



*Mesure de la section efficace de production
 $p+p \rightarrow W \rightarrow e \nu_e$ dans ATLAS
Reconstruction de l'énergie des électrons*

Thibault Guillemin (3^e année),

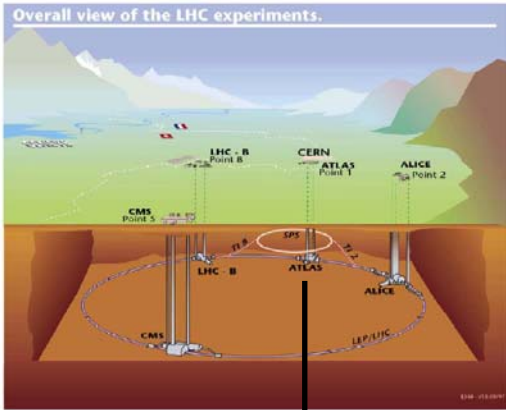
Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique des Particules

(LAPP, Annecy, France)

guillemin@lapp.in2p3.fr

JJC 2008: session "Physique électrofaible"

ATLAS en une minute



Couverture en η et performances:

Electrons: $|\eta| < 3.2$ (< 2.5 si trace)

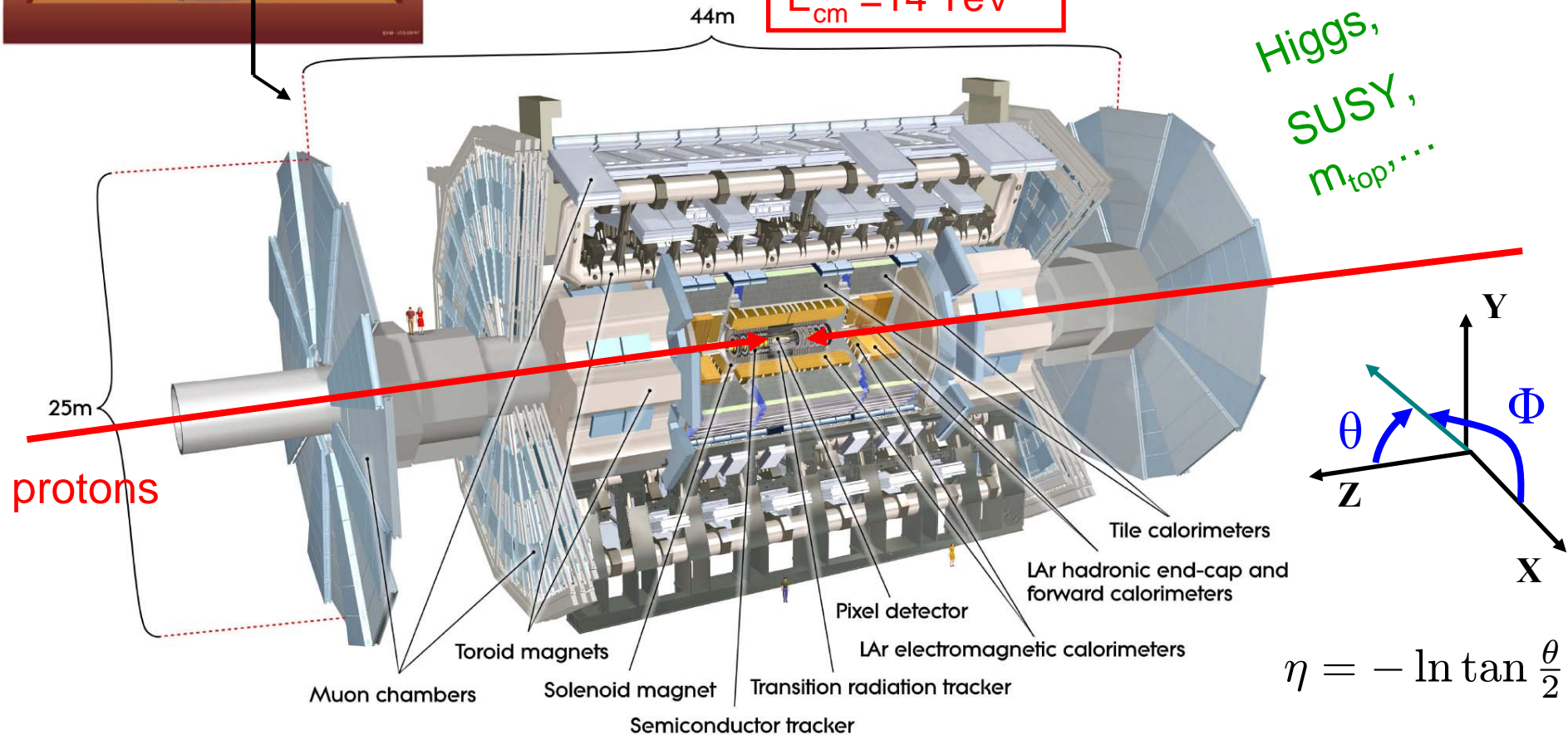
Muons: $|\eta| < 2.7$ (< 2.5 si trace)

$$\frac{\sigma_E}{E} \approx 2\% \text{ for } \sim 40 \text{ GeV}$$

$$\frac{\sigma_{p_T}}{p_T} \approx 4\% \text{ for } \sim 40 \text{ GeV}$$

$E_{cm} = 14 \text{ TeV}$

Higgs,
SUSY,
 m_{top}, \dots



Sommaire

Partie 1

Mesure de la section efficace de production $p+p \rightarrow W \rightarrow e \nu_e$

- Motivations
- Modes de production au LHC
- Méthodes d'analyse
- Résultats

Données MC

Partie 2

Reconstruction de l'énergie des électrons

- Calorimètres électromagnétiques
- Prédiction de constantes pour l'alignement en temps
- Evènements single beam
- Comparaison données – prédiction

1^{ères} données
du LHC

Physique du W au LHC: quels objectifs?

