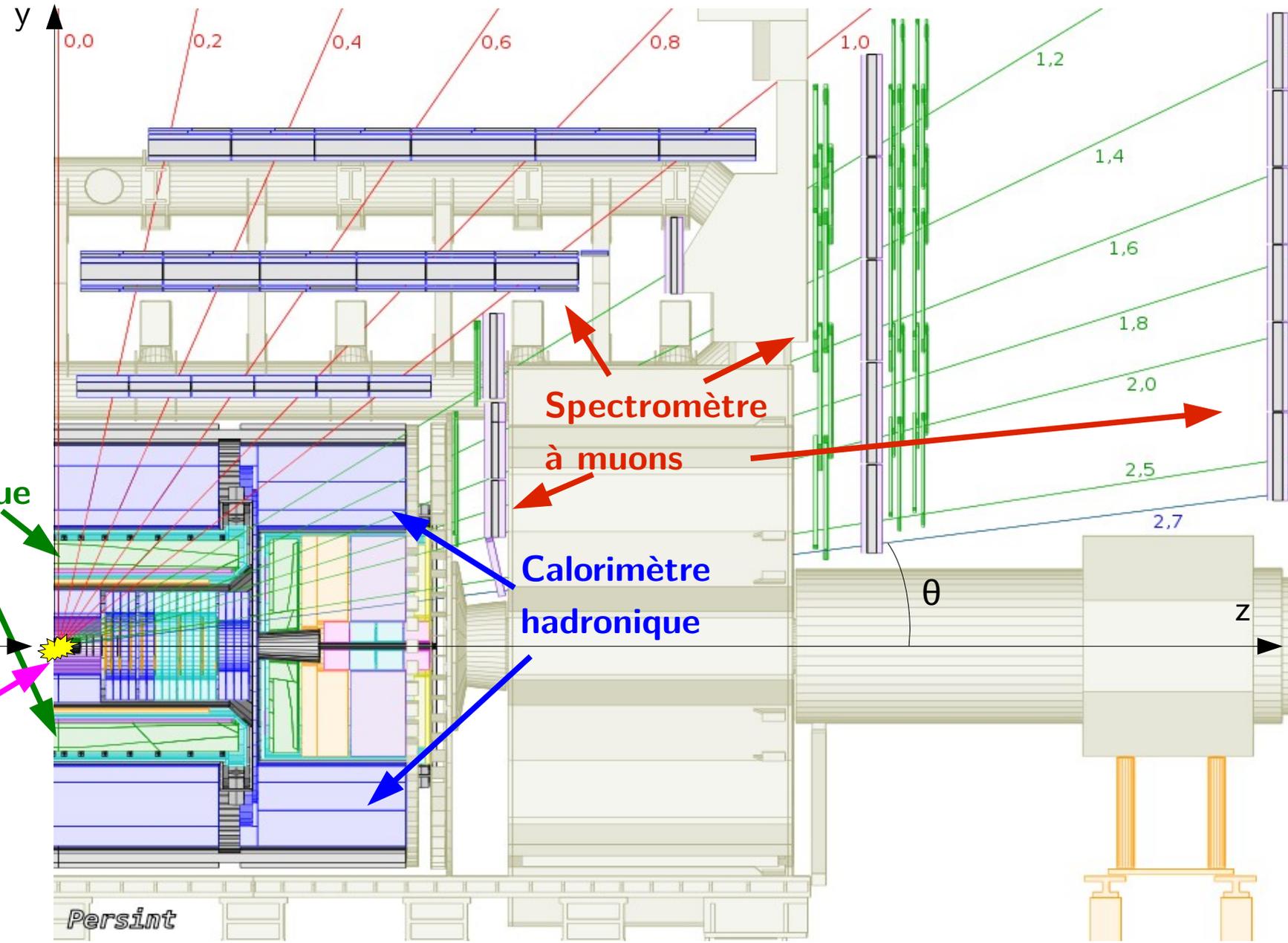
- Eta → barrel
- Eta → end-cap
- Eta → lost...



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

- $40 \text{ GeV} < M_T(\cancel{E}_T, l_3) < 120 \text{ GeV}, p_T(l_3) > 20 \text{ GeV}$

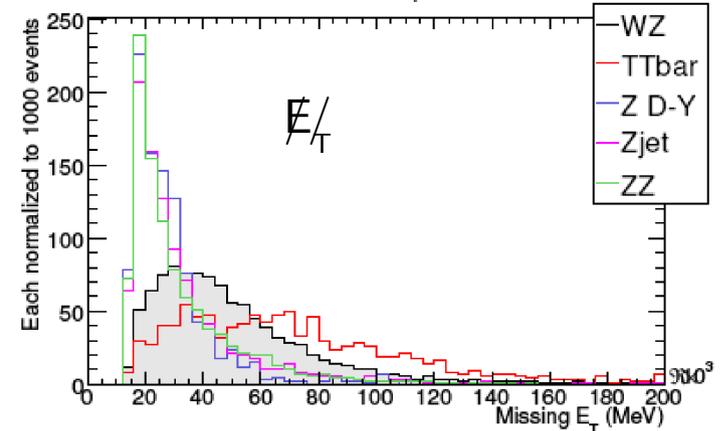
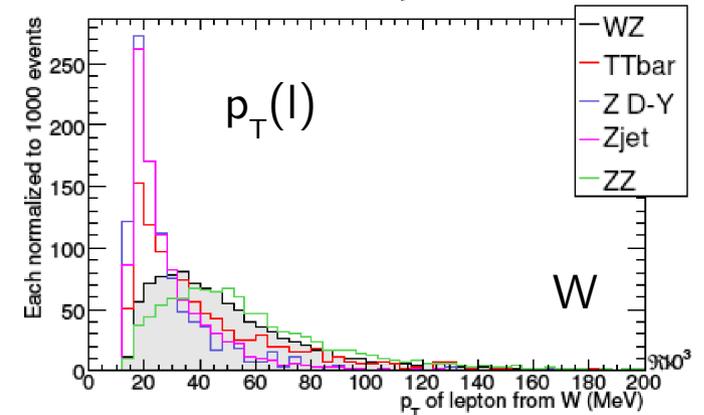
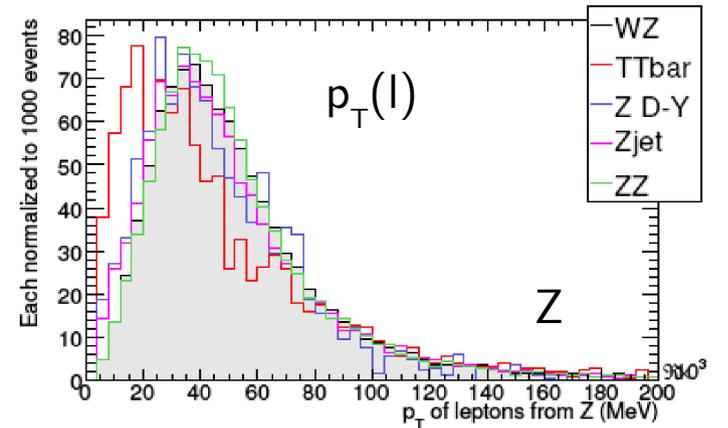
- Isolation

