

Journées Jeunes Chercheurs 2008

- Étude de la section efficace de production du boson Z dans le canal électronique à 14 TeV dans l'expérience ATLAS au LHC
 - Mise en route du calorimètre électromagnétique

Olivier Arnaez

sous la direction de Corinne Goy

LAPP, Université de Savoie, CNRS/IN2P3, Annecy-le-vieux, France

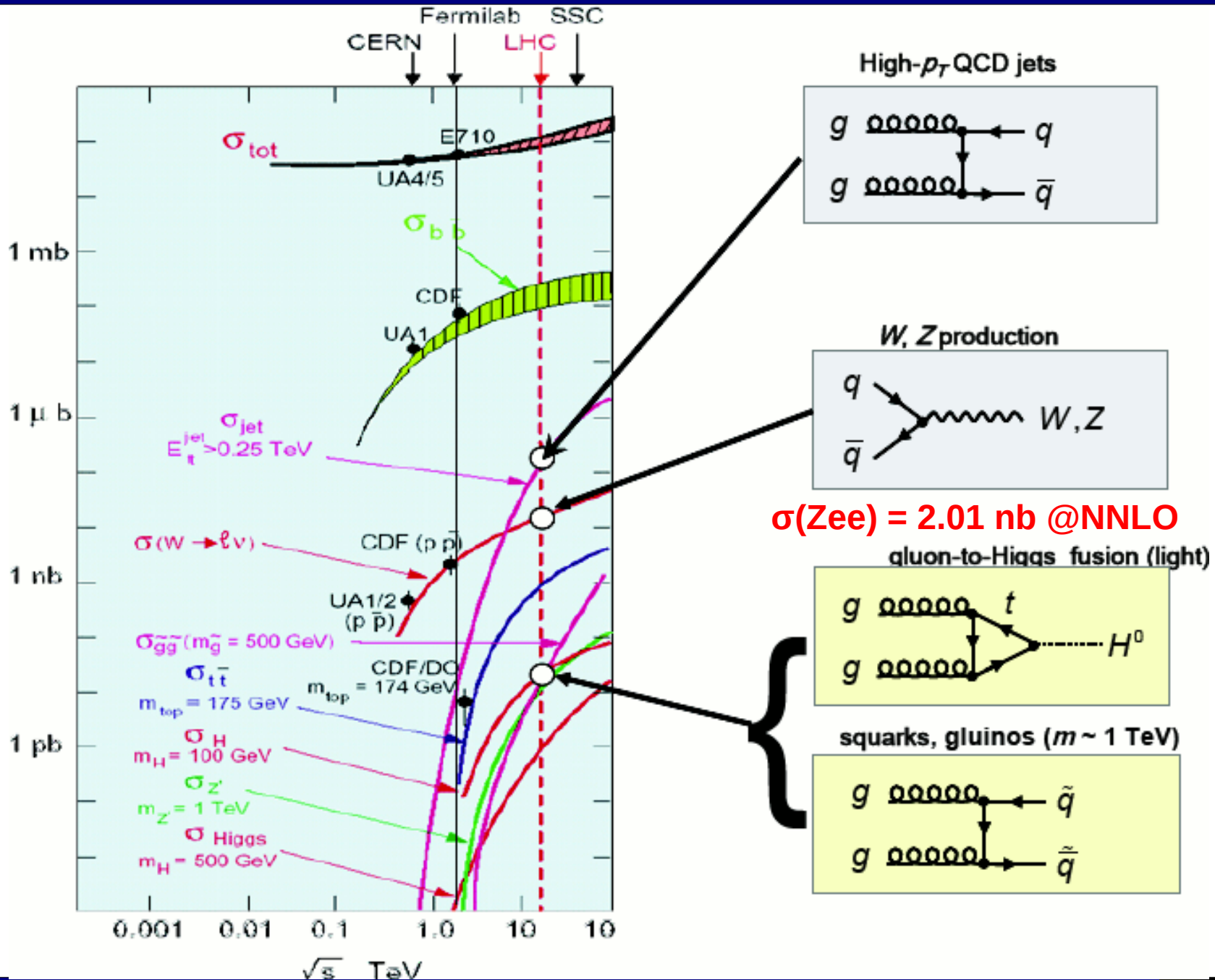
Sommaire

- Introduction
 - Canal $Z \rightarrow e^+e^-$ et section efficace de production du Z
 - Expérience ATLAS et calorimètre EM
- Travail de première année
 - Analyse Zee dans les pseudo-données
 - Mesure des efficacités de sélection des électrons
 - Description de la méthode « Tag and Probe »
 - Résultats
 - Systématiques
 - Contribution à la sélection des événements Zee
 - Études d'isolation
 - Présélection des événements Z et W

Le boson Z

- Boson de jauge
- Neutre
- Spin 1
- Durée de vie : $3 \cdot 10^{-25}$ s
- Apparition dans la théorie électrofaible (Glashow, Salam et Weinberg)
- Observation des courants neutres avec Gargamelle au CERN en 1973
- Découvert au CERN (UA1 et UA2) en 1983
- Mesures de précision au LEP

Section efficace de production



Objectifs de Physique au LHC

Recherche du (liste non exhaustive) :

- Boson(s) de Higgs
- $SU_{\text{per}} SY_{\text{metry}}$
- Nouveaux bosons de jauge lourds
- « Compositeness » des quarks
- Mesures de précision :
 - Masses du W et du top
 - Couplages aux bosons de jauge
 - Violation de CP
 - Triangle d'unitarité CKM