Compréhension du détecteur

- *standard candles*: ~ 4.000 $Wl\nu$ mesurés par pb^{-1}
- source leptons isolés $p_T \sim 40$ GeV
- contrôle de l'énergie transverse manquante

Mesures

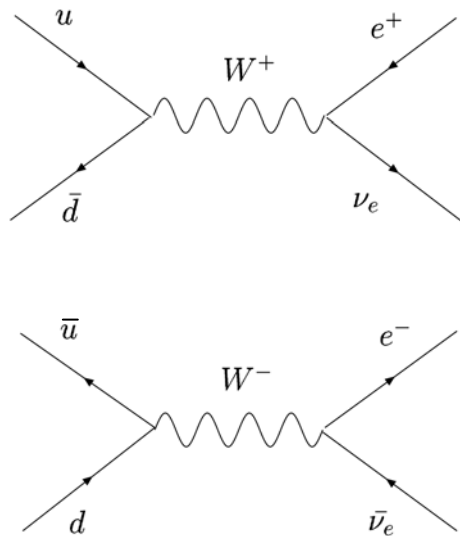
- $\sigma_{Wl\nu}$: parmi les premières mesures d'ATLAS
- luminosité
- asymétrie W^+/W^- → fonctions structure proton (u/d à bas x)
- secteur électrofaible: Γ_W, M_W

Bruit de fond pour les recherches

- topologie W +jets: SUSY, Higgs ($H \rightarrow WW$)
- haute masse transverse: boson lourd W'

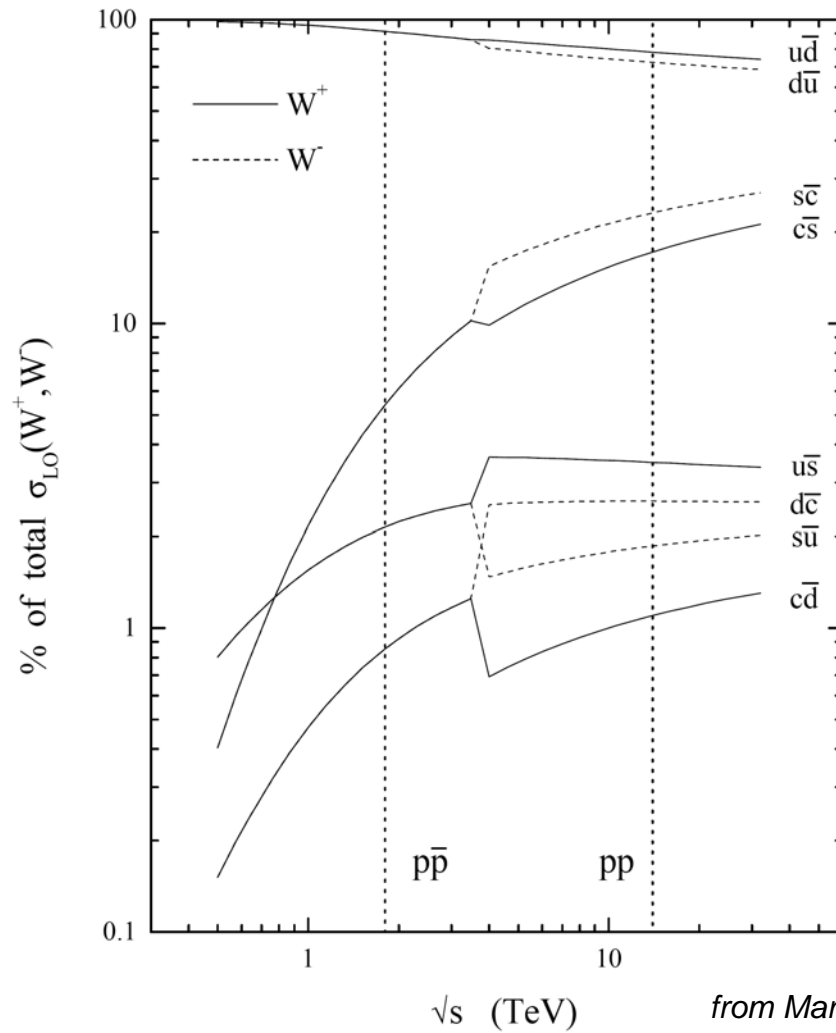
Mécanismes de production du W au LHC

Processus Drell-Yan
à l'ordre dominant



$$\frac{\sigma_{W^+}}{\sigma_{W^-}} \sim 1.4$$

Décomposition en saveurs de σ_{tot} au LO



valence - mer

mer - mer

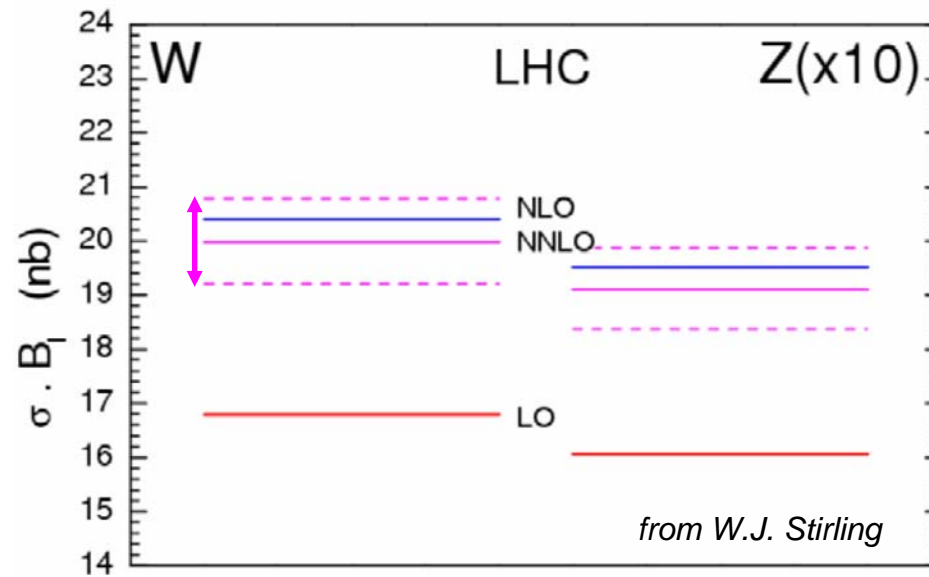
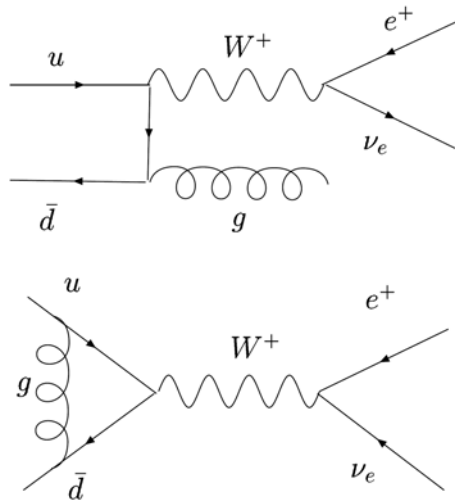
from Martin et al.,
hep-ph/9907231