- Cône : $\Delta R(l_i) > 0,2$

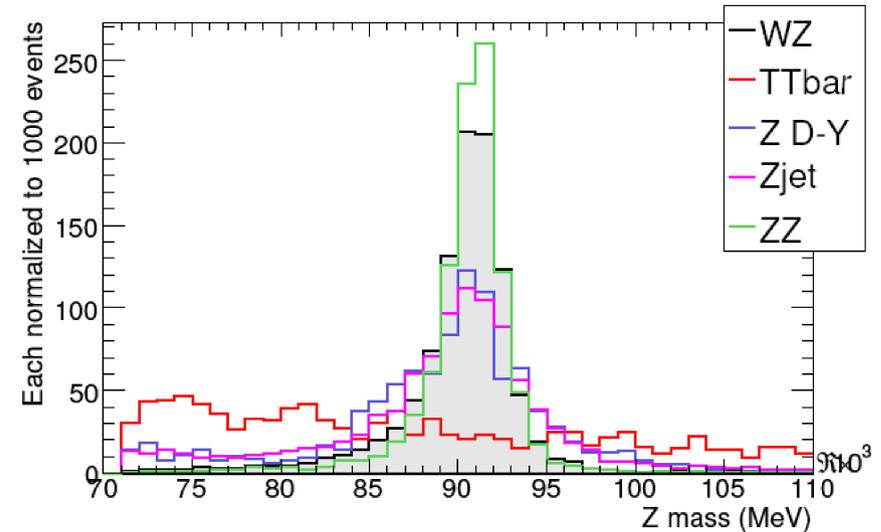
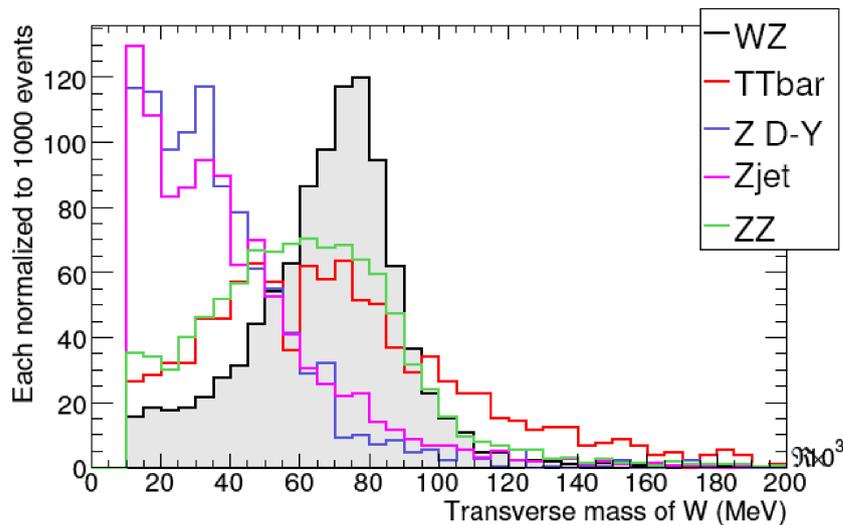
- $\Delta\phi(\cancel{E}_T, l_3) > 0,1$

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

\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 ($\sigma_{\text{tot}} = 47,8 \text{ pb}$, 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 γ

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

On évalue les couplages anormaux grâce à :

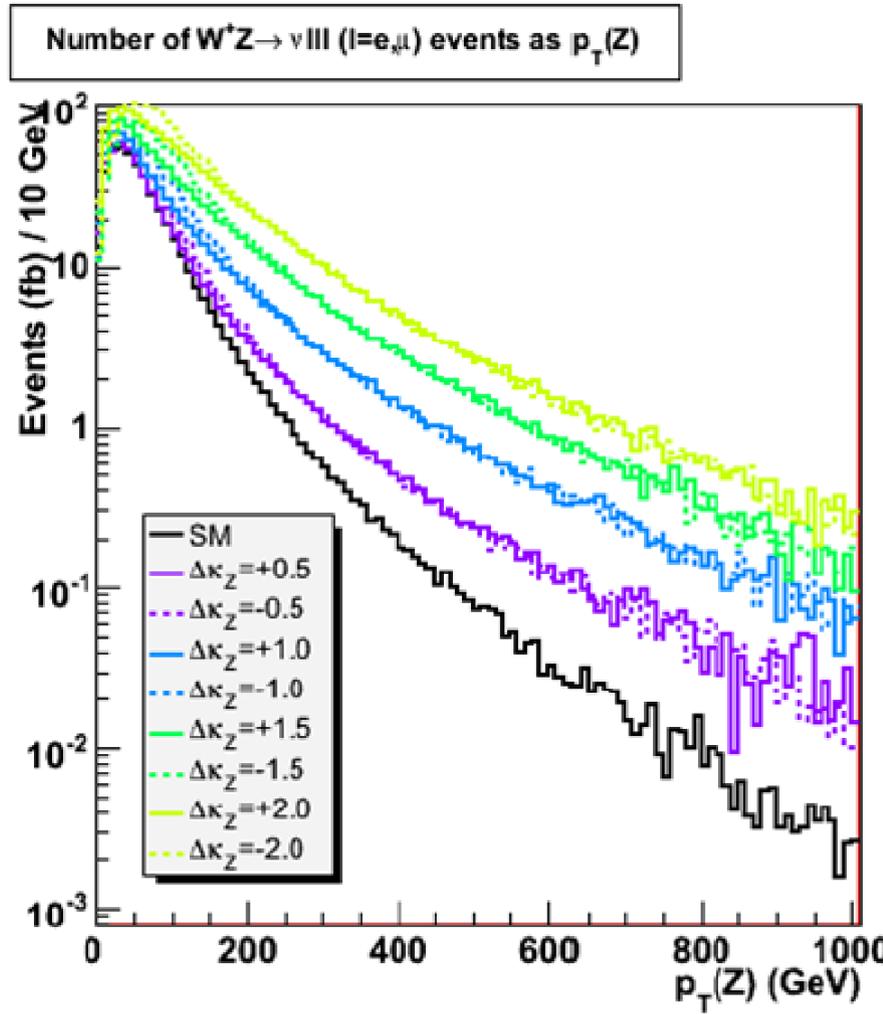
$$\Delta g_1^Z \equiv g_1^Z - 1, \quad \Delta \kappa_\gamma \equiv \kappa_\gamma - 1, \quad \Delta \kappa_Z \equiv \kappa_Z - 1, \quad \lambda_\gamma, \quad \lambda_Z$$

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

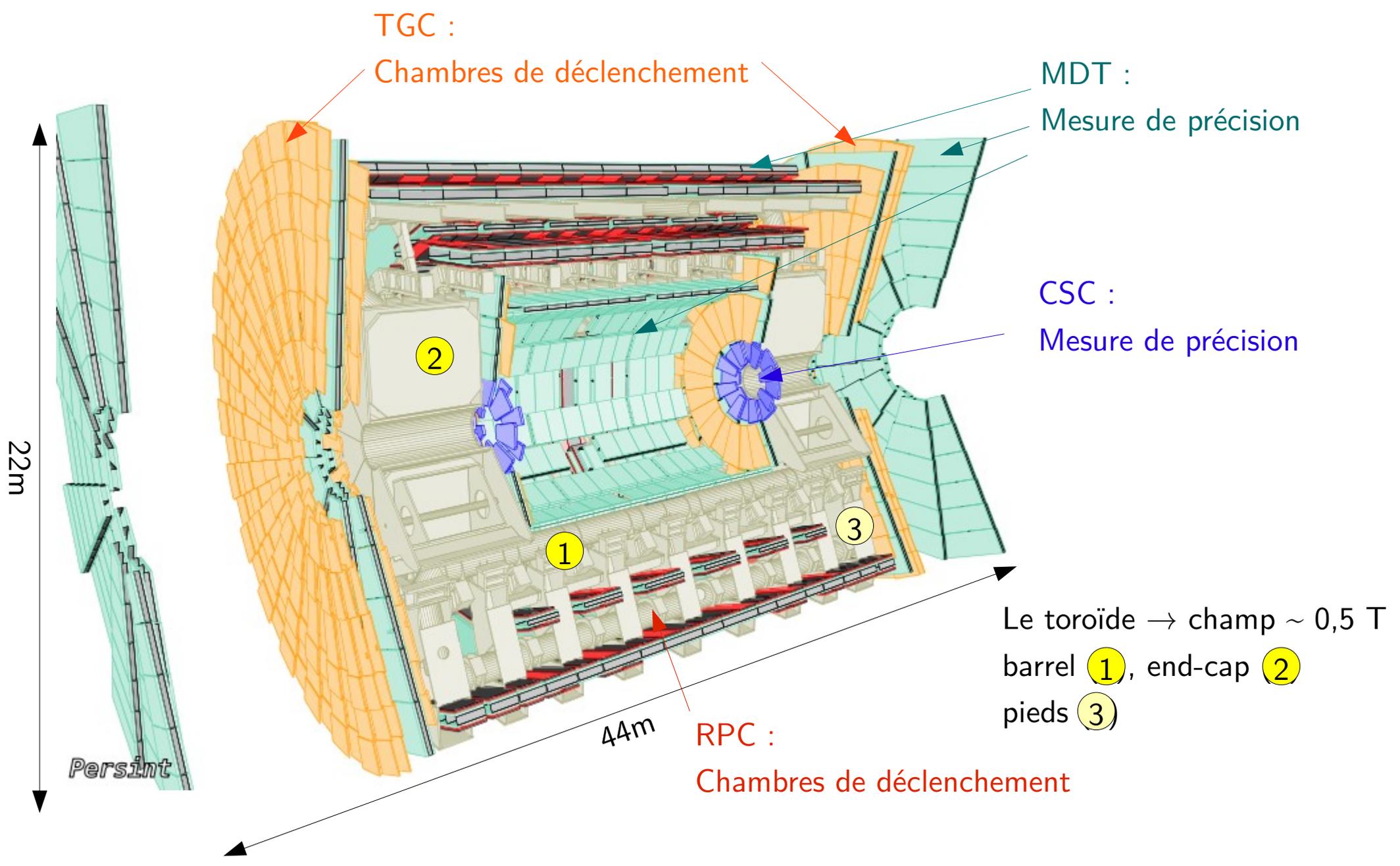
Remarque : introduction d'un « cutoff » pour éviter la violation de l'unitarité $\Delta \kappa(\hat{s}) = \frac{\Delta \kappa}{(1 + \hat{s}/\Lambda^2)^n}$

