

SÉMINAIRE DE PREMIÈRE ANNÉE

PREMIÈRE PHYSIQUE AU LHC, PRÉPARATION A LA RECHERCHE DU BOSON DE HIGGS

Doctorant : Jérôme ODIER

Directeur de thèse : Sylvain TISSERANT



PREMIÈRE PHYSIQUE AU LHC, PRÉPARATION A LA RECHERCHE DU BOSON DE HIGGS

Plan

- Préparation à la recherche du Higgs.
- Compréhension du calorimètre EM d'Atlas.
- Optimisation des moyens de traitement informatiques déportés à large échelle.

BOSON DE HIGGS - Modèle standard

La théorie quantique des champs basée sur l'invariance de jauge :

$$SU(3)_C \otimes SU(2)_L \otimes U(1)_Y$$

Elle prédit des bosons de jauge de masse nulle or $M_W = 80.4 \text{ GeV}$ et $M_Z = 91.2 \text{ GeV} \Rightarrow$ PROBLÈME!!!

Mécanisme de Higgs

En 1967, Peter Higgs propose d'ajouter un doublet complexe de champs scalaires Φ dont le potentiel le plus général qui soit invariant et renormalisable est :

$$V(\phi^\dagger \phi) = \mu^2 \phi^\dagger \phi + \lambda (\phi^\dagger \phi)^2$$

Les minima stables $|\phi|^2 = \frac{\mu^2}{2\lambda}$ brisent la symétrie $SU(2)_L \otimes U(1)_Y$.

BOSON DE HIGGS - Modèle standard

Conséquences du mécanisme de Higgs

- Masses pour les bosons W et Z.
- Masses pour fermions via des couplages de Yukawa.
- Symétrie résiduelle $U(1)_{EM}$.
- Prédiction d'une nouvelle particule neutre : le Boson de Higgs.

Conséquences pour le modèle standard

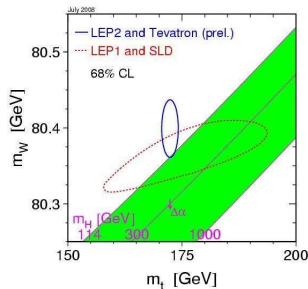
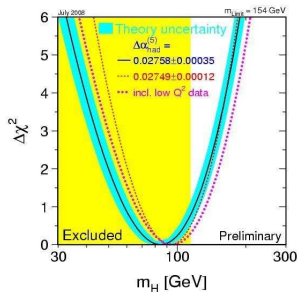
- Le modèle standard est en accord avec l'expérience.
- La masse du boson de Higgs est un paramètre libre.
- Le boson de Higgs n'a toujours pas été détecté.

BOSON DE HIGGS - Modèle standard

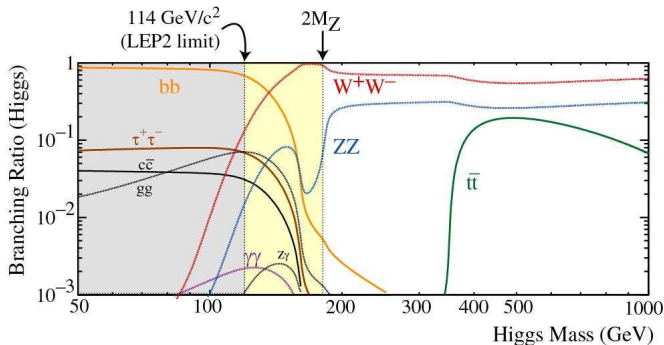
- Recherche directe^a :
 $M_{Higgs} > 114.4 \text{ GeV}$ à 95% C.L.
- Contraintes indirectes^b :
 $M_{Higgs} < 154 \text{ GeV}$ à 95% C.L.