Calcul de la section efficace

Théorème de factorisation

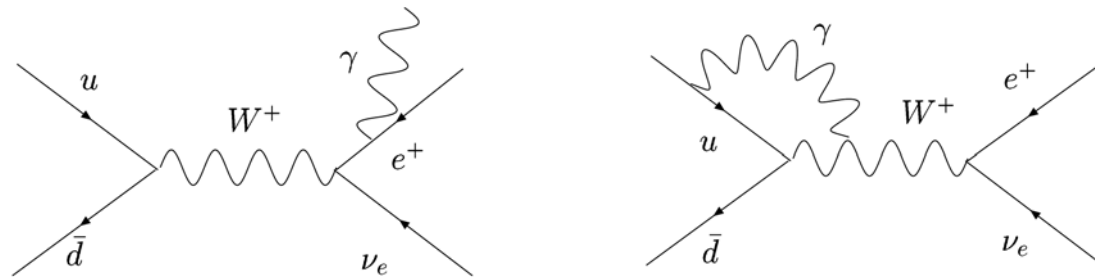
$$\sigma(p + p \rightarrow X) = \sum_{(a,b)} \int_0^1 dx_a dx_b f_a(x_a, \mu_F) f_b(x_b, \mu_F) \hat{\sigma}(a + b \rightarrow X, \hat{s}, \mu_R)$$

Diagrammes NLO QCD

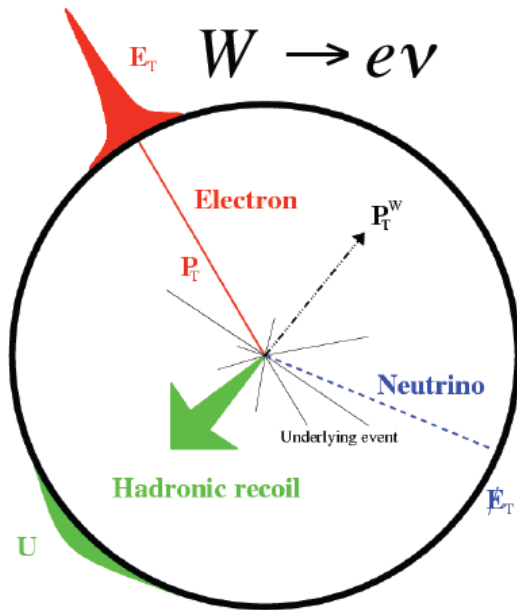


incertitude théorique: ~4% (PDFs + échelles μ_R, μ_F)

Diagrammes NLO EW



Mesure de la section efficace: stratégie d'analyse



Sélection des évènements: méthode des coupures

- 1) Online: trigger electron (>22 GeV)
- 2) Offline:
 - “bon” candidat électron tel que $E_T > 25$ GeV, en dehors des cracks
 - MET > 25 GeV

Bdfs déterminés à partir des MC et des données

Luminosité mesurée par des détecteurs dédiés

$$\sigma_{pp \rightarrow W e \nu_e} = \frac{N_{mes} - N_{bckgd}}{A \times \epsilon \times \int L dt}$$

Acceptance calculée à partir des MC
 → systématique principale: pdfs

Efficacités de reconstruction trigger + offline

Dans la suite: simulation complète d'évènements de signal et bruit de fonds (Pythia)

→ données normalisées à 50 pb^{-1} (~1/2 statistique 2009)

Bruits de fond (1/2)

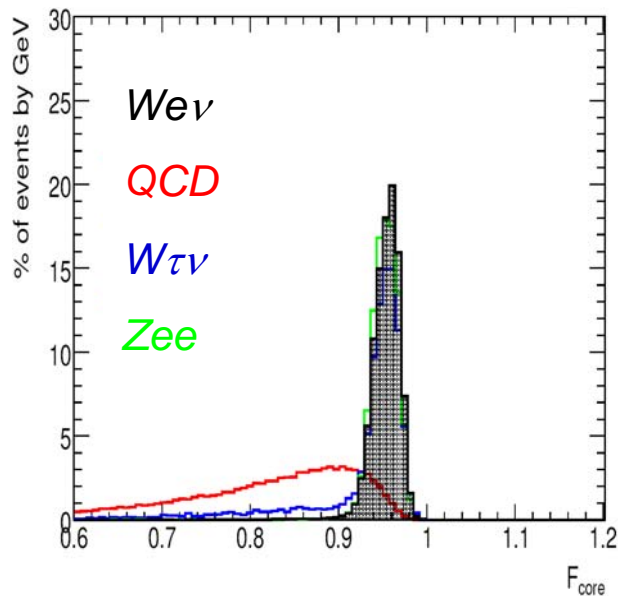
Signal caractérisé par: électron haute E_T et haute MET

→ bruits de fonds possibles:

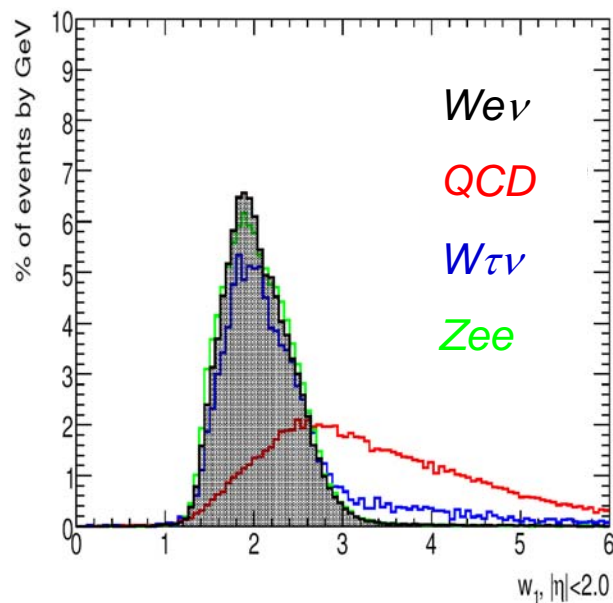
- irréductible: $W \rightarrow \tau \nu_\tau$ avec $\tau \rightarrow e \nu_e \nu_\tau$
- Zee : un électron n'est pas détecté
- QCD (multijets): π^\pm , e^- de conversion ou de quarks légers
- t - $tbar$: négligeable