Les couplages anormaux se détectent principalement grâce à 2 distributions :

- Sections efficaces
- p_T des Z



Le spectromètre à muons



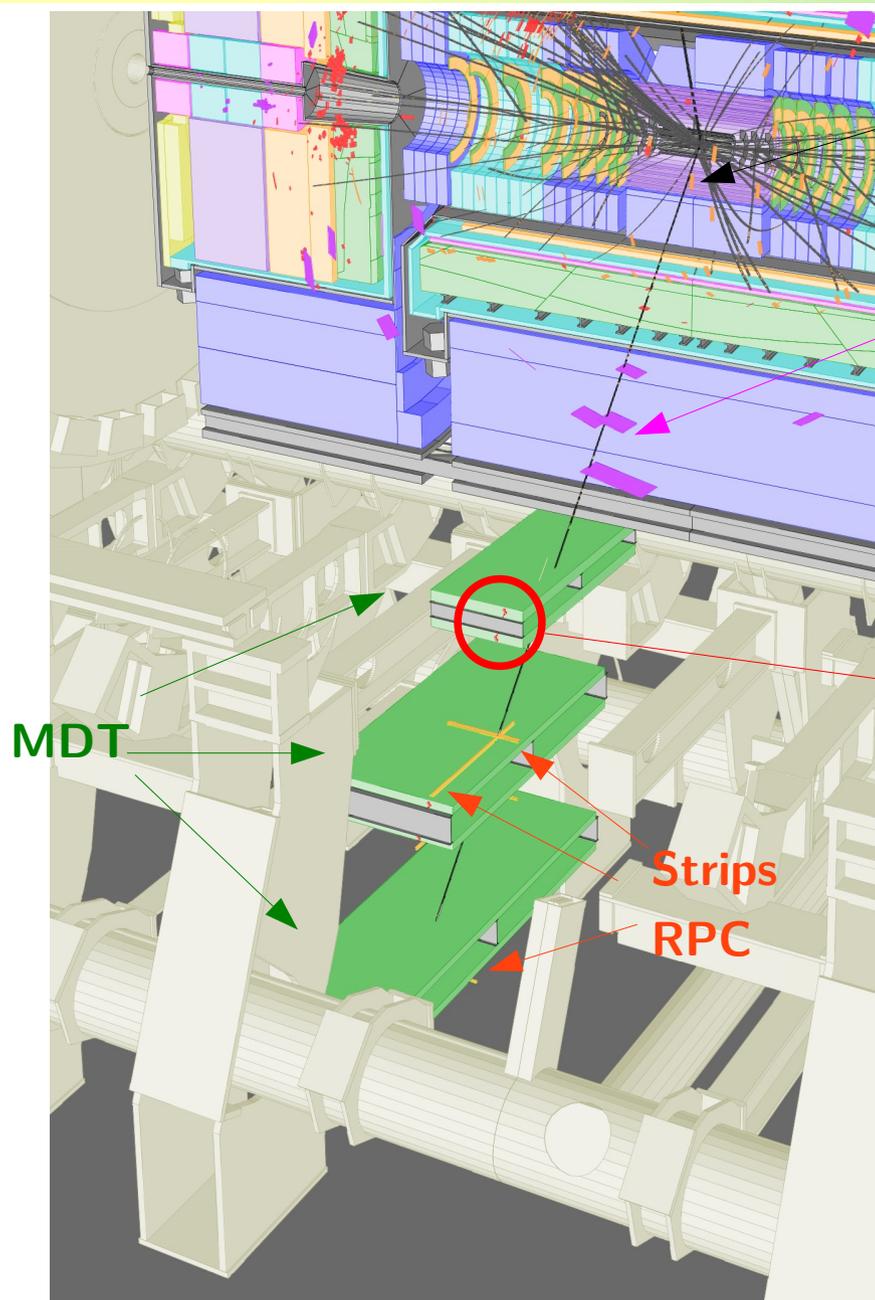
La détection des muons

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

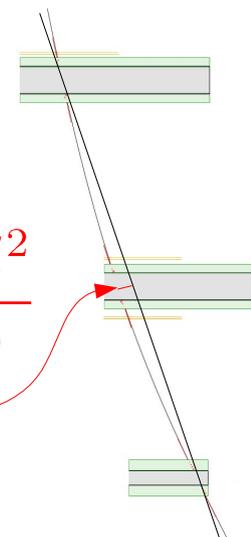
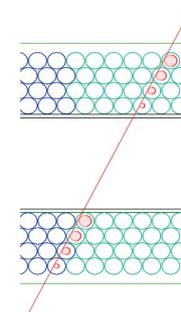
- Chambres de déclenchement touchées → zone d'intérêt
- Recherche des signaux dans les chambres de précision de ces zones
- Tracé de segments tangents aux rayons de dérive
- Ajustement des segments en une trace
- Détermination de l'impulsion de la particule à partir de la courbure de la trace.