Le Large Hadron Collider

Alpes

Jura

Travail

Lieux de
débauche

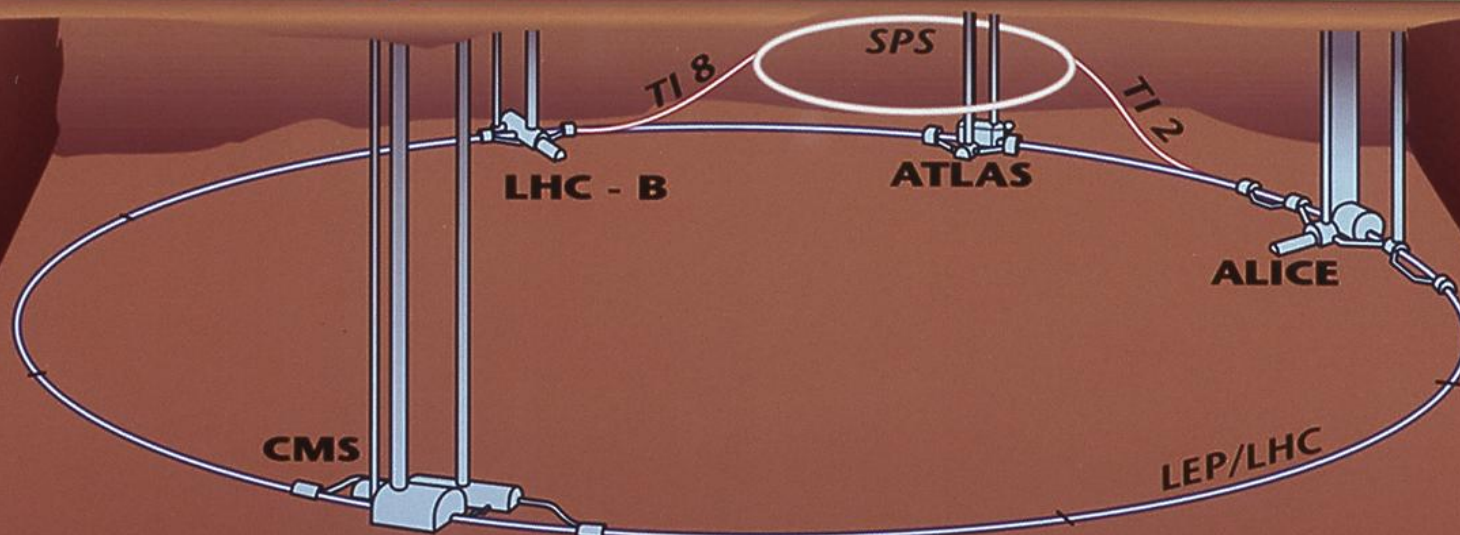
CMS
Point 5

LHC - B
Point 8

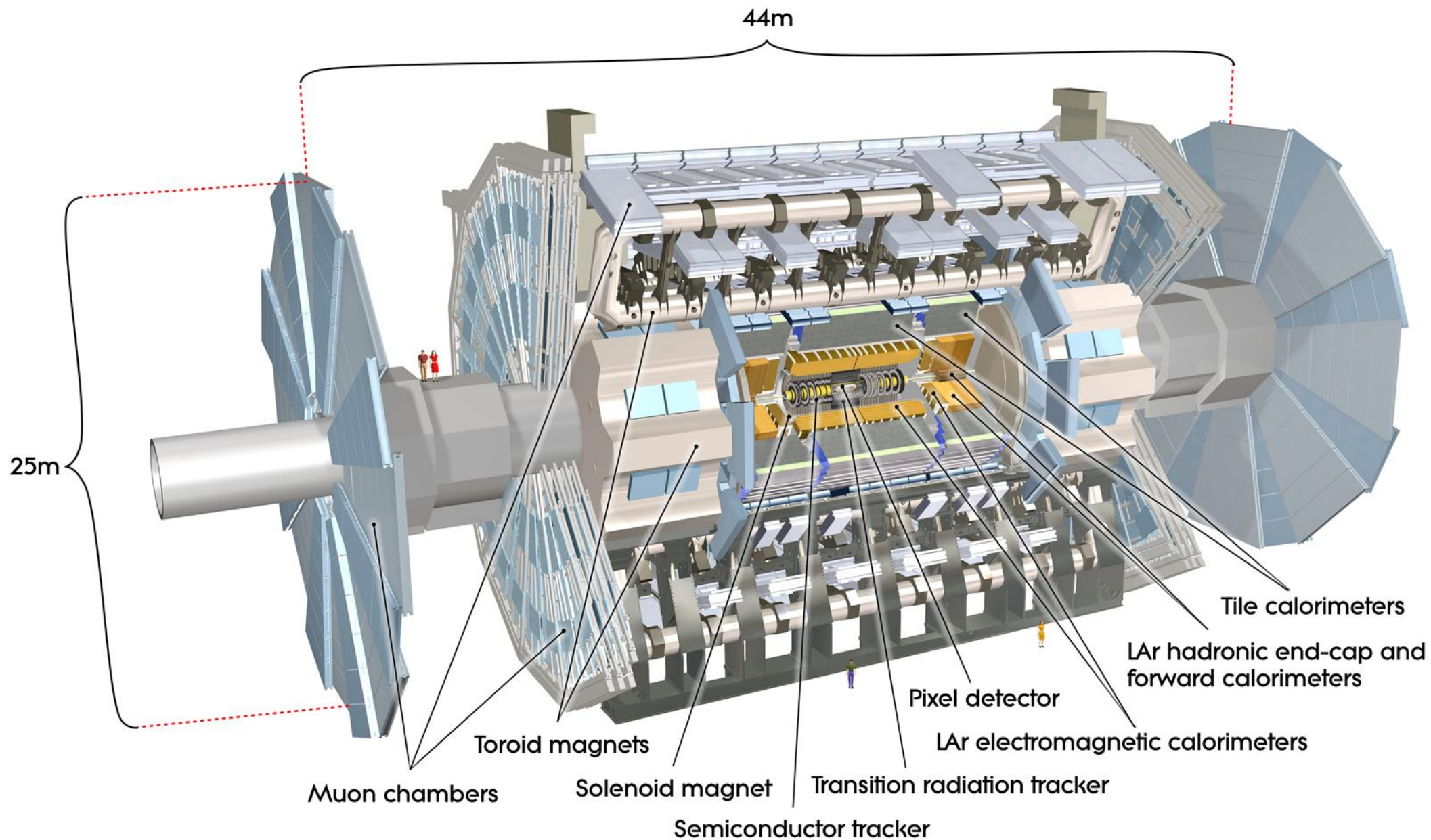
CERN

ATLAS
Point 1

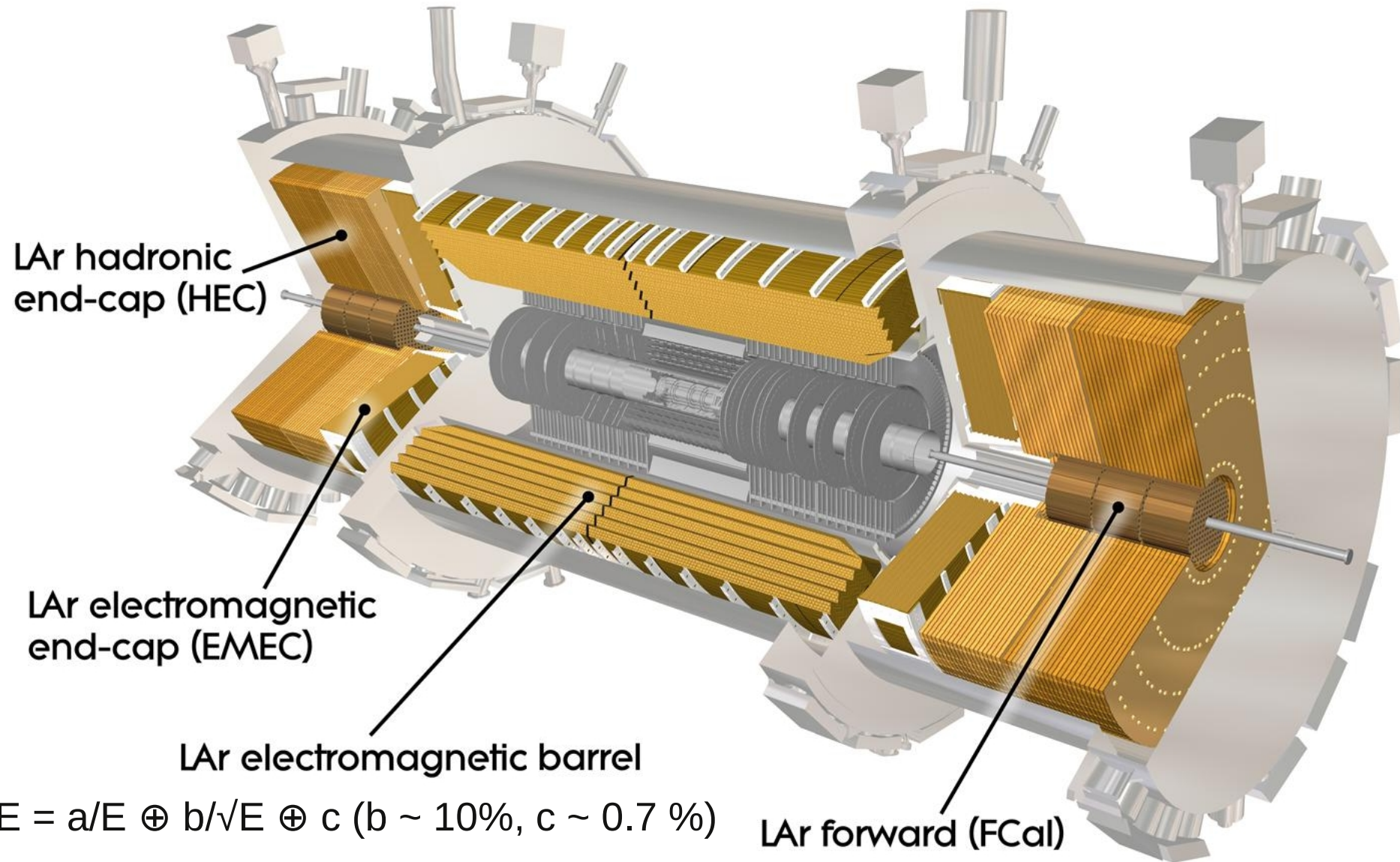
ALICE
Point 2



ATLAS : A Toroidal LHC ApparatuS



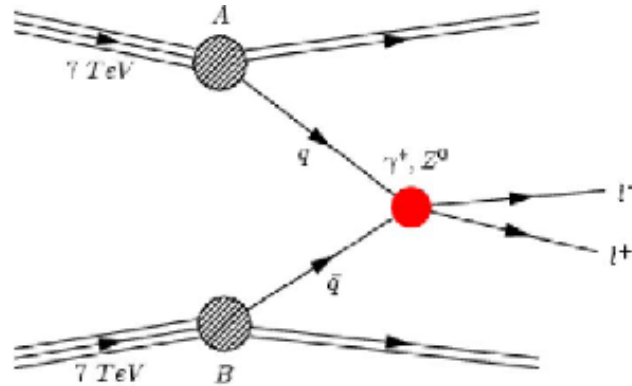
Les calorimètres d'ATLAS



- $\sigma(E)/E = a/E \oplus b/\sqrt{E} \oplus c$ ($b \sim 10\%$, $c \sim 0.7\%$)
- $\sigma(\Phi) \sim 10^{-3}$ rad pour les électrons avec $\eta < 2.5$
- $\sigma(\eta) \sim 5 \cdot 10^{-4}$ rad

Le canal $Z \rightarrow e^+e^-$

- Dans les collisions pp, annihilation quark (valence + mer)-antiquark de la mer \rightarrow boson Z



- Intérêt physique :
 - Mesure de la section efficace de production à 14 TeV
 - Amélioration des fonctions de structure (section différentielle)
 - $d\sigma_Z/dy$ contraint $d\sigma_W/dy$
 - Bruit de fond pour la nouvelle physique

Zee dans les premières données

- Pic du Z = contrainte unique car masse bien connue :

$$M_Z = 91.1876 \pm 0.0021 \text{ GeV}$$

- Utilisé au démarrage et pour le monitoring
 - Mesure de l'uniformité du calorimètre
 - Mesure des efficacités de déclenchement
 - Échelle d'énergie des électrons
 - Mesure des efficacités de sélection