} + mauvaise reconstruction de MET

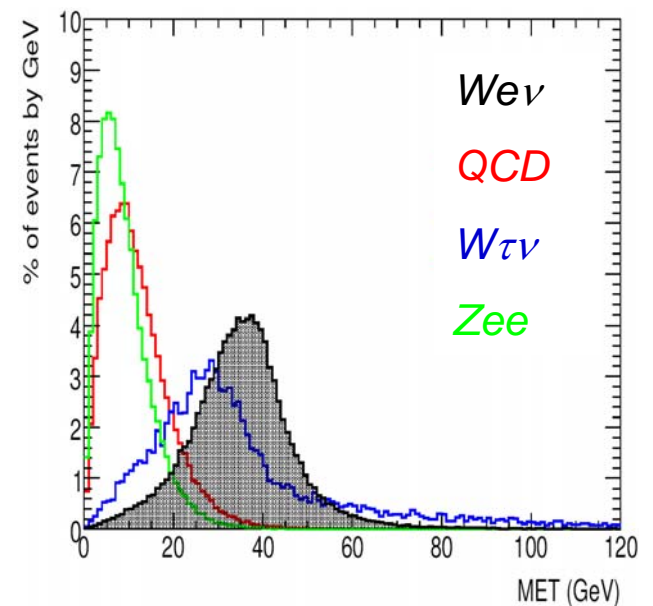
Forme gerbe EM



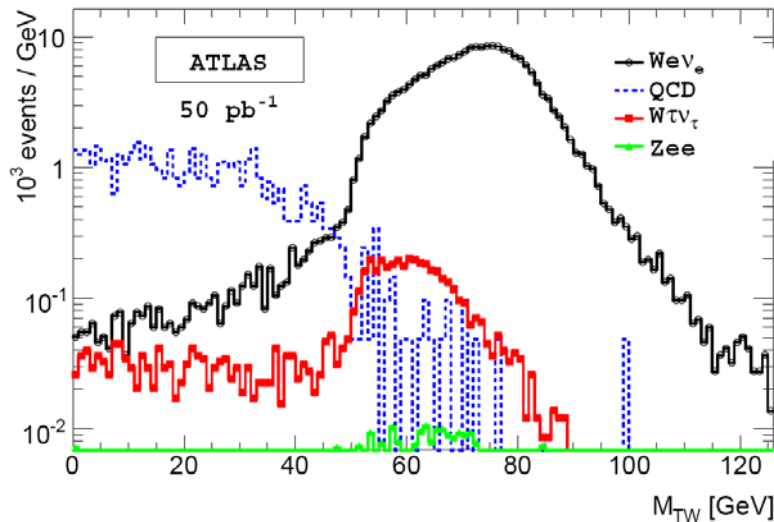
Largeur totale gerbe EM



MET



Bruits de fond (2/2)



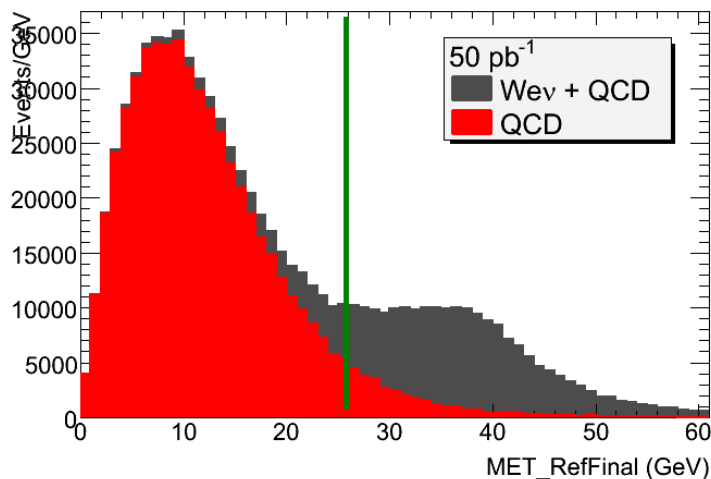
Niveaux des bruits de fond après coupure:

QCD: ~20%

$W \rightarrow \tau\nu$: 2.5%

Zee: 0.3%

Le bruit de fond QCD doit être extrait à partir des données



- E_T^{miss} : forme extraite échantillon **~pure jets**

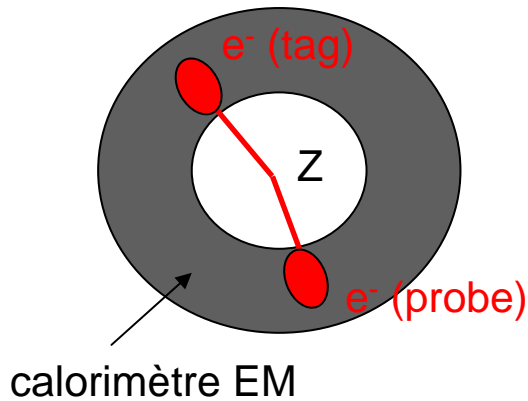
Exemples:

- photon trigger + pas de traces associées
- anti-isolation pour l'électron

- normalisation: **side-band** dans échantillon signal

➔ estimation du bruit de fond à **~20%**

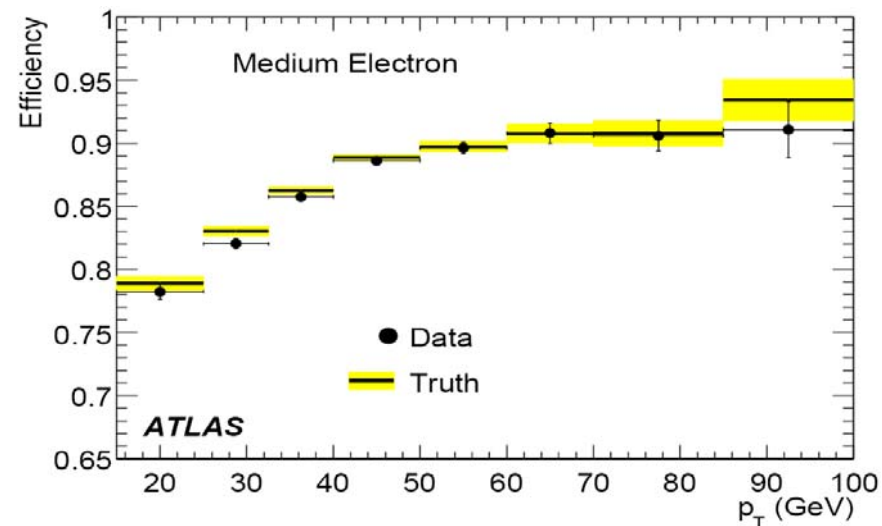
Efficacités de sélection



Méthode tag-and-probe sur les événements Zee

- définition d'un électron passant toutes les coupures → **tag**
- définition d'un électron passant toutes les coupures sauf une → **probe**
- + contrainte à la masse du Z