Trace dans
détecteur interne

Hits dans calorimètre
hadronique

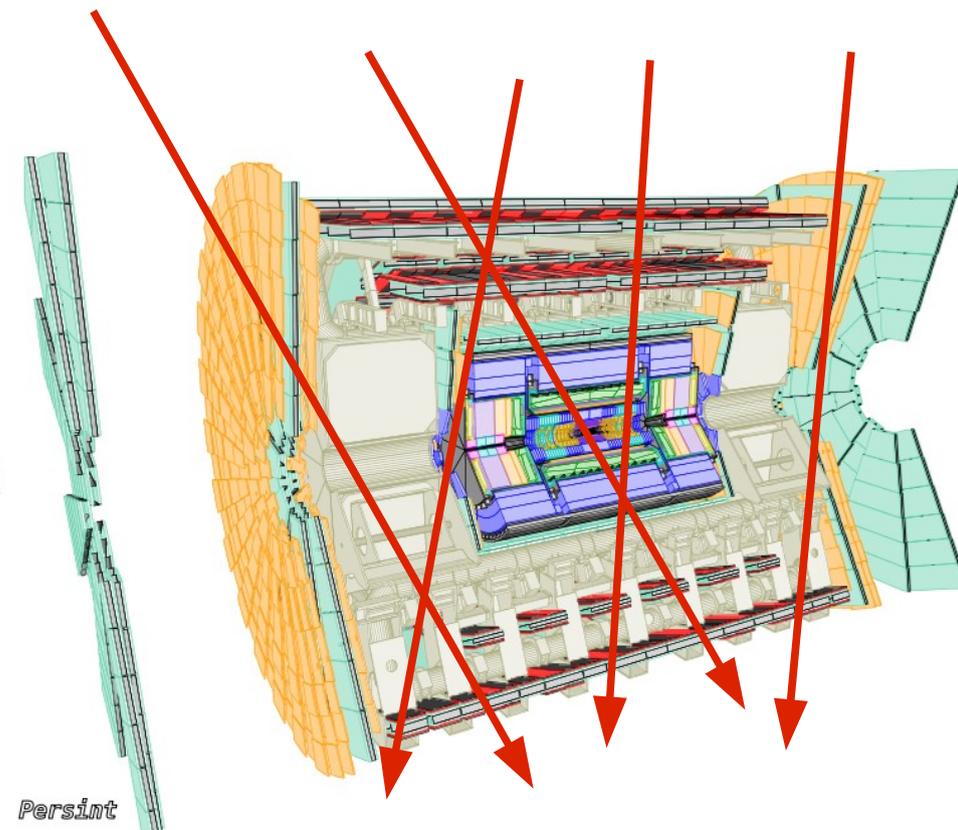
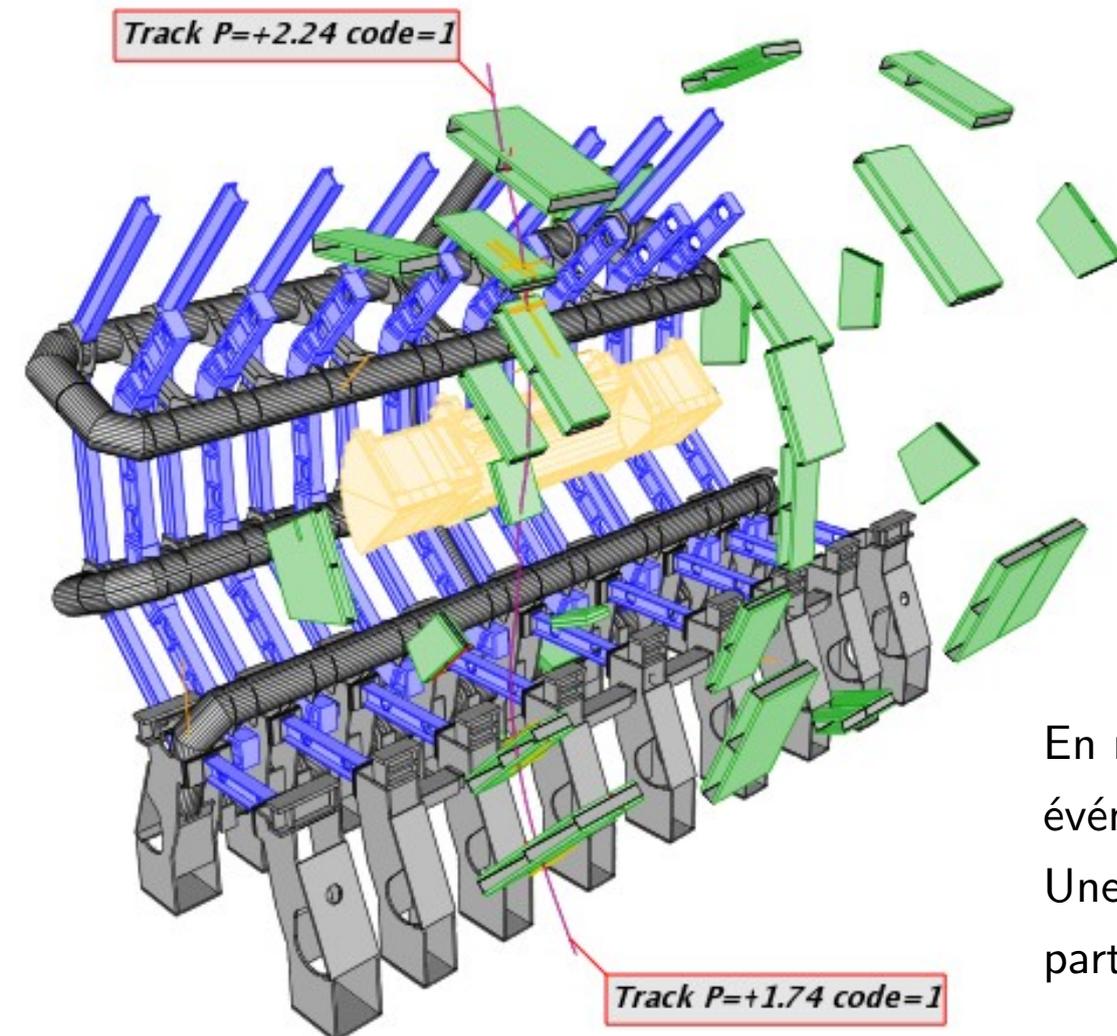
Perte d'énergie ~ 3 GeV



$$s = \frac{qBl^2}{8p}$$

Les cosmiques

Événement de cosmiques
vu par Atlas.

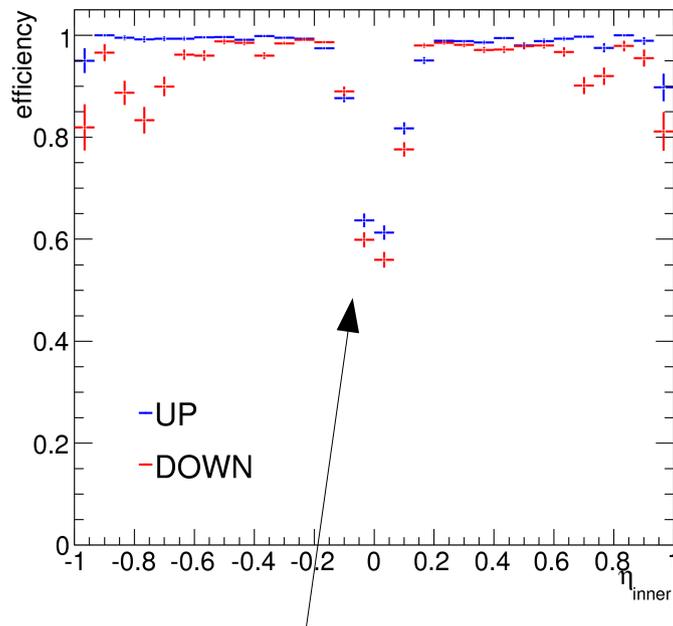


En réalité on reconstruit 2 traces dans un tel événement.

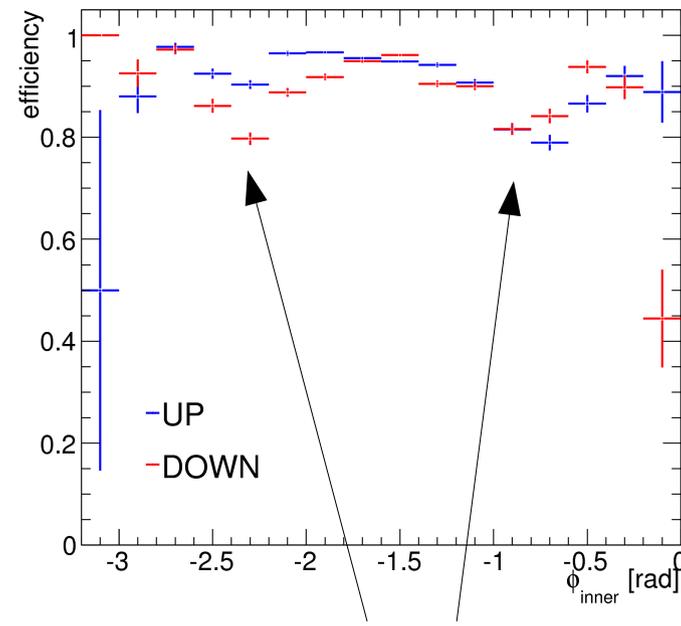
Une trace dans la partie **haute** et une dans la partie **basse** du détecteur.