Travail de thèse

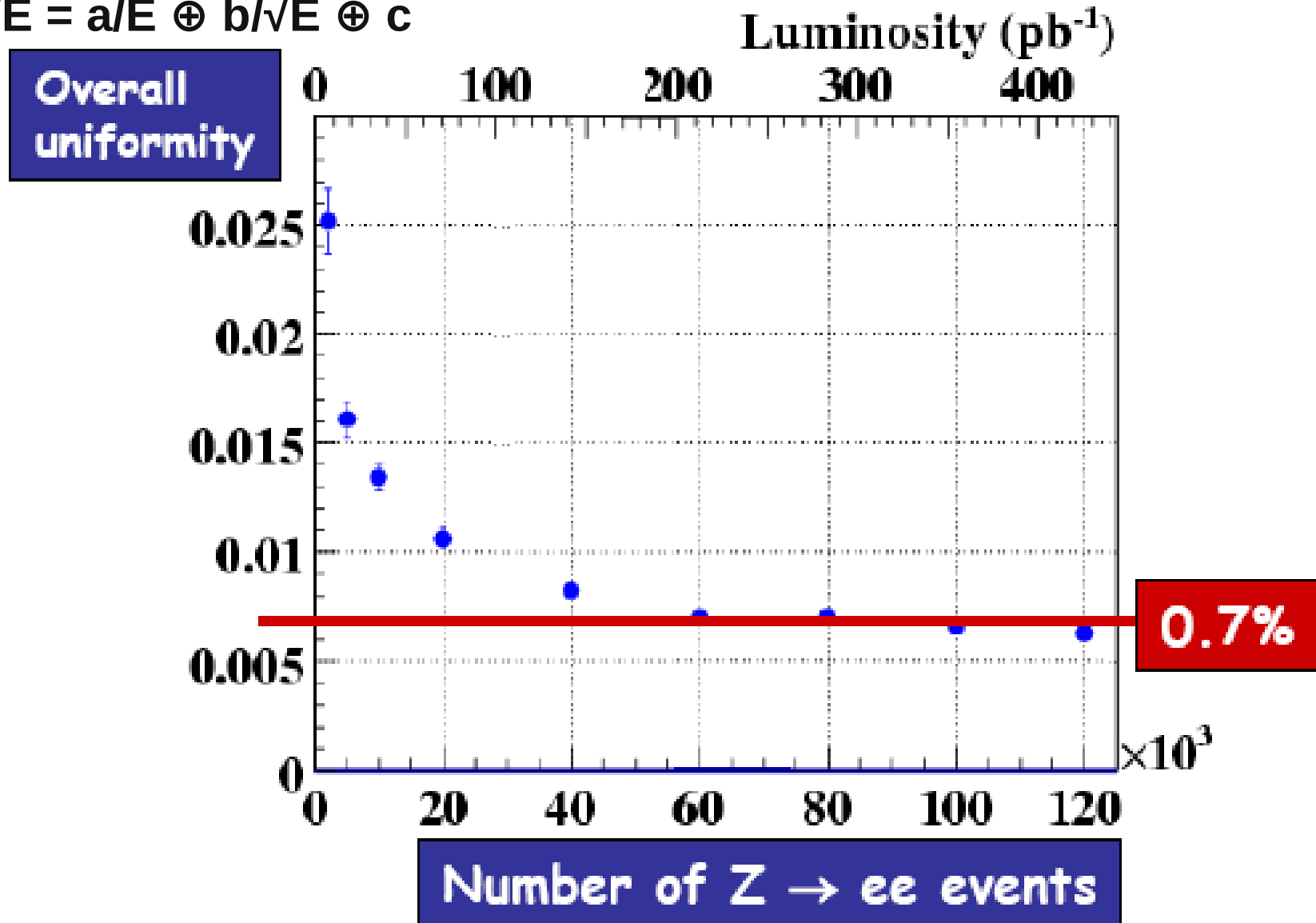


Exemple d'utilisation de Zee

Intercalibration utilisant le pic du Z

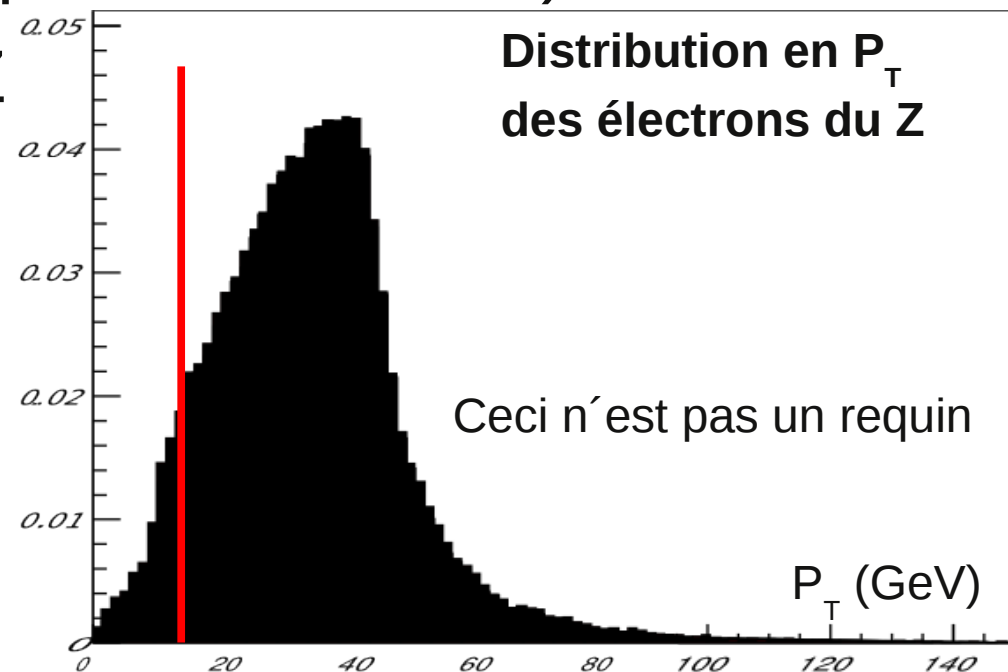
(terme « c » dû aux différences entre les modules du calorimètre)

$$\sigma(E)/E = a/E \oplus b/\sqrt{E} \oplus c$$



Événements Zee dans ATLAS

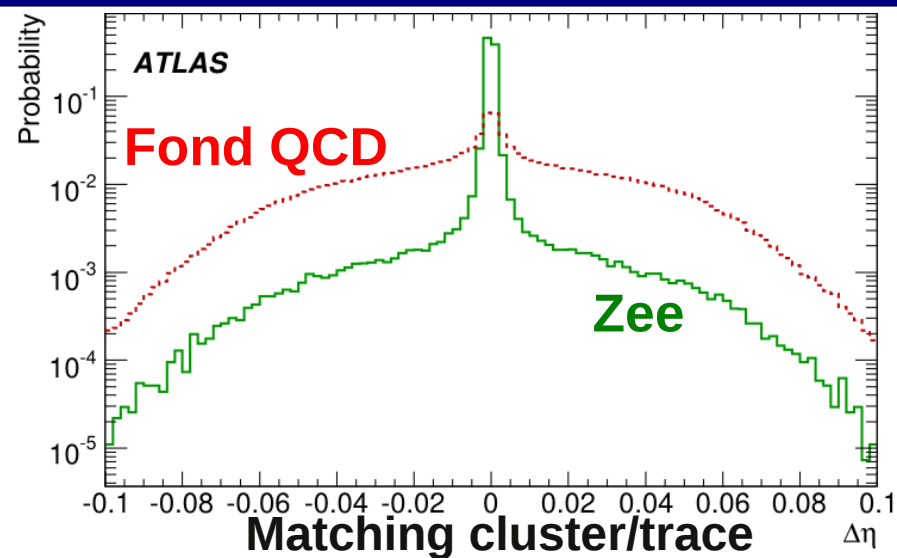
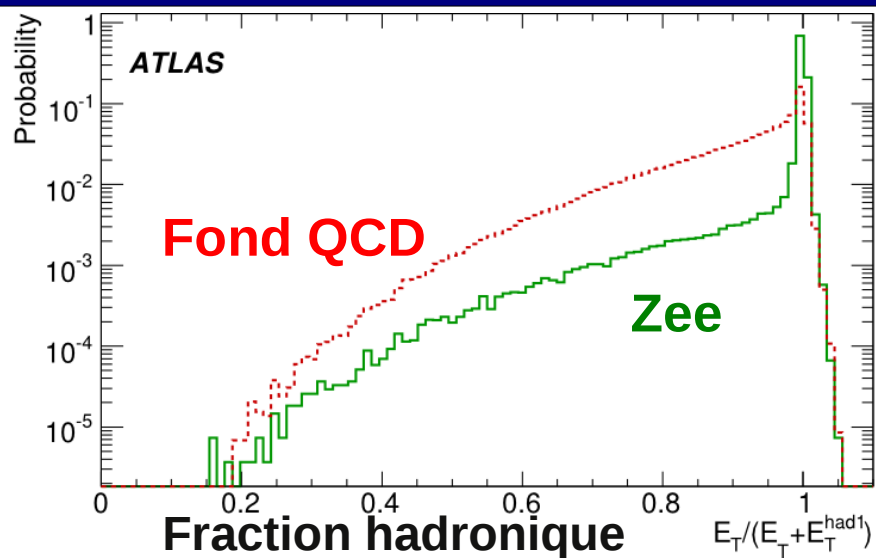
- Stratégie de sélection
 - Déclenchement : chaîne EM avec Cluster > 10 GeV
 - Acceptance : $|\eta| < 2.5$ (limite du TRT), excluant $1.3 < |\eta| < 1.6$ (« cracks » = séparation des cryostats) et $P_T > 15$ GeV
 - Sélection des e^- (voir transparents suivants)
 - Extraction du nombre de Z (comptage ou fit de forme)
- Fonds :
 - principalement QCD (jets reconstruits comme e^-)



