

Étude des électrons provenant du J/ψ dans l'expérience ATLAS

Rapport de stage de Master 1 Physique Fondamentale -
Université Pierre et Marie Curie

SYLVESTRE PIRES

14 juin 2011

Laboratoire de Physique Nucléaire des Hautes Énergies

Superviseurs : FRÉDÉRIC DERUE

TIMOTHÉE THEVENEUX-PELZER



Le LPNHE

96 chercheurs et doctorants.
Domaines de recherche en
physique expérimentale :

- Physique des particules
- Cosmologie observationnelle
- Rayonnement cosmique

Groupe ATLAS

33 chercheurs et doctorants.

Domaines de recherche :

- Responsabilités calorimètre électromagnétique
- Étude quark top
- Boson de HIGGS



Le modèle standard

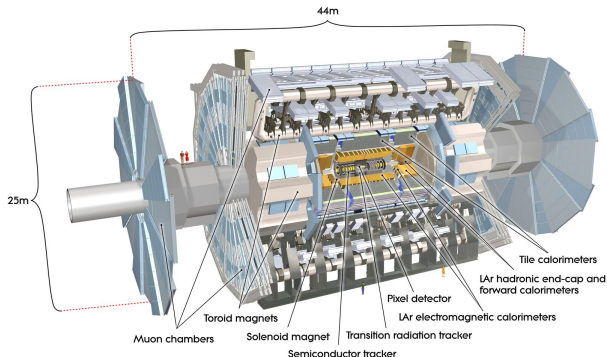
- Interaction électrofaible
- N'explique pas l'origine des masses
- Théorie effective à "basse énergie" d'une théorie plus générale
- Tester ce modèle au LHC

	fermions (3 générations de la matière)			bosons (forces)	
	I	II	III		
masse →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0	électromagnétisme
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
nom →	u up	c charm	t top	γ photon	
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0	interaction forte
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon	
	< 2.2 eV	< 0.17 MeV	< 15.5 MeV	91.2 GeV	interaction faible
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
neutrino électronique	ν_e	ν_μ neutrino muonique	ν_τ neutrino tauique	Z^0 boson Z^0	
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV	interaction faible
	-1	-1	-1	± 1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Leptons	e électron	μ muon	τ tau	W^\pm boson W	

Le modèle standard

Le LHC

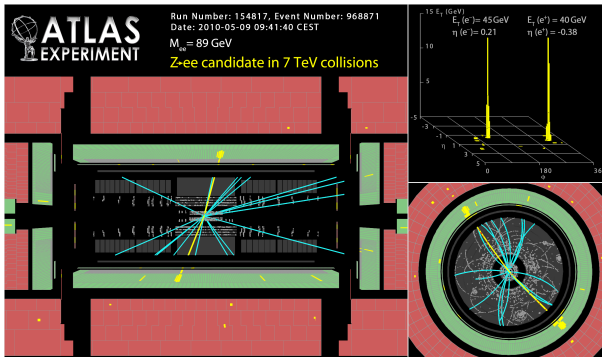
- Collisionneur proton-proton
- CERN à Genève
- Fonctionne à 7TeV depuis 1 an et demi
- Montée à 14TeV en 2014
- Objectif découverte du HIGGS et nouvelle physique



Architecture du détecteur ATLAS

Problématique

- $Z \rightarrow e^+e^-$ bien compris, masse 80GeV, section efficace de production 15 / secondes dans ATLAS
- $J/\psi \rightarrow e^+e^-$ masse 3GeV
- Comprendre le détecteur et l'étalonner à basse et haute énergie



Simulation Monte Carlo

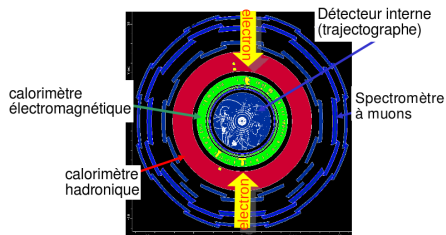
- Collision proton proton à 7 TeV
- Particules produites à la collision
- Particules provenant de désintégrations
- Accès à la vérité ; facile de remonter aux particules mères

Logiciels collaboration ATLAS

- Simule la réponse des détecteurs
- Reconstitue les traces

Reconstruction des électrons

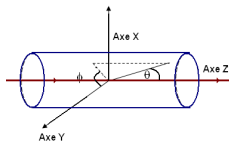
- Une trace
- Un cluster



Simulation du détecteur

Début du stage

- Observation de la cinématique des électrons du Z et du J/ψ avec ROOT grâce à la liste des particules simulées munies de leurs caractéristiques
- Automatisation de la procédure en utilisant C++