Exemple:
efficacité de
reconstruction de
l'électron



→ pas de biais
systématique
dans la méthode

Incertitude sur l'efficacité
combinée (trigger+offline): $\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} = 3\%$

Résultats – Conclusion W

Résumé des incertitudes

$$\sigma = \frac{N - B}{A \times \varepsilon_{total} \times \int L dt}$$

Paramètres	$\Delta\sigma/\sigma$
N	0.4%
B	5%
ε_{total}	3%
acceptance	2%
luminosity	10-20%

$$\Delta\sigma/\sigma \sim 0.4\% \text{ (stat)} \pm 6\% \text{ (syst)} \pm 10\text{-}20\% \text{ (lumi)}$$

Contrôle du bruit de fond QCD = paramètre clé pour la mesure

Partie 1

Mesure de la section efficace de production $p+p \rightarrow W \rightarrow e\nu_e$

- Motivations
- Modes de production au LHC
- Méthodes d'analyse
- Résultats

Données MC

Partie 2

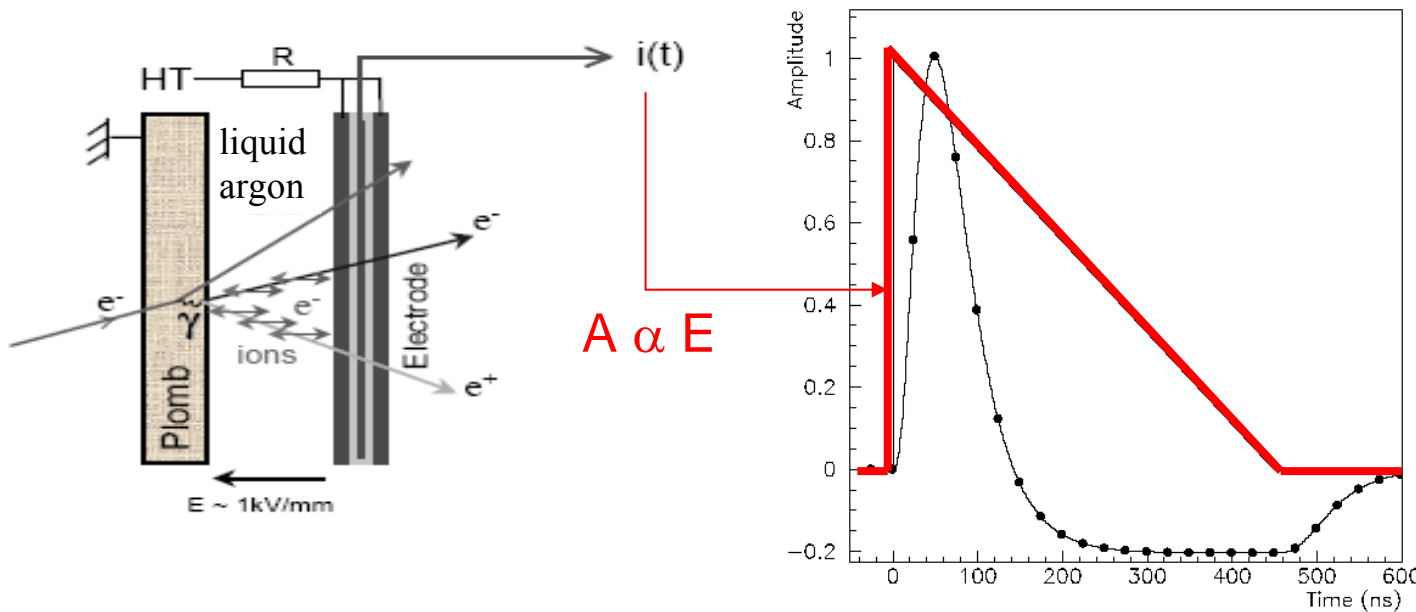
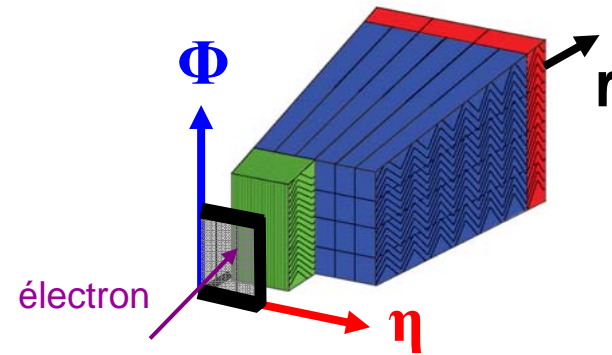
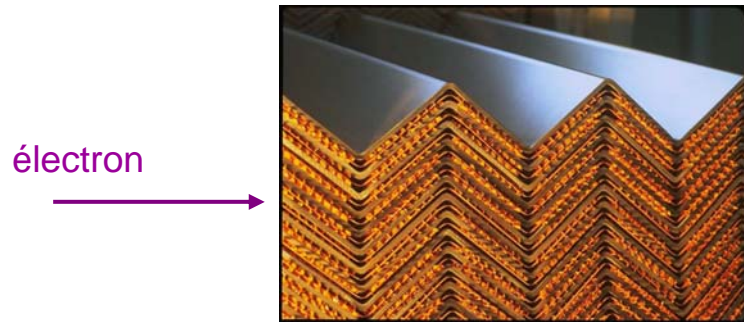
Reconstruction de l'énergie des électrons

- Calorimètres électromagnétiques
- Prédiction de constantes pour l'alignement en temps
- Evènements single beam
- Comparaison données – prédiction

1^{ères} données
du LHC

Reconstruction de l'énergie dans les calorimètres EM

Principe: calorimètre à échantillonnage Ar/Pb



- 1) signal mis en forme (préamplification + filtre bipolaire)
- 2) échantillonnage à 40 MHz
- 3) digitisation

Calcul de l'énergie et du temps: **méthode de filtrage optimal** avec 5 échantillons