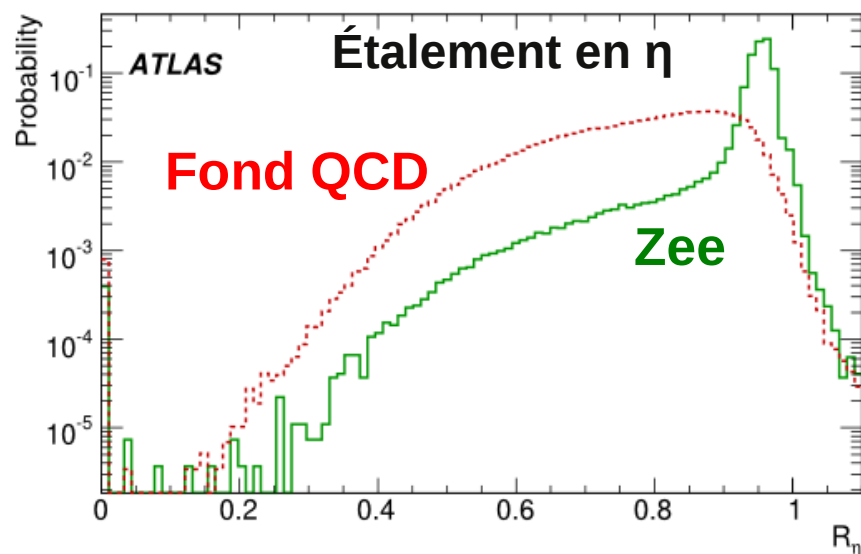
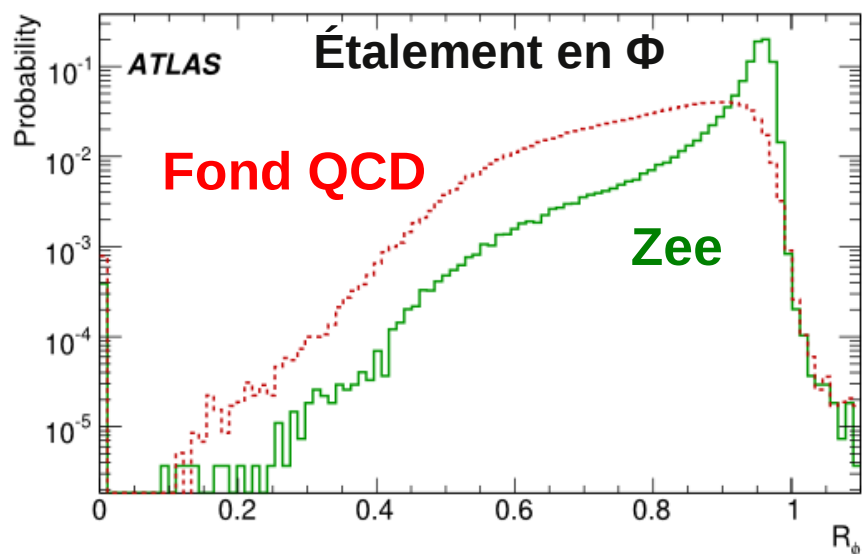
Identification des e^-

- Formation de « cluster » dans calorimètre EM
 - Cluster = groupement de cellules énergétiques du calorimètre électromagnétique correspondant à un dépôt d'énergie au passage de particules
- et association avec une trace du détecteur interne
 - candidat électron reconstruit
- Critères de sélection formés sur :
 - Forme de la gerbe électromagnétique
 - Qualité de la trace
 - Isolation

Identification des e^-



Formes de gerbes



Étalement en Φ (cluster(3x3)/cluster(3x7))

Étalement en η (cluster(3x7)/cluster(7x7))

Identification/sélection des e^-

- Différents jeux de coupures standards ATLAS :
« Loose », « Medium », « TightNolsol », « Tight »
- Schématiquement :
 - Loose = coupures basées seulement sur les formes de gerbes et énergie déposée dans le calo hadronique
 - Medium = Loose + coupures de qualité sur la trace seulement ou sur le cluster seulement
 - TightNolsol = Medium + coupures sur l'association trace-cluster
 - Tight = Medium + coupures sur l'association trace-cluster + coupure d'isolation

Coupures standards

- Coupures binaires : Loose ou pas Loose,
Medium ou pas Medium,
TightNolso ou pas TightNolso
Tight ou pas Tight
- Lors du démarrage, coupures décidées sur Monte-Carlo probablement pas idéales
- À Annecy nous préférons donc travailler directement sur les variables et ajuster les coupures + isolation

Premiers résultats

Analyse Zee dans les « streaming data »

- « Streaming data » = lot de pseudo-données ne contenant pas l'information « vraie »
- Section efficace inconnue mais...
- Niveau de fond sous-estimé
- Pseudo-données et MC avec versions différentes
- Efficacités dans données

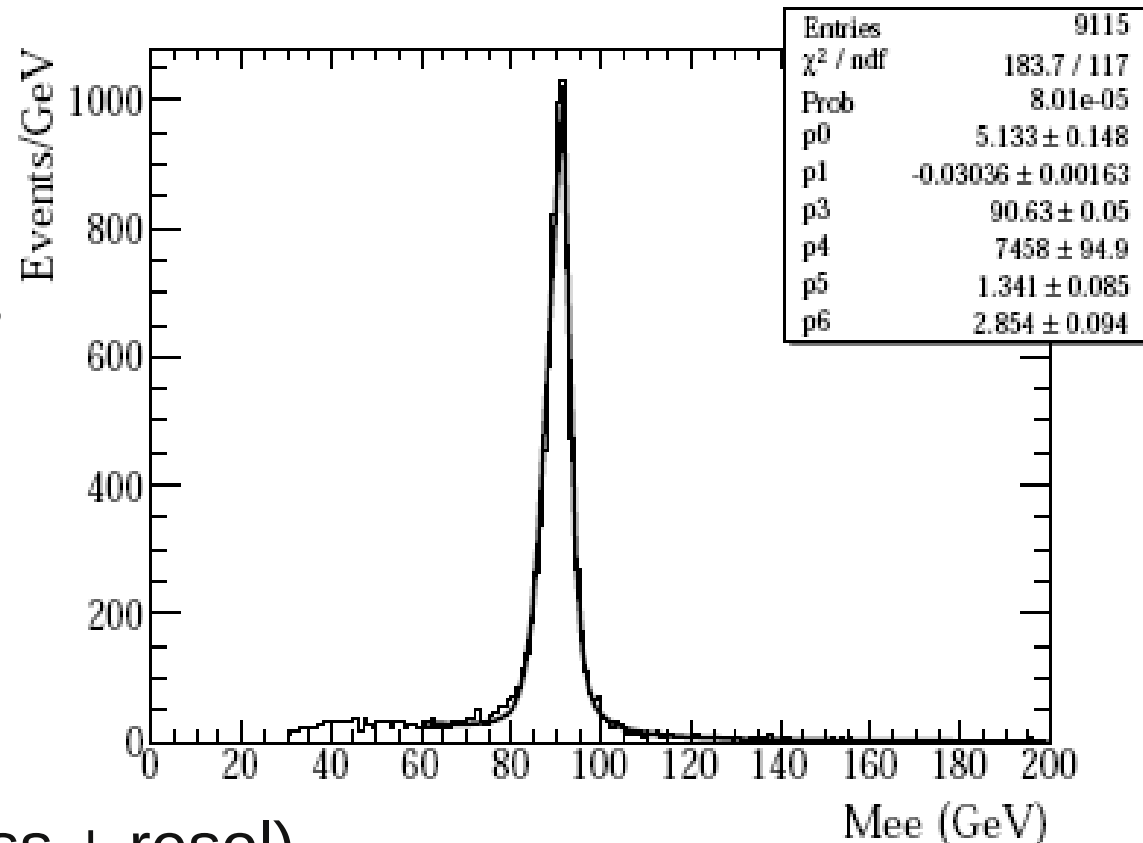
$$\sigma = \frac{N - N_{\text{bkg}}}{A \cdot \epsilon \cdot L}$$

mesurée à ~ 1.43 nb

± 0.02 (stat)

± 0.04 (syst ϵ)

± 0.04 (syst mass + resol)

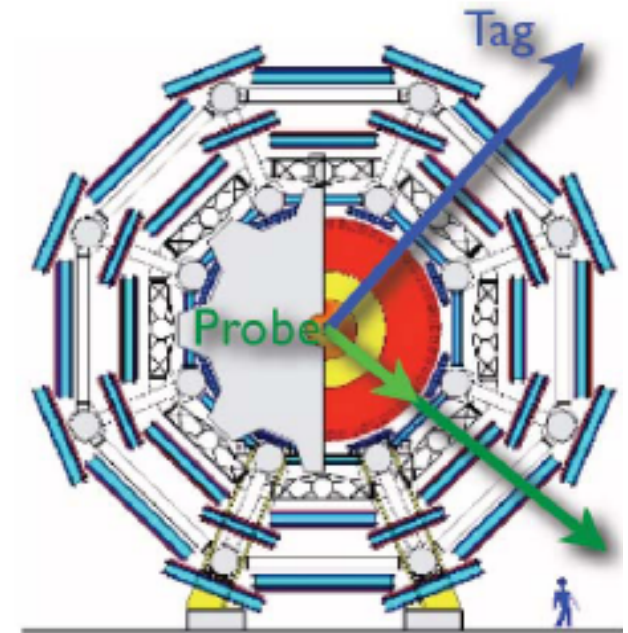


Mesure des efficacités de sélection sur les données

sur les données

- Évaluation des efficacités de sélection à partir des données grâce à la méthode « Tag and Probe » (utilisée au Tevatron)

- Sélection d'événements :
 - 2 candidats électrons reconstruits
 - un de bonne qualité, « tag »
 - M_{ee} compatible avec Z