^aMenée au LEP

^bMesures de M_W et M_{top}



BOSON DE HIGGS - Rapports de Branchement



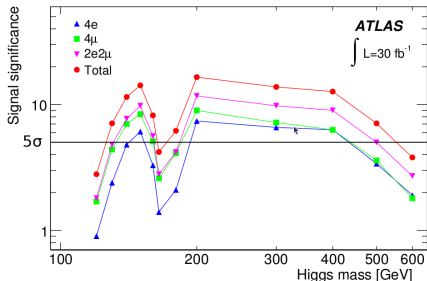
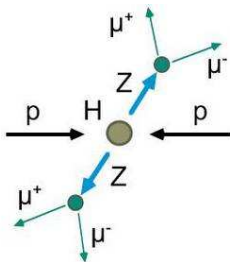
De nombreuses possibilités dans la zone 114 GeV et $2M_Z$

Dans mon sujet de thèse, je vais m'intéresser au canal :

$$H \rightarrow Z Z^* \rightarrow 4l$$

où l représente un lepton.

BOSON DE HIGGS - Signification à 5σ

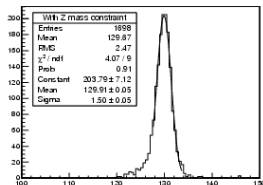


Caractéristiques

- Dominant à $2M_Z$ même si les expériences penchent plutôt vers un Higgs léger.
- Signature « propre » :
 - ▶ pas de vertex déplacé.
 - ▶ quatre leptons isolés.

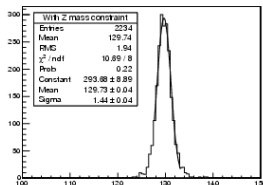
BOSON DE HIGGS - Résonances

$$H_{130\text{GeV}} \rightarrow 4e$$



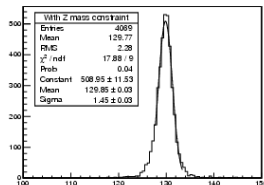
$$M_H \text{ GeV}, \sigma = 1.50, m = 129.9$$

$$H_{130\text{GeV}} \rightarrow 4\mu$$



$$M_H \text{ GeV}, \sigma = 1.44, m = 129.7$$

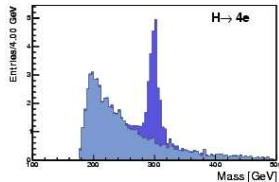
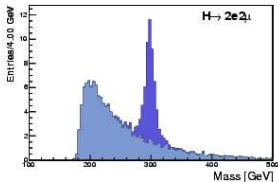
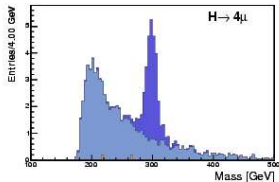
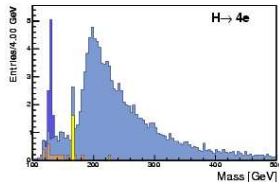
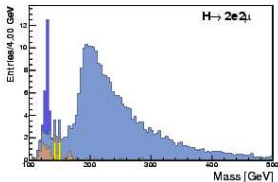
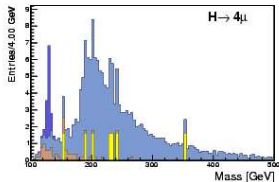
$$H_{130\text{GeV}} \rightarrow 2e2\mu$$



$$M_H \text{ GeV}, \sigma = 1.45, m = 129.9$$

Possibilité de reconstruire une résonance étroite avec une résolution sur la masse proche de 1%. Possibilité d'atteindre un excellent rapport signal-background > 1 .