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

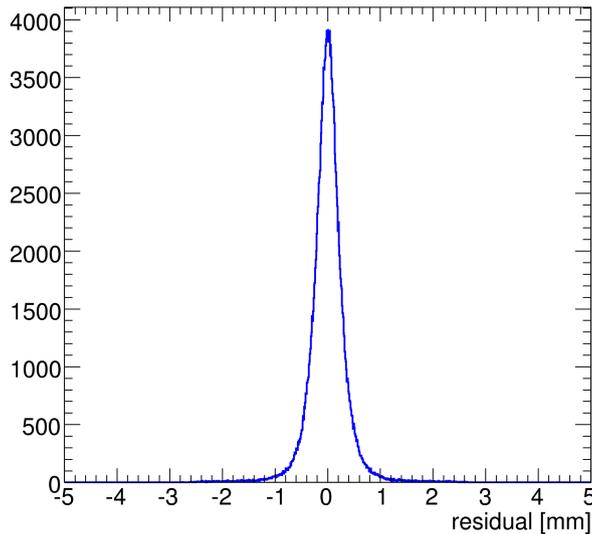
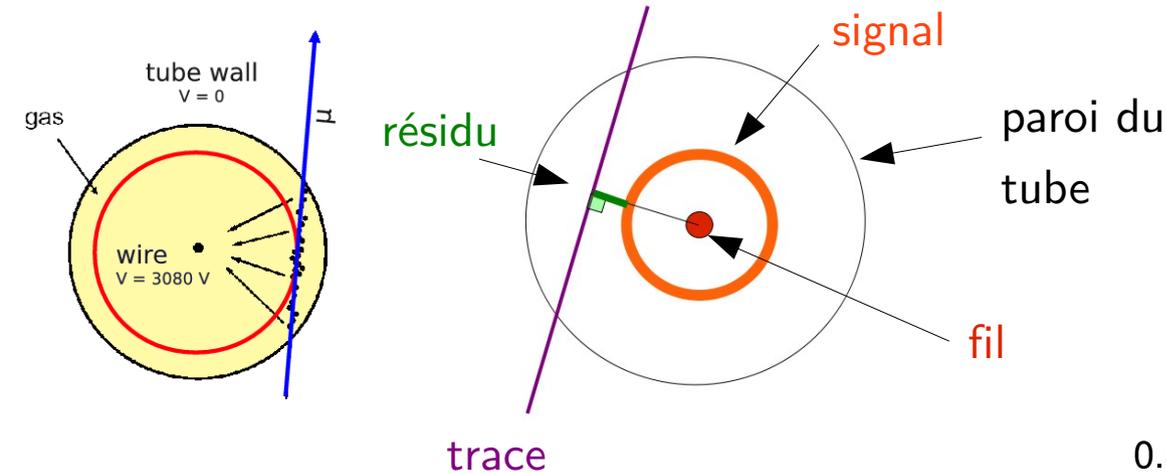
**Efficacité intégrée
moyenne : 92 %**

Résolution spatiale du spectromètre

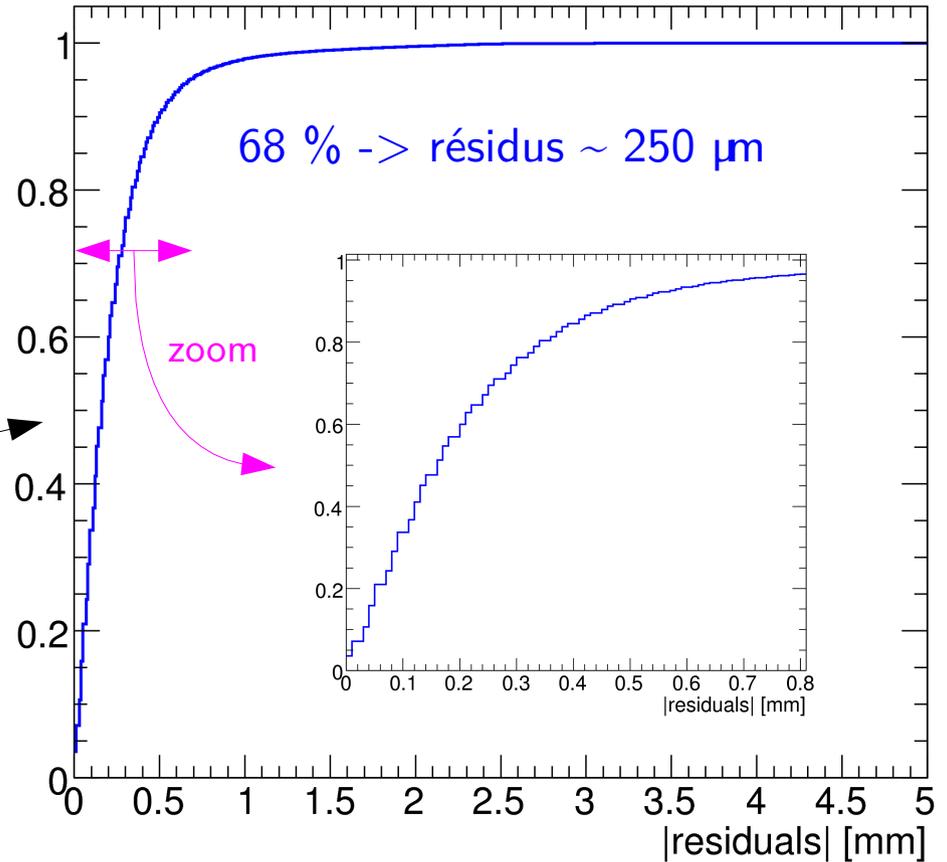
- À partir des hits et des MDT

Mesure en **temps**

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



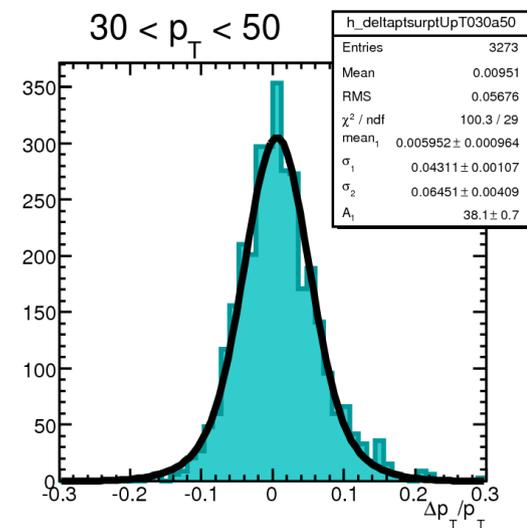
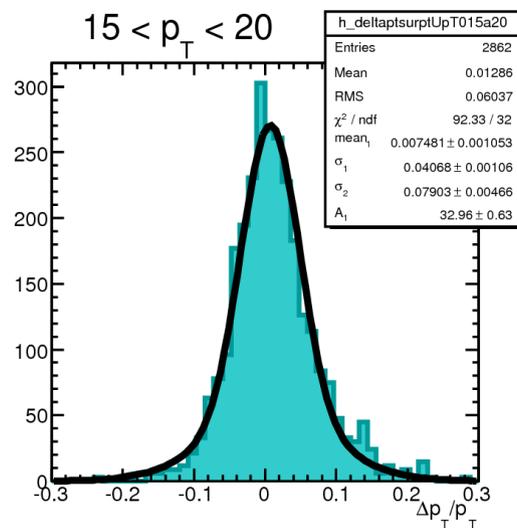
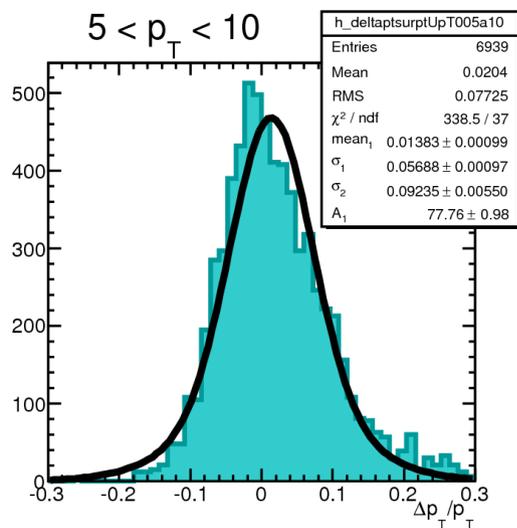
intégration



Résolution en impulsion

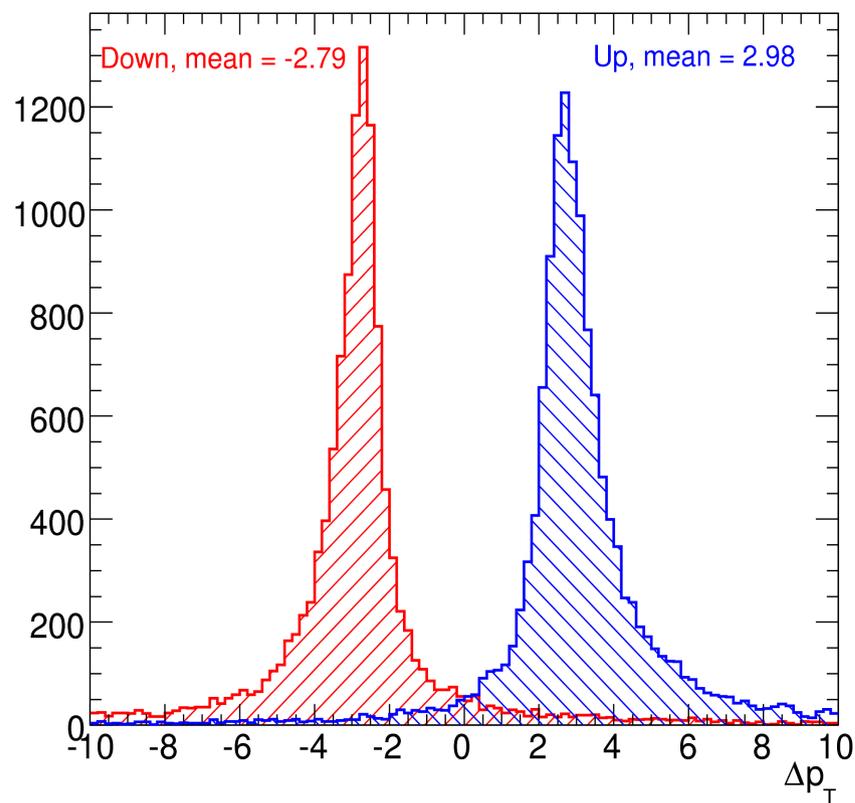
- 2 manières de faire
 - Dépendant du détecteur interne
 - $\Delta p_T/p_T = (p_{T, \text{spectro}} - p_{T, \text{ID}})/p_{T, \text{ID}}$
 - Ajustement de ce quotient dans les intervalles
 - Soustraction de la résolution du détecteur interne (sur simu)
 - Indépendante du détecteur interne
 - $\Delta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