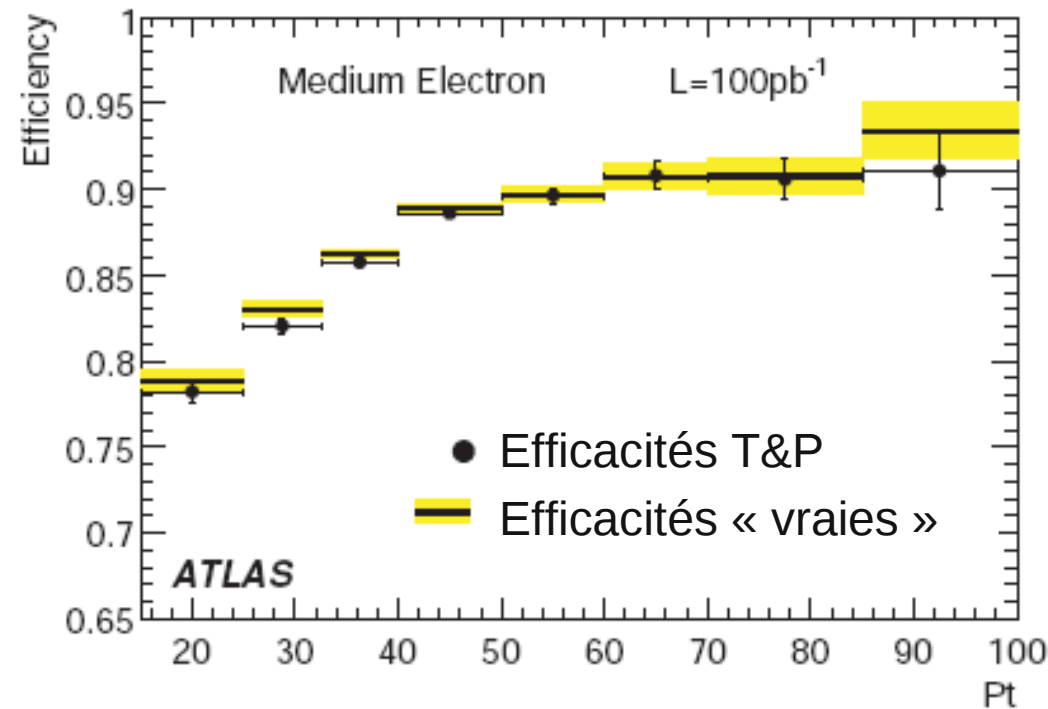
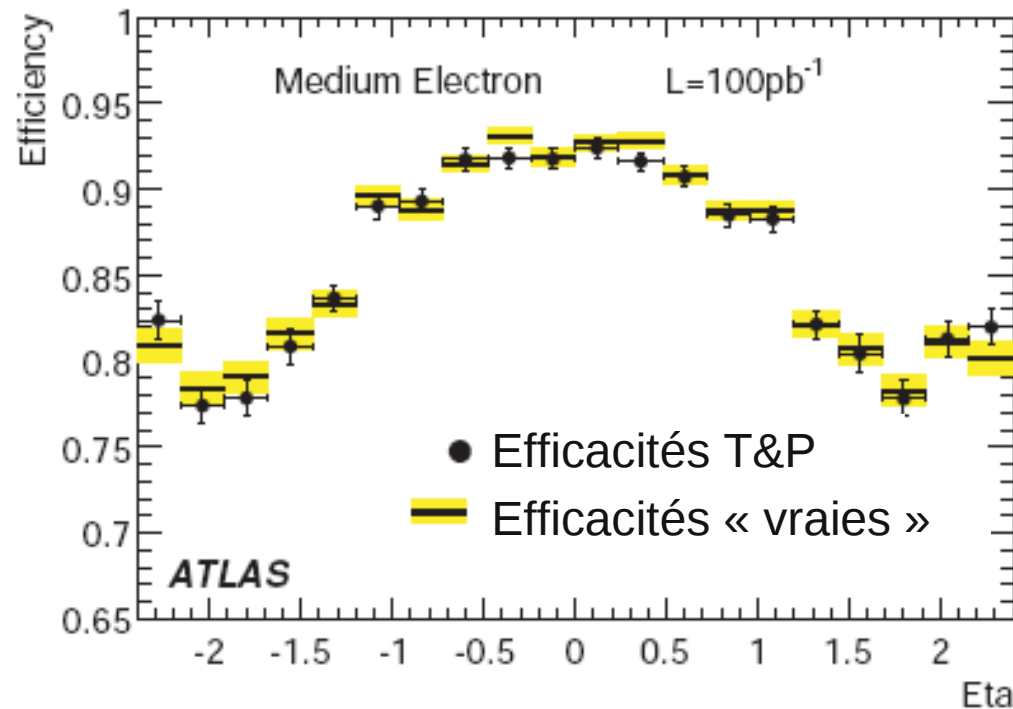


- Test des coupures de qualité sur le deuxième électron « probe »

► Efficacité de la coupure : $Eff = \frac{\# \text{ probes passant coupure}}{\# \text{ probes testés}}$

Résultats du Tag and Probe

Résultats pour le jeu de coupures « Medium »



Barres d'erreurs = incertitude statistique :
~1% pour 100 fb⁻¹, nulle à terme

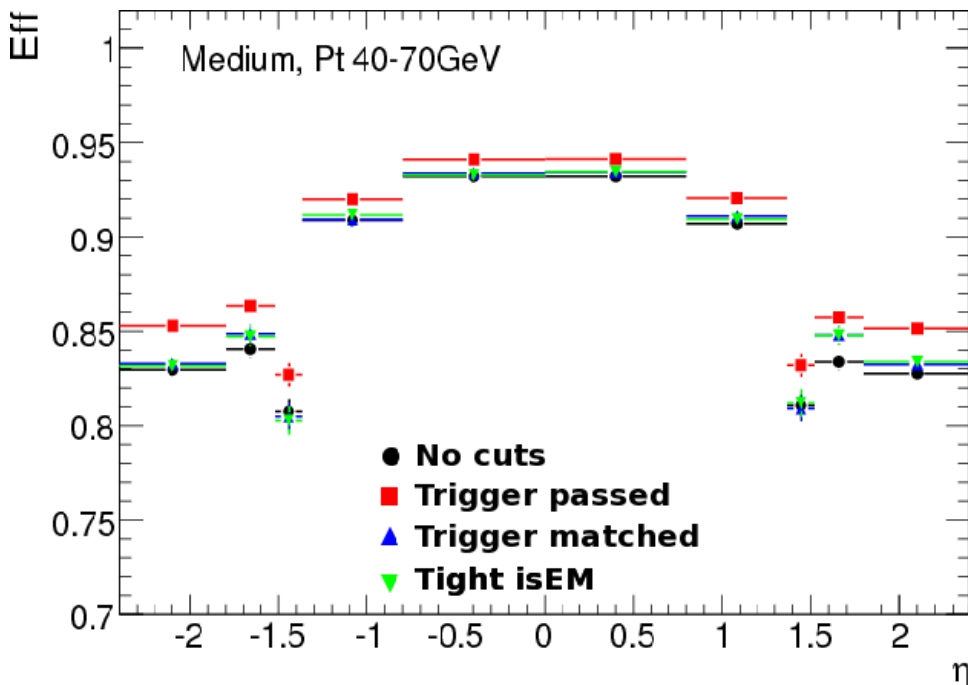
Écart entre efficacités MC vraies et T&P = erreur systématique de la méthode :
~1-2%

Études de systématiques pour le T&P

Différents effets étudiés :

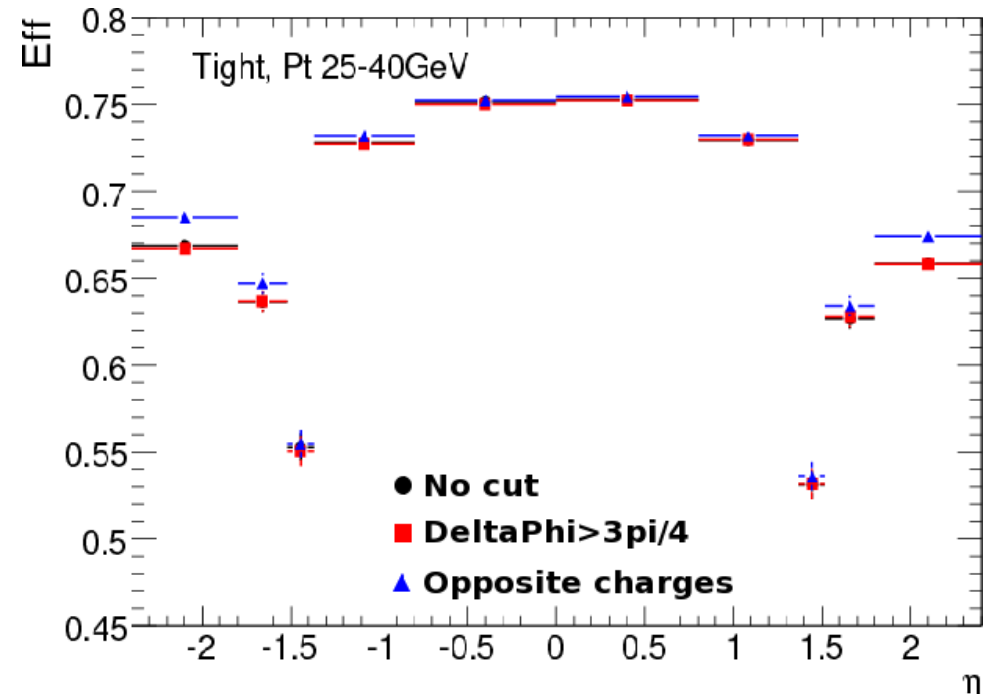
- Conditions imposées au « Tag » (négligeable)
- Sélection du trigger (petite erreur <%)
- « Matching » du trigger avec le Tag (importante ~%)
- Opposition de charges requises (négligeable selon η)
- Electrons « Dos-à-dos » ? (négligeable)
- Plages de masses invariantes considérées (i.e. compatibilité de M_{ee} avec la masse du Z) (petite erreur <%)