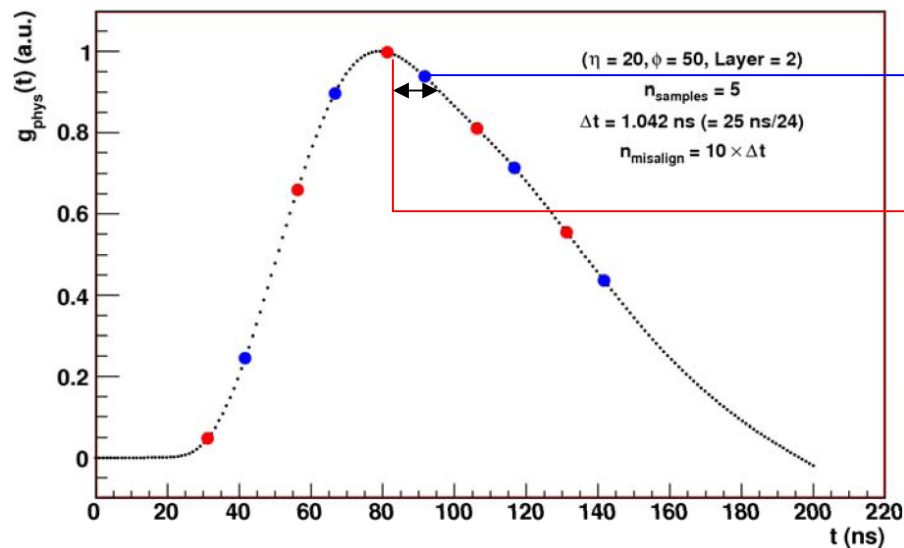
$$E = f \sum_{i=1}^5 a_i (s_i - ped) \quad \tau E = f \sum_{i=1}^5 b_i (s_i - ped)$$

$a_i, b_i = \text{OFCs}$

Alignement en temps

Echantillonnage à 40 MHz

→ énergie non biaisée si un échantillon \equiv maximum du signal



sans délai

après ajustement

biais $\sim 1\%$ pour 10 ns

$$\text{nominal: } \frac{\sigma(E)}{E} = \frac{10\%}{\sqrt{E}} \oplus 0.7\%$$

- carte d'électronique: 128 canaux d'un même compartiment dans un intervalle en η
- 1 délai par carte ajustable par pas de 0.1 ns
- échantillonnage en moyenne au maximum (+ choix du meilleur jeu d'OFCs par canal)

Objectif: prédiction de ~ 1300 délais pour aligner en temps les cellules pour les 1^{ères} collisions

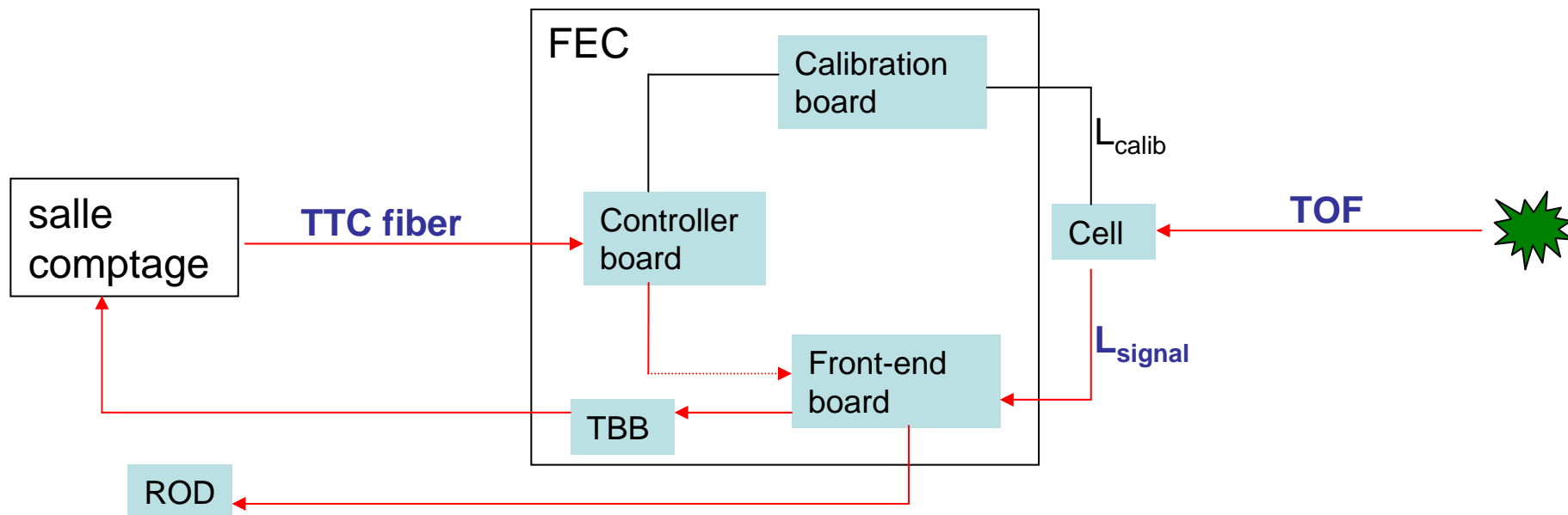
Prédiction des délais pour l'alignement

Prédiction de temps relatifs pour la physique

Idée: mesurer le temps dans des runs d'étalonnage et appliquer des corrections

$$\text{par canal: } t_{\text{PhysPredicted}} = t_{\text{Cali}} - L_{\text{Calib}} \cdot s_{\text{Calib}} + \text{TOF} + \text{TTCcabling}$$