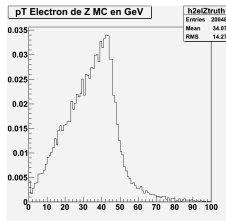


Coordonnées dans le détecteur

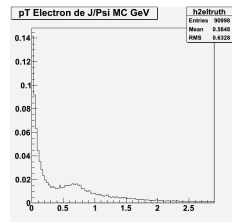
E_T

$\eta =$

$-\ln(\tan\theta/2)$



e^+ de Z



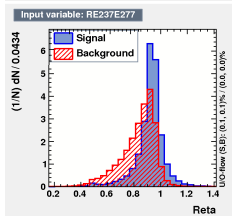
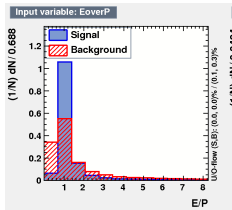
e^+ de J/ψ

Objectif

Séparer les électrons du bruit de fond en utilisant des coupures

Coupures effectuées

- Calorimètre hadronique (fuites hadroniques)
- Calorimètre électromagnétique ($R_\eta, \omega\eta^2, E_{S1}/E_{tot}, E_{S3}/E_{tot}, \omega s_{tot}$)
- Détecteur interne ($nPix, nSi, RatioTRT$)
- Combinaison ($E/p, \Delta\phi^2$)



Distribution de E/p et de R_η ; en bleu les électrons et en rouge les particules du bruit de fond.

Définitions

- Efficacité $\varepsilon_e = \frac{N_e^{cut}}{N_e^i}$
- Facteur de rejet $R_{bkg} = \frac{N_{bkg}^i}{N_{bkg}^{cut}}$

	ε_e (en %)	R_{bkg}
Coupure tableau 2	$57,1 \pm 0,2$	$31,4 \pm 0,5$
ATLAS Tight	$60,0 \pm 0,2$	$93,5 \pm 2,3$

Efficacité d'identification des électrons et facteur de rejet du bruit de fond avec les coupures définies précédemment et une coupure officielle.

→ Bonne efficacité mais facteur de rejet faible.

Toolkit for MultiVariate data Analysis

- Prise en compte de la distribution des variables
- Détermination de corrélations

Méthodes d'analyse

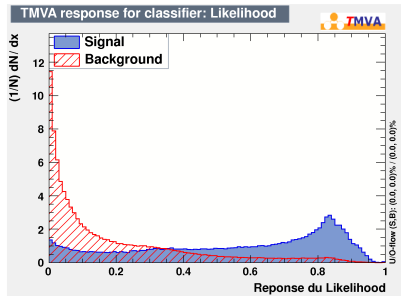
- Optimisation des coupures
- Rapport de vraisemblance
- Arbre de décision
- Réseau de neurones

Rapport de vraisemblance

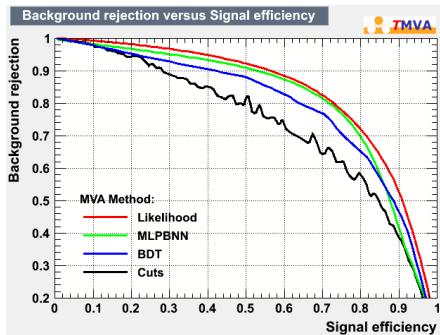
Maximum de vraisemblance construit à partir de la forme des distributions des variables discriminantes.

Ces distributions sont appelées fonctions de densité de probabilité.

→ Une seule variable



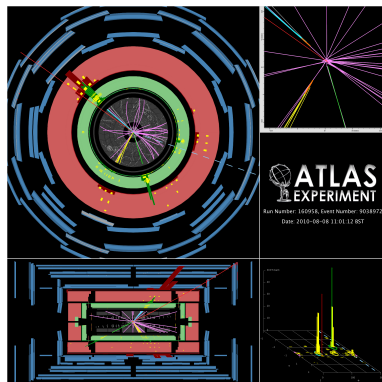
Fonction discriminante du rapport de vraisemblance pour les électrons (en bleu) et le bruit de fond (en rouge)



Efficacité d'identification des électrons en fonction du facteur de rejet des particules composant le bruit de fond.

Pour aller plus loin

- Compréhension de l'arbre de décision et du réseau de neurones
- Analyse plus précise par intervalles de η
- Étude du Z et du J/ψ : premier pas vers de la physique beaucoup plus compliquée
- Physique du top en dilepton



Physique du top

Bénéfices

- Consolider mes bases en physique des particules
- Apprendre le C++ et le Latex
- Découvrir ROOT
- Comprendre la structure du détecteur ATLAS
- Méthode pour analyse de données

Vie d'un laboratoire

- Travail d'équipe
- Collaborations internationales
- Réunions hebdomadaires
- Séminaires