Études de systématiques pour le T&P



Étude de systématiques liées au trigger

Précaution d'emploi du trigger :
« matching » entre e^- « tag »
reconstruit et élément de trigger
déclenchant indispensable



Étude de systématiques liées à la cinématique

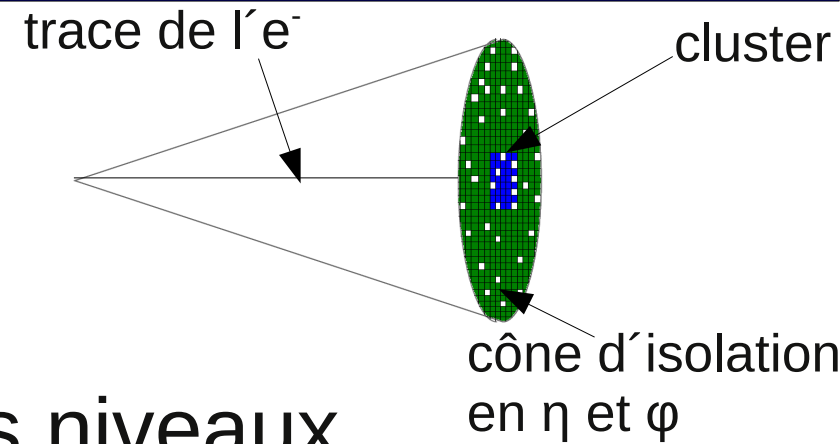
Coupages cinématiques liant
 e^- « Tag » à e^- « Probe » :
influence de l'opposition de
charges dépendant de η
(biais plus grand à grand η)

Travail sur les efficacités de sélection

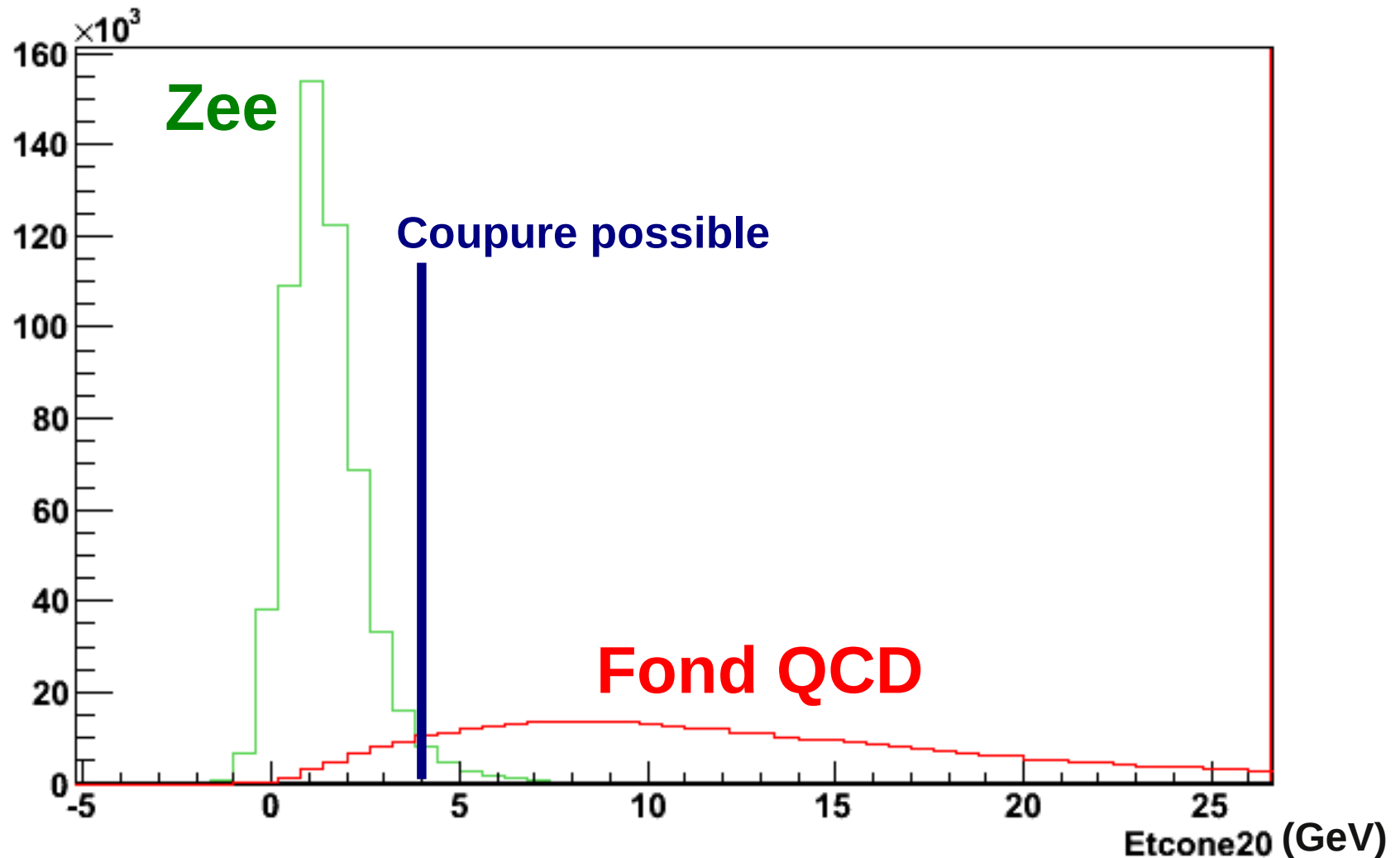
- Dans le cadre des notes CSC → Validation de la méthode Tag and Probe afin de mesurer les efficacités de sélection des électrons
voir « **ATLAS Electron/Photon CSC Chapter : Reconstruction and Identification of Electrons** », **ATL-COM-PHYS-2008-110**
- Efficacités de sélection des électrons mesurées sur Zee applicables au W
- Au-delà de ce travail, les effets systématiques de différentes coupures ont été étudiés.
Les résultats vont faire l'objet d'une note.

Étude d'isolation

- Amélioration de la sélection grâce à des critères d'isolation
- « Activité » évaluée à différents niveaux
 - somme des Pt des traces autour de celle de l'e⁻
 - somme de l'énergie des cellules autour du cluster
 - combinaisons, LLH
- Différentes formes et tailles ont été étudiées
- Limitation aux cellules énergétiques du calo avec une coupure sur le bruit moyen testée ($E_{\text{cell}} > 3$ ou 5σ)



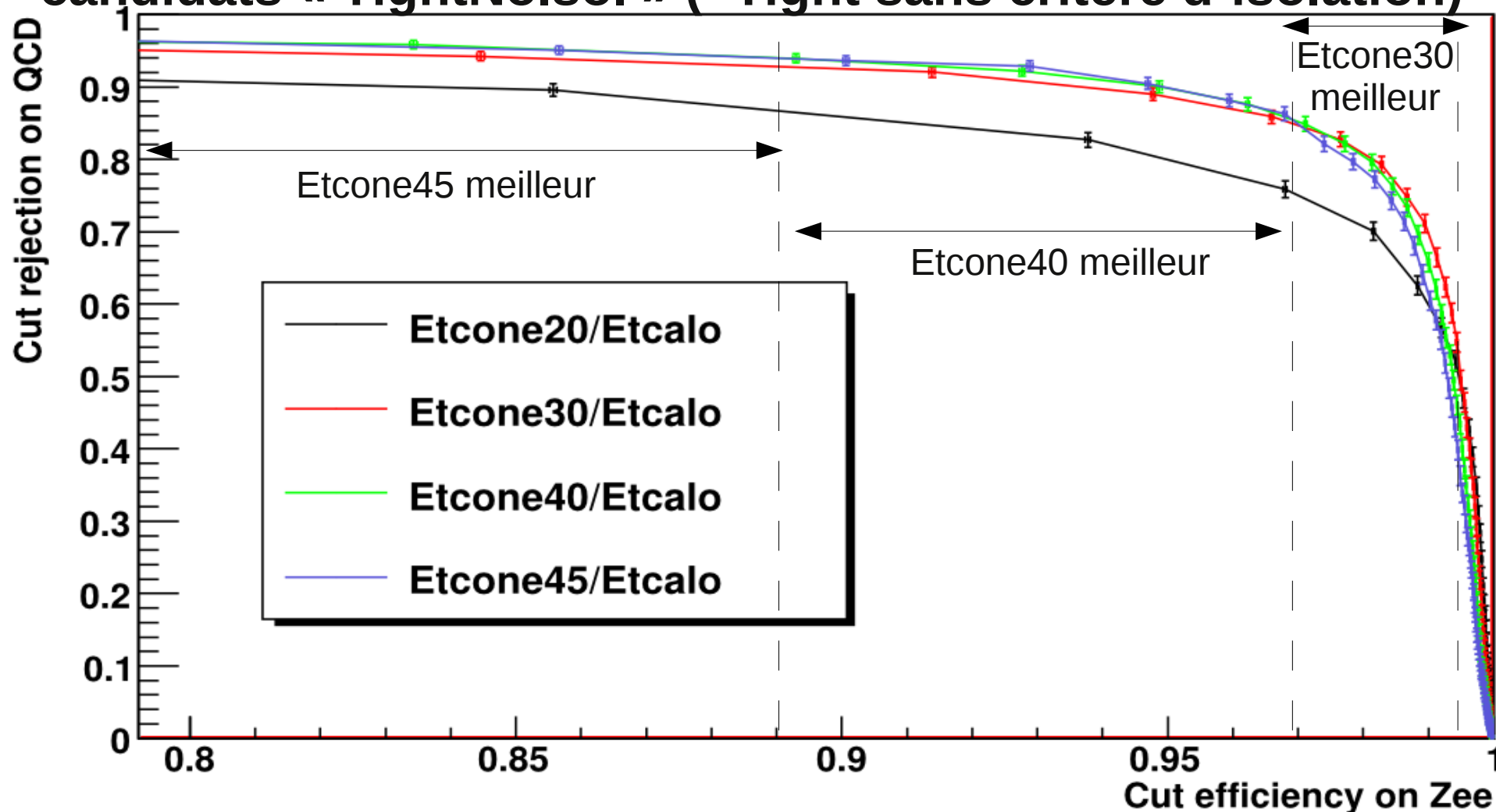
Exemple de variable : $\sum_{cell \in cone} Energie_{cell}$