Ajustements



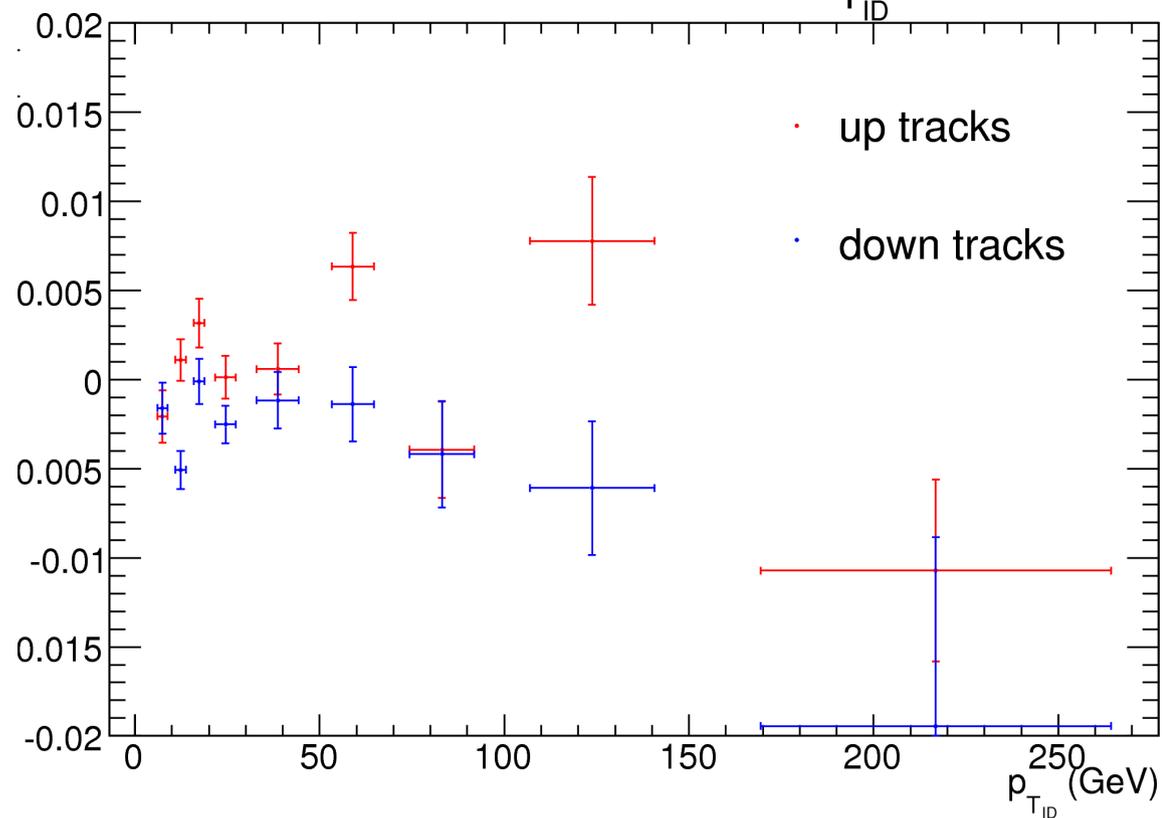
- Ce que l'on tire de ces ajustements...
 - Moyenne → information sur l'échelle en énergie
 - Sigma → information sur la résolution

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 $p_{T, \text{ID}}$

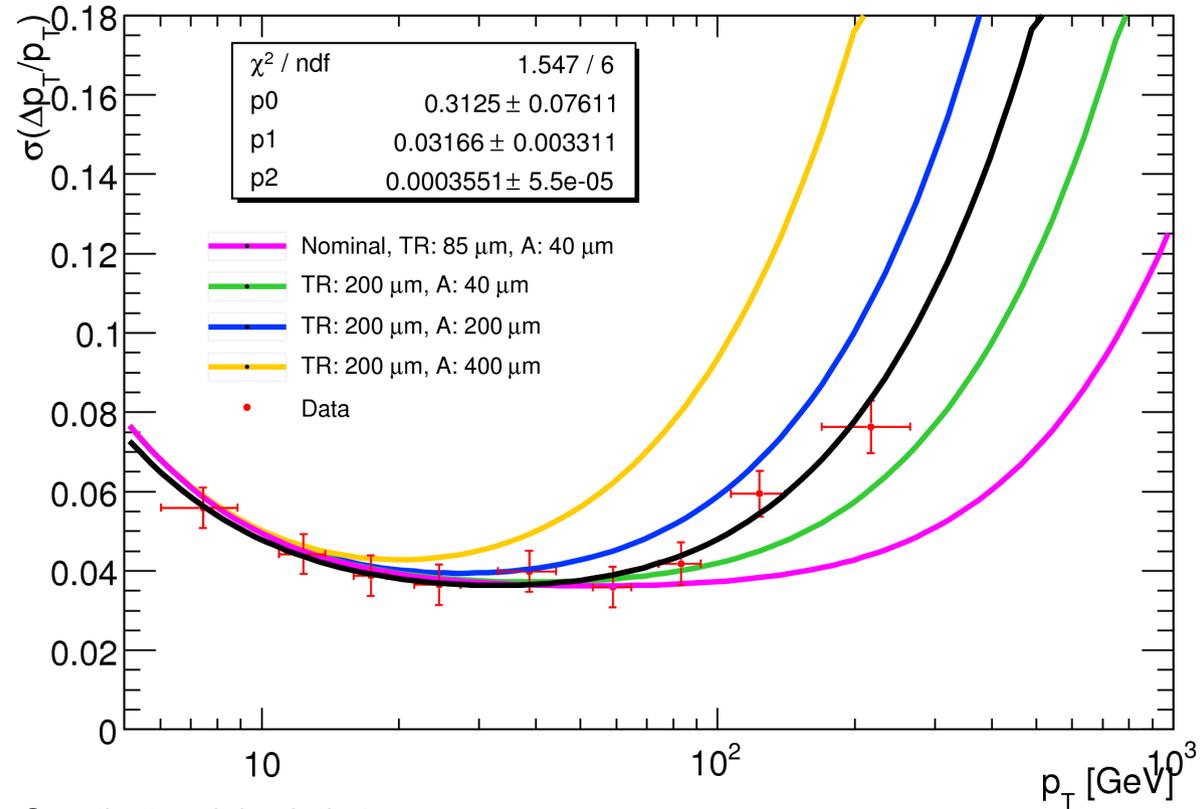
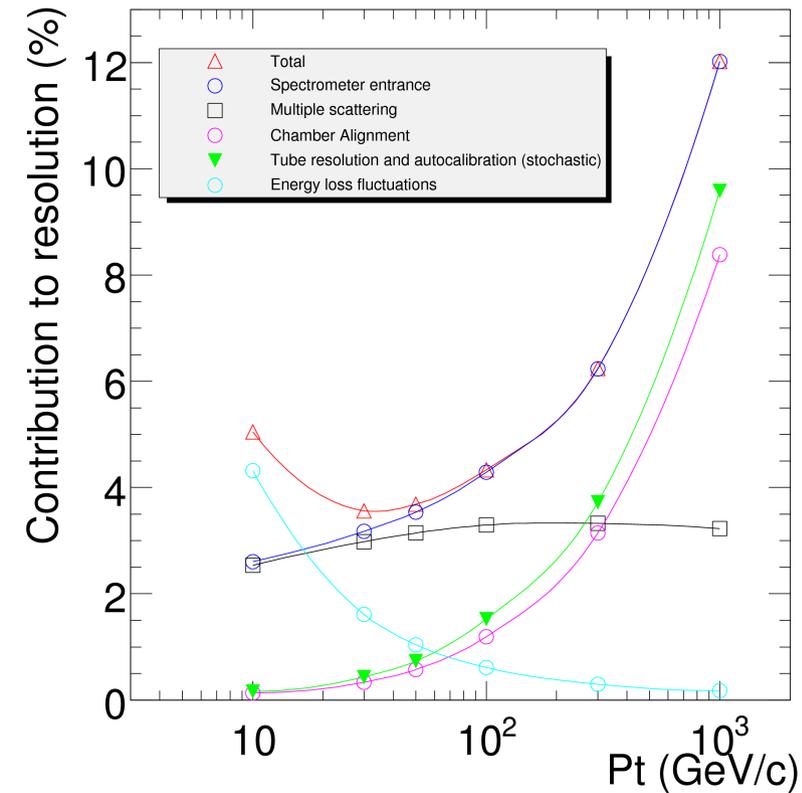