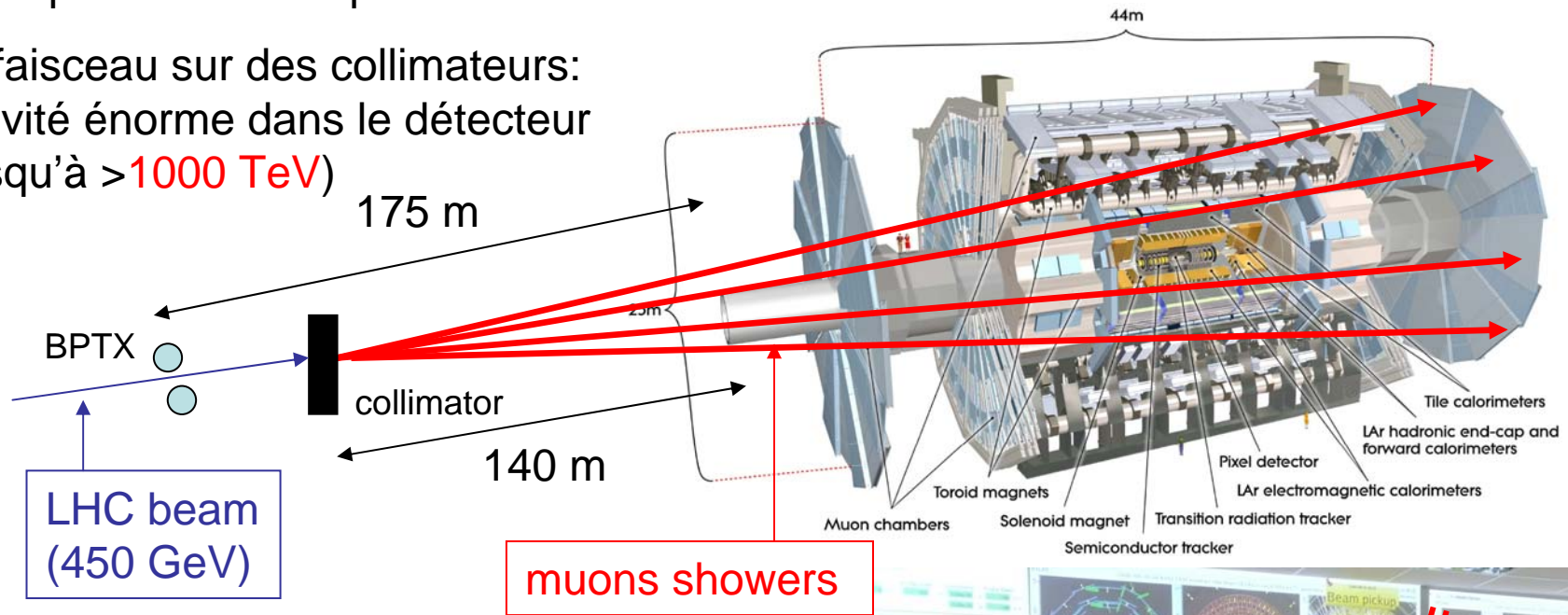
- t_{Cali} : temps au pic du pulse d'étalonnage
- L_{Calib} : longueur du câble d'étalonnage
- s_{Calib} : vitesse du signal dans le câble d'étalonnage
- TOF: temps de vol depuis le vertex
- TTCcabling: corrections dues au câblage du système de déclenchement



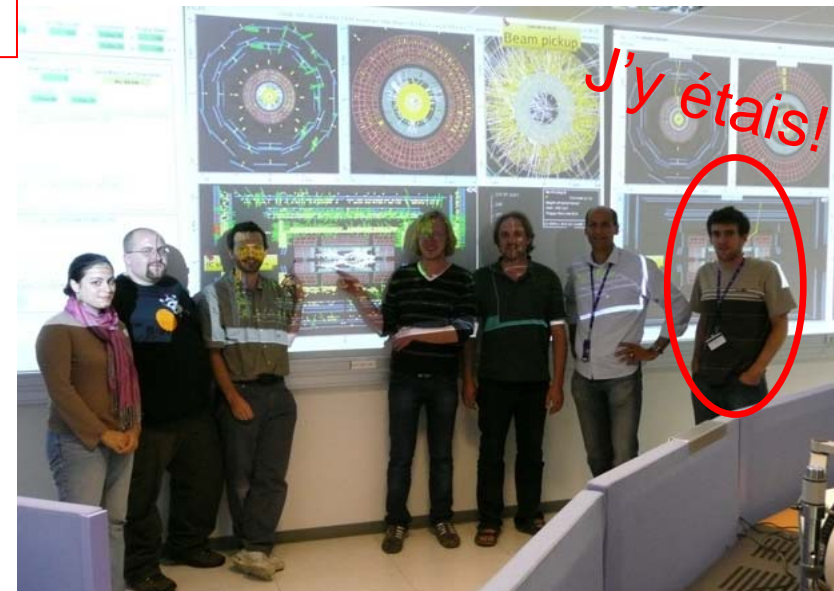
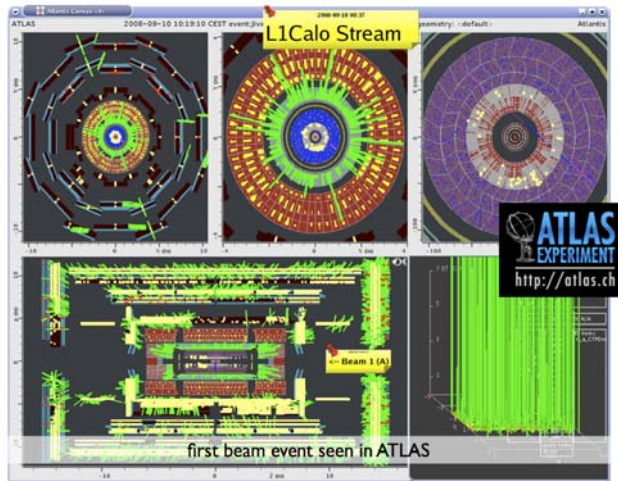
Premier faisceau du LHC

10 September 2008: premier faisceau du LHC

→ faisceau sur des collimateurs:
activité énorme dans le détecteur
(jusqu'à >1000 TeV)

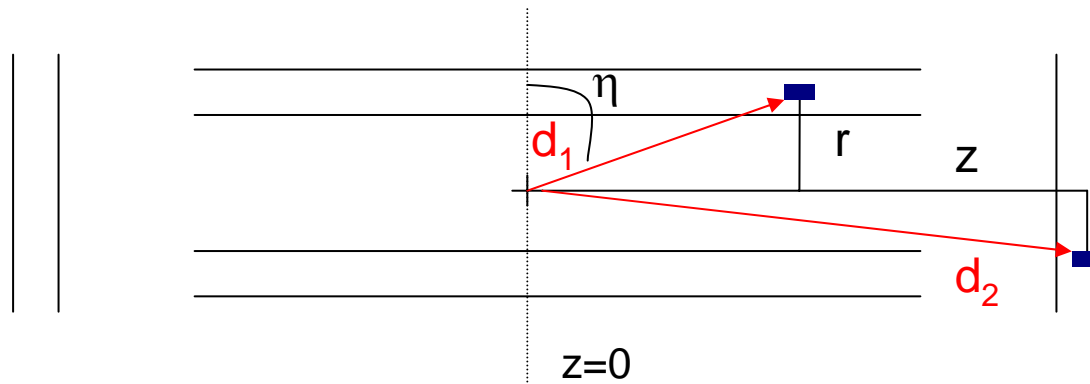


1^{er} évènement
du LHC dans
ATLAS!