Etcone20 = énergie des cellules autour d'un cluster EM dans un cône $\Delta R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\Phi^2} = 0.02$ rad

Coupures basées sur les clusters

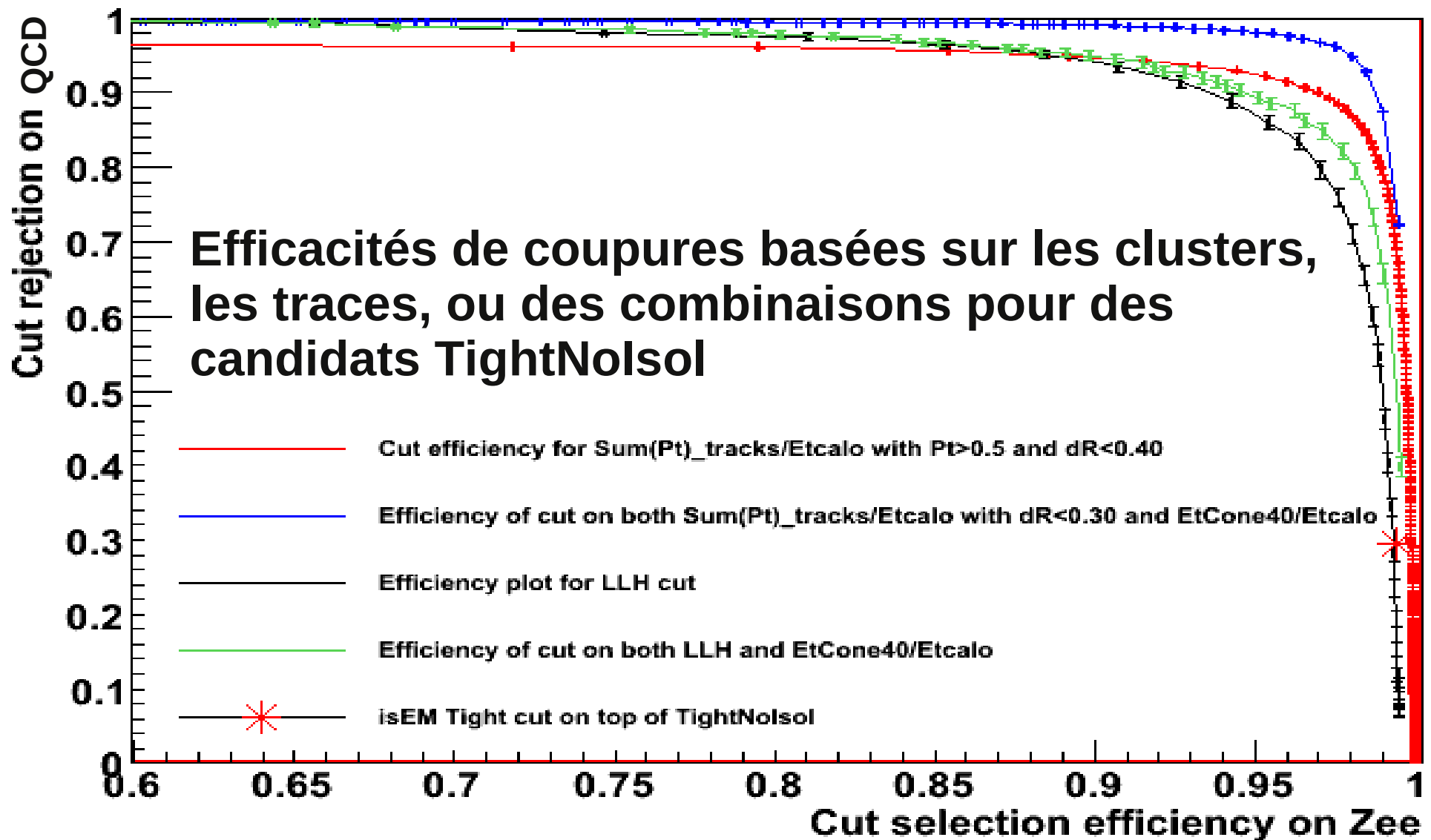
Efficacités de coupures basées sur les clusters, pour des candidats « TightNoIso » (=Tight sans critère d'isolation)



Taille optimale dépendant de l'efficacité de sélection voulue.

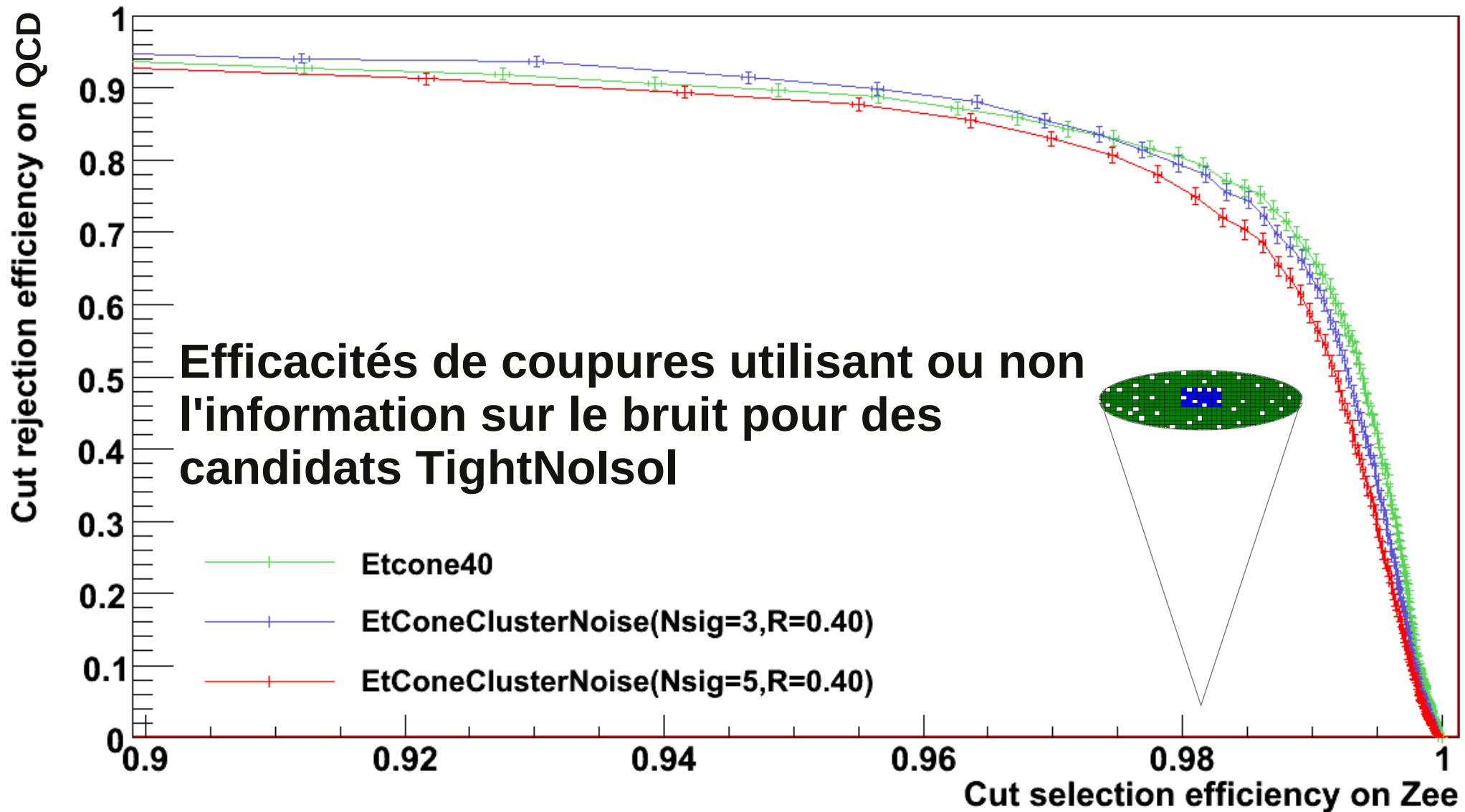
➔ Plusieurs tailles de cônes nécessaires pour les analyses de physique.

Coupures combinées cluster/traces



Le meilleur critère à ce jour combine la somme des énergies des cellules et des P_T des traces autour du cluster.