Étalonnage en énergie \rightarrow à $\sim 1\%$

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

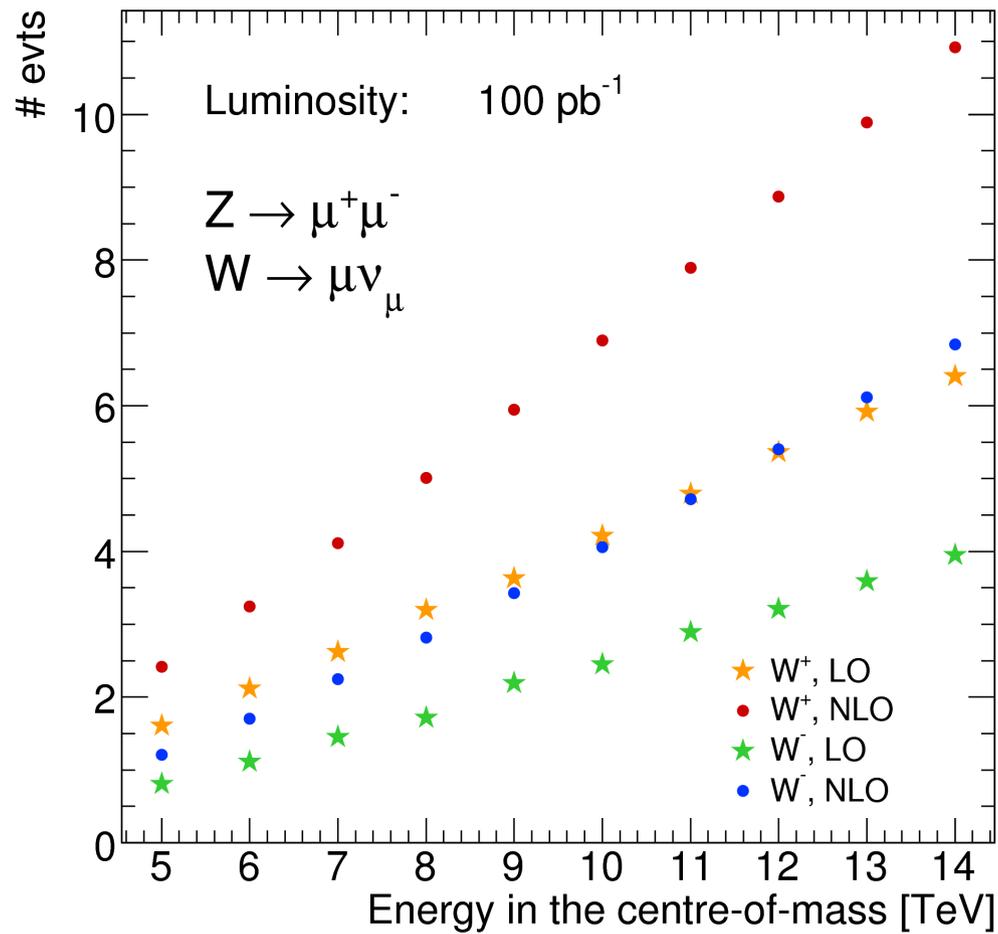
- Plein de choses à faire
- Reconstruction testée sur les cosmiques
 - Efficacités et résolutions attendues
- Dibosons : étude à compléter
 - Étudier l'impact de la résolution du spectromètre sur les couplages anormaux
 - Améliorer la sélection par des méthodes plus performantes que des coupures consécutives

THE END

Merci :-)

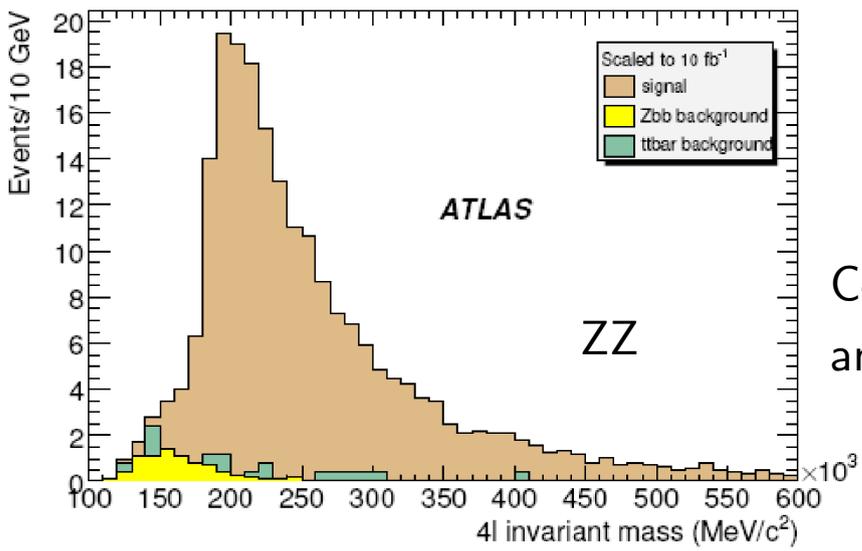
Backup...