Calcul du temps pour les cellules

- Temps calculé en 2 étapes:
 - 1) utiliser l'itération des OFCs $\rightarrow t_{OFC}$
 - 2) appliquer une correction de temps de vol
- Hypothèse: les muons se propagent en même temps selon l'axe z

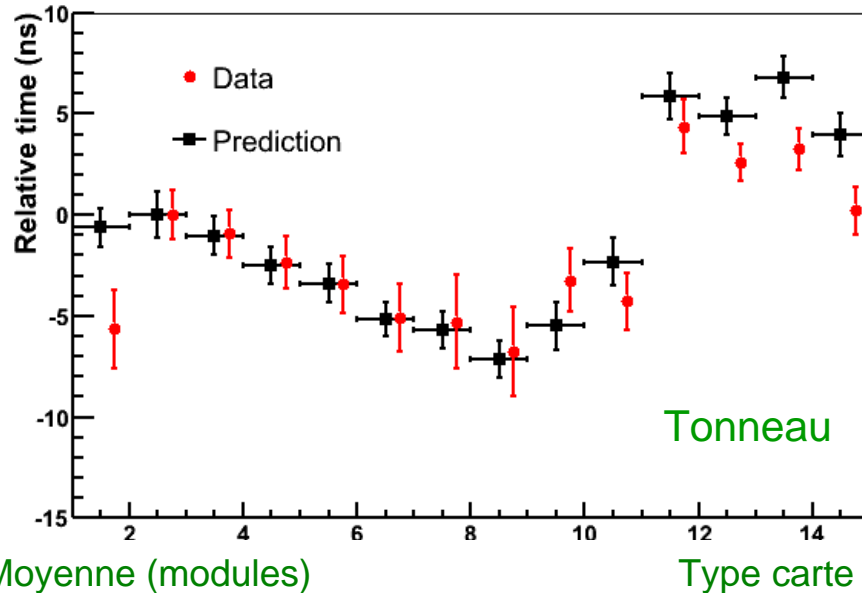


$$d_1 = r \cosh(\eta) \quad \longrightarrow \quad t_1 = t_{OFC} + \frac{r}{c} (\cosh(\eta) - \sinh(\eta))$$

$$d_2 = \frac{z}{\tanh(\eta)} \quad \longrightarrow \quad t_2 = t_{OFC} + \frac{z}{c} (\tanh(\eta) - 1)$$

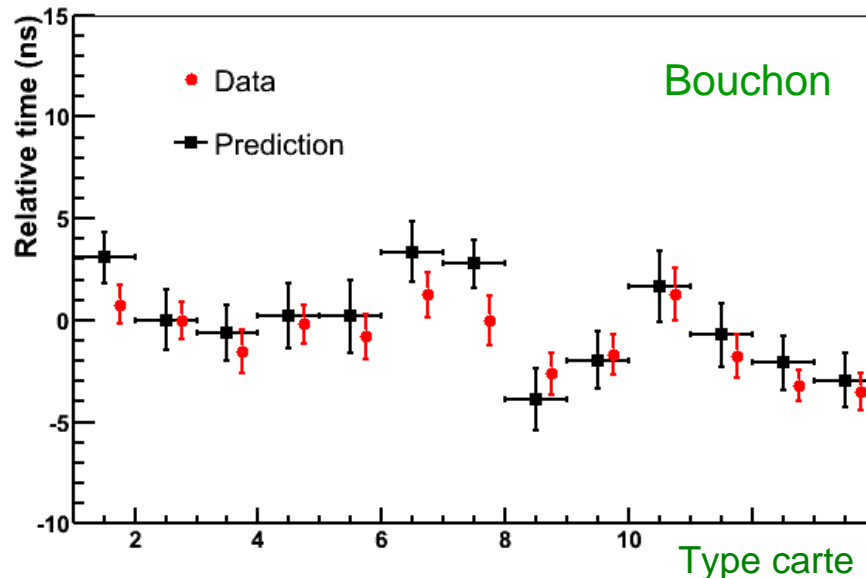
Résultats – Conclusion pour l'alignement en temps

Moyenne (modules)



calorimètres électromagnétiques
côté C

Moyenne (modules)

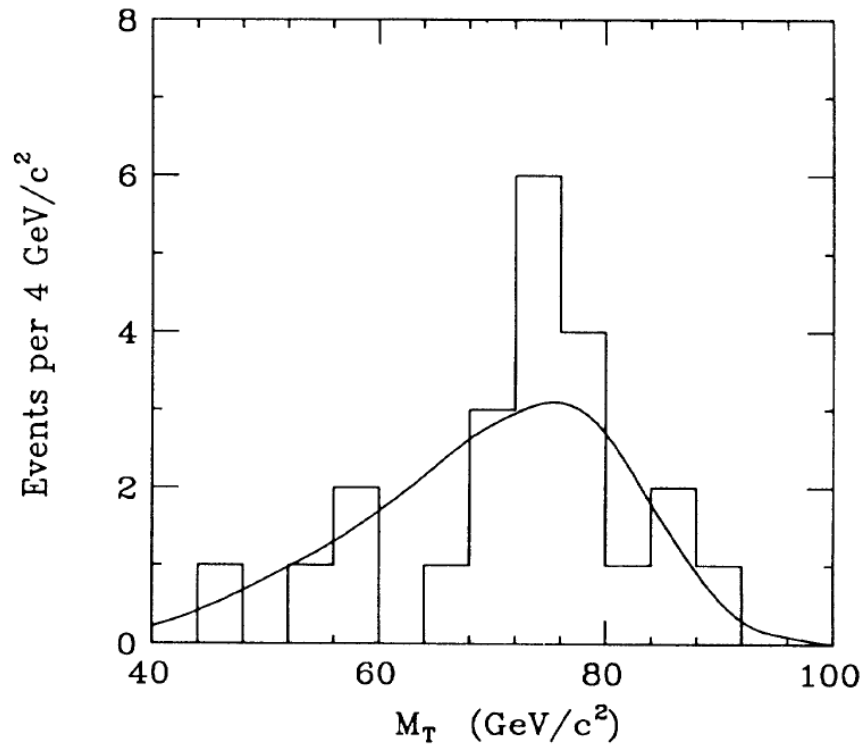


- temps moyenné sur les différents modules en Φ pour le tonneau et le bouchon
- erreur \equiv dispersion sur les modules
- slot \equiv 1 type de cellules dans un intervalle en η donné
- ~ 85.000 cellules considérées
- accord global: **<5 ns**
- ➔ amélioration avec 1^{ères} collisions
- nombreux effets fins de la chaîne électronique observables

Redémarrage du LHC: été 2009

→ collisions à 10 TeV en 2009

Observation des premiers W's du LHC en 2009?



Premier pic du W au Tevatron (1989)

22 évènements (25.3 nb⁻¹)

*PRL*62 9 (1989)