Information sur le bruit



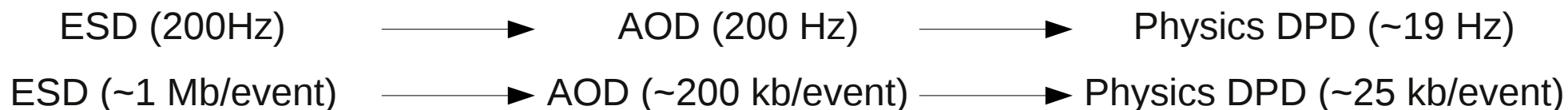
Se restreindre aux cellules dont l'énergie est supérieure à 3 ou 5σ améliore peu les efficacités de coupures sur l'isolation

Travail sur l'isolation

- Recherche du meilleur critère d'isolation des électrons du Z faite —→ recommandation d'un critère combinant traces et énergies des cellules
- Aussi, justification de la nécessité de variables d'isolation basées sur les énergies des cellules avec des cônes de tailles différentes
- Étude similaire à mener sur des simulations avec événements de pile-up et évidemment sur les données

Pré-sélection des événements

- But : Faciliter l'analyse des données en
 - Réduisant le format de données utilisées par les analyses
 - Groupant les événements intéressants pour la physique du Modèle Standard W/Z
- Étude de critères de pré-sélection des événements Zee et Wenu basés sur :
 - Le déclenchement : chaîne EM électron à 12 GeV
 - La qualité des électrons : 1 e⁻ Medium ou 2 Loose
- Définition d'un nouveau format de données réduites (Physics DPD W/Z)



Conclusion

- Travail à différents niveaux :
 - À partir des cellules (sélection du niveau de bruit)
 - Sur les objets reconstruits
 - Sur les informations du déclenchement
- Objectifs multiples :
 - Pré-sélection des événements
 - Mesures d'efficacités de sélection des électrons
 - Recherche de critères d'isolation optimums
 - Avec pour but ultime la mesure de la section efficace de production du Z

Zee dans ATLAS —————▶ **travail très diversifié**

Futur

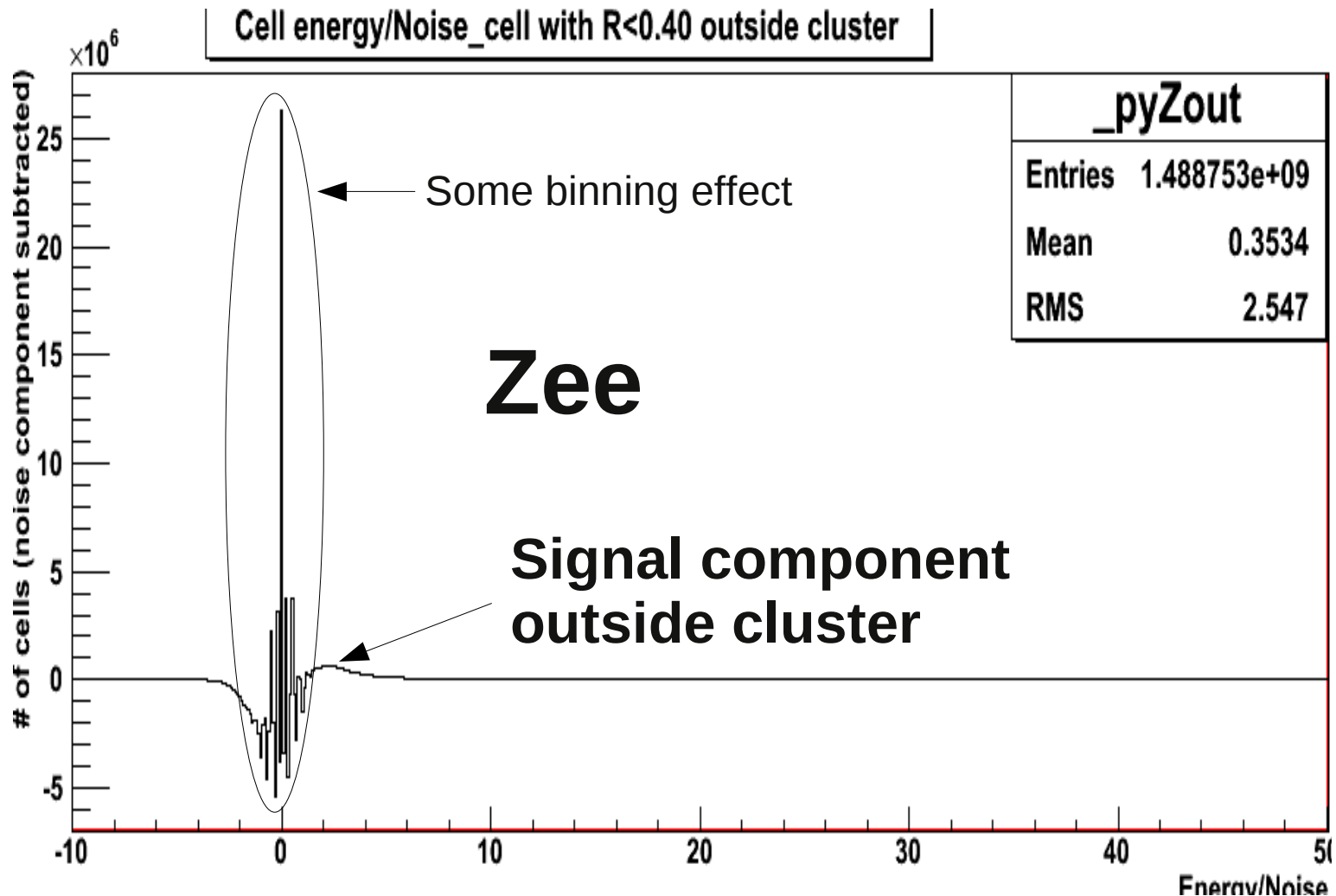
- LHC en arrêt maladie
- Dans le proche futur, travail sur les cosmiques en attendant les collisions pp...

Backup

Backup slides

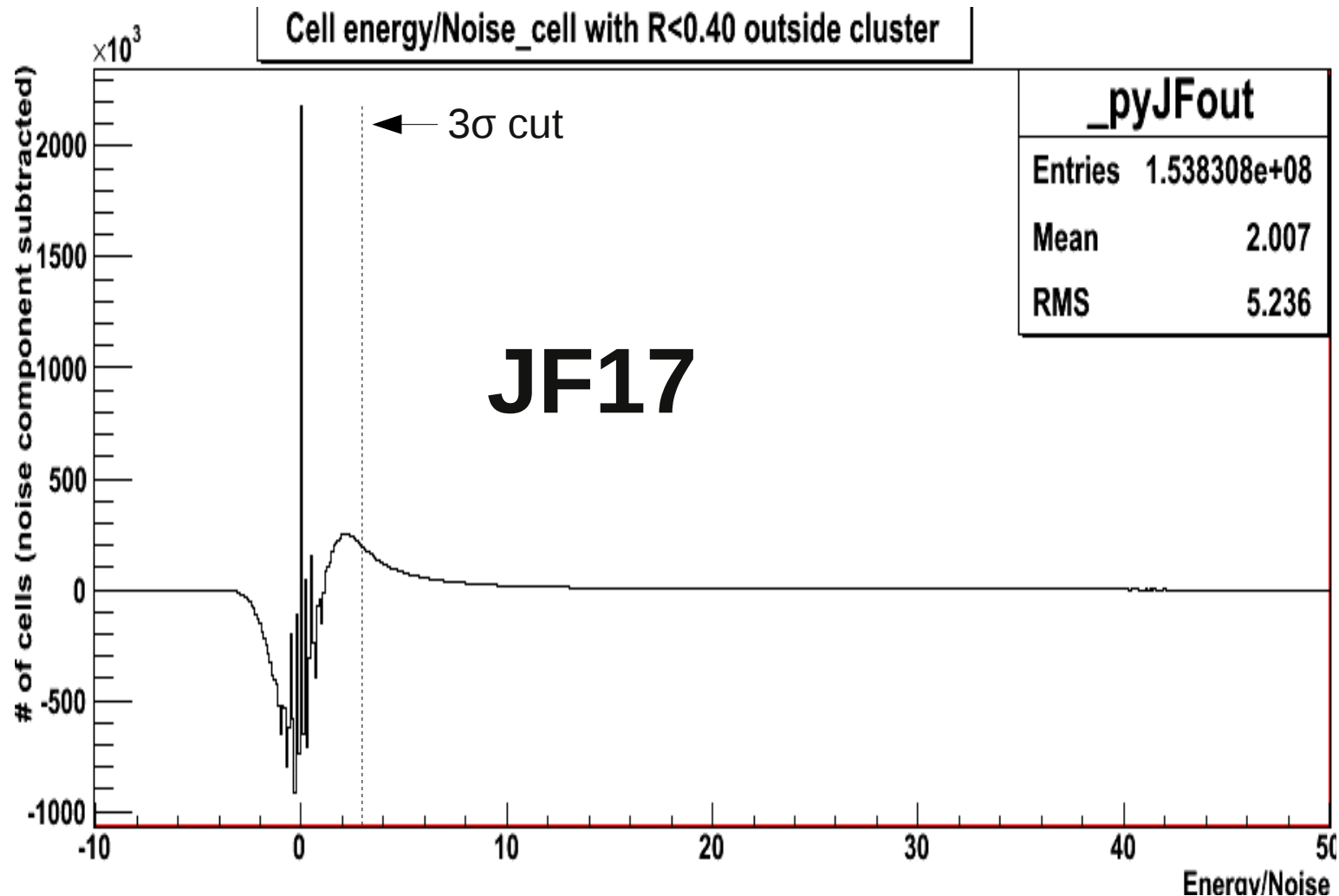
Ratio Energy/Noise_{cell}

- Subtracting the noise component, left only the part of the signal deposited outside the cluster :



Ratio Energy/Noise_{cell}

- But for JF17, even if the peak is at higher values, most of the cells are under 3σ ...



Complexe accélérateur du CERN