Number of events for WZ

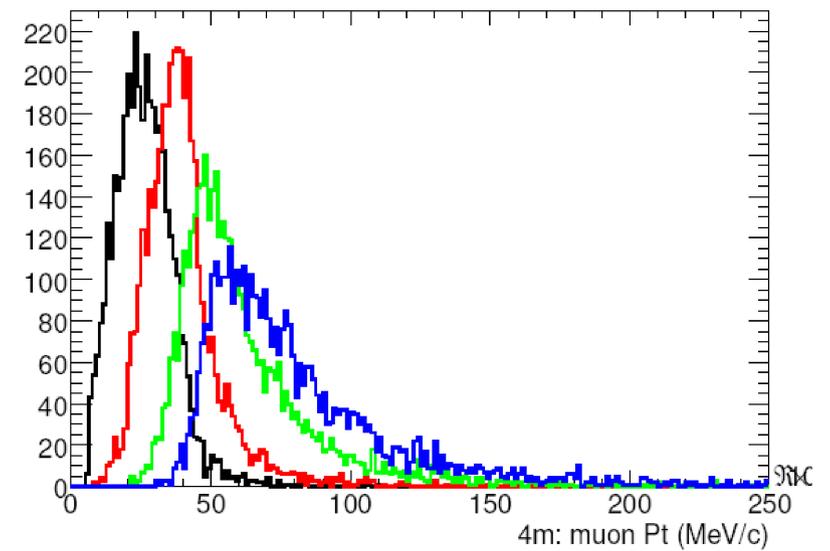
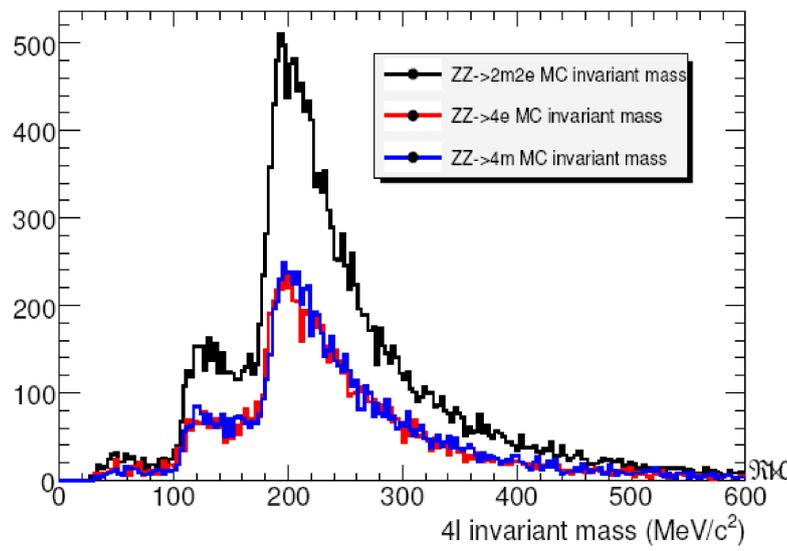
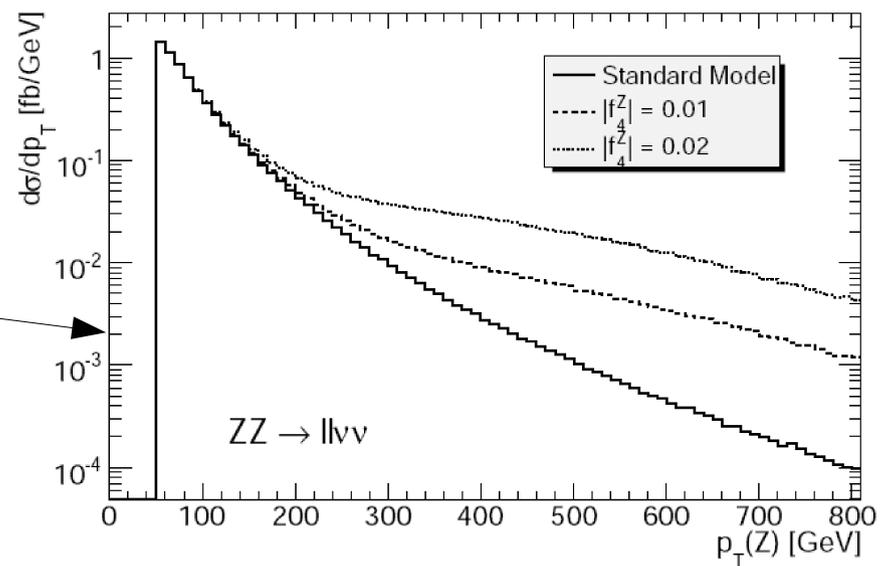


Événements attendus dans le cas des dibosons WZ.
Distinction entre les W^+ et les W^- .

Les ZZ

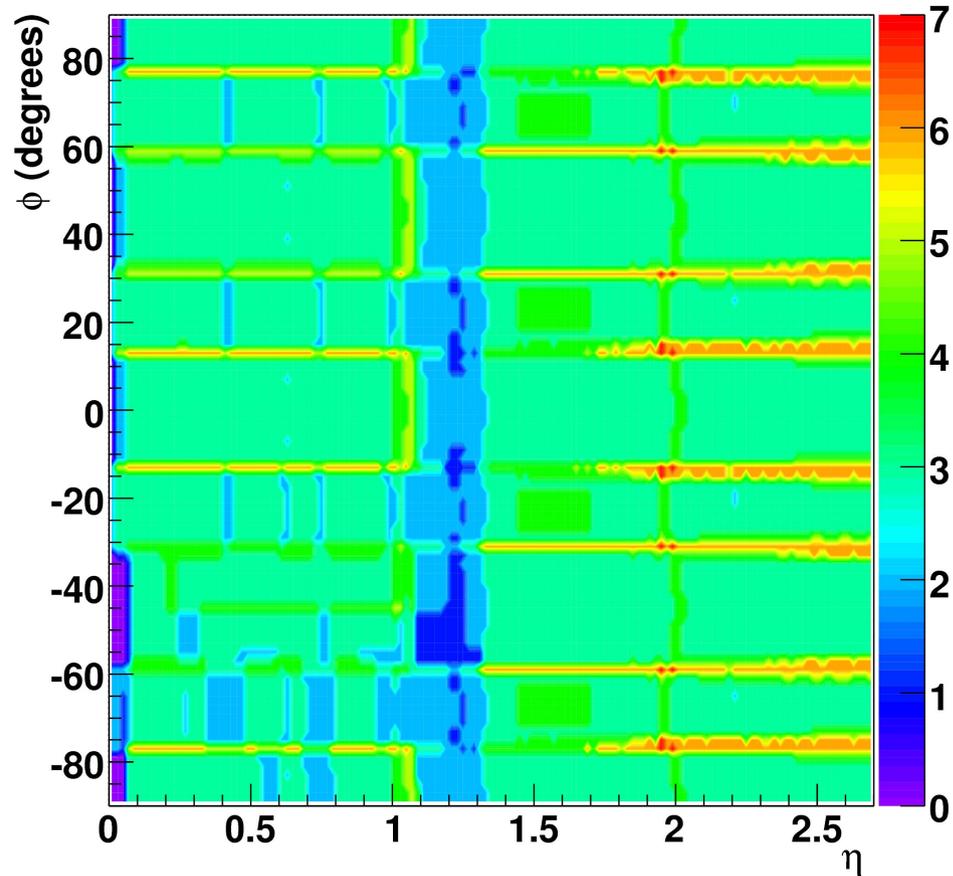


Couplages anormaux...

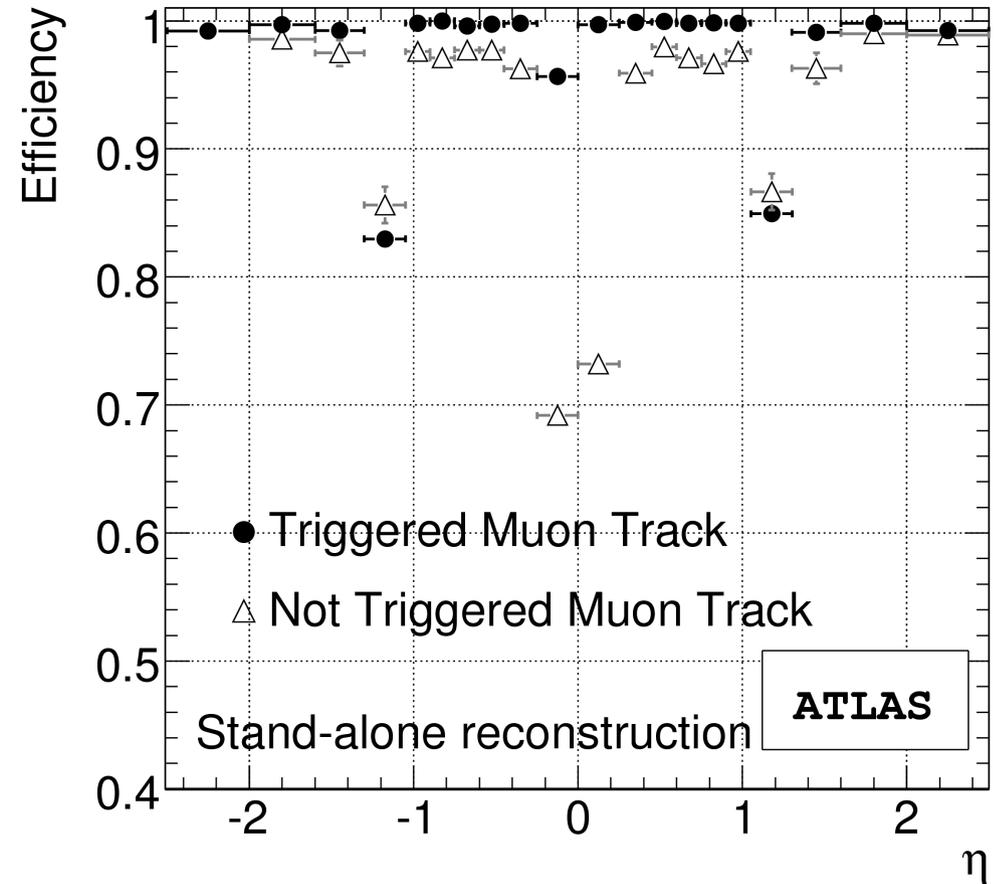


Efficacité du spectromètre

#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.

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