BOSON DE HIGGS - Signal et Background

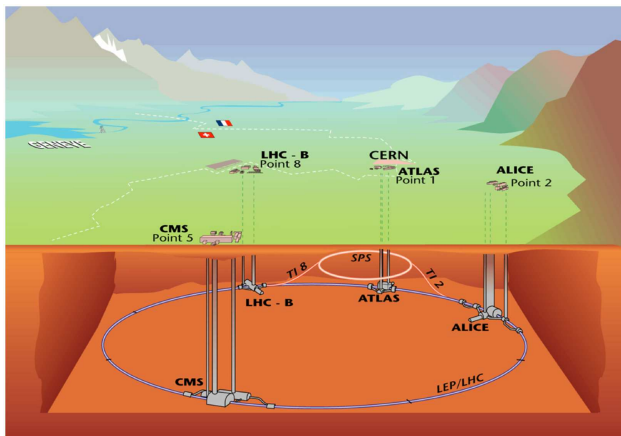


$H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$, $30fb^{-1}$, NLO

Signal, QCD ZZ, Zbb , $t\bar{t}$

Ma thèse se réalise dans le cadre du *détecteur Atlas*, la recherche du boson de Higgs requière une très bonne connaissance du *calorimètre électromagnétique*.

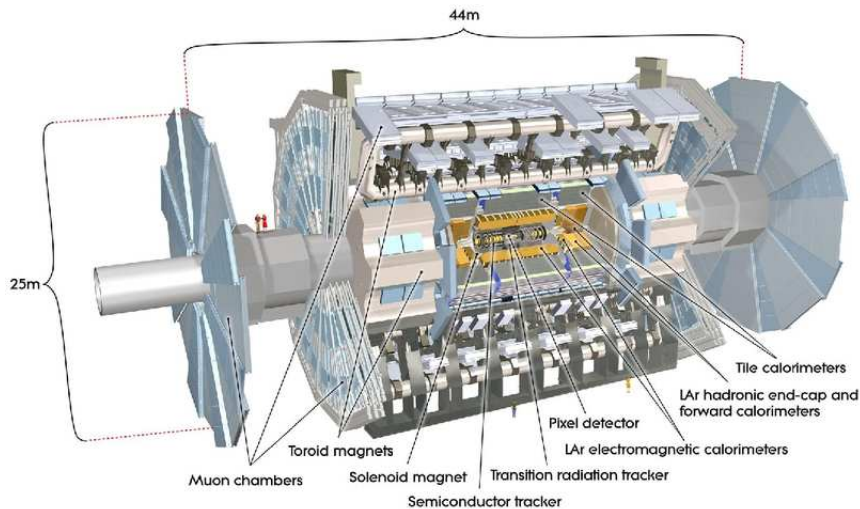
LE LHC (Large Hadron Collider)



A terme :

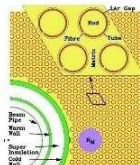
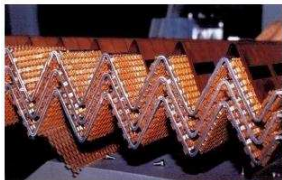
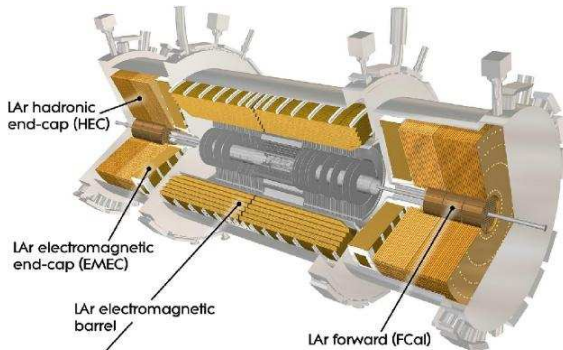
- Energie dans le centre de masse : $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$
- Luminosité : $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} = 10^{-2} \text{ pb}^{-1} \text{ s}^{-1}$

LE DÉTECTEUR ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS)



LE CALORIMÈTRE À ARGON LIQUIDE DU DÉTECTEUR ATLAS

Electromagnetic Barrel (EMB)
101760 readout channels
Electromagnetic Endcap (EMEC)
62208 channels
Presampler
(7808 barrel, 1536 endcaps)
Hadronic Endcap (HEC)
5632 channels
Forward Calorimeter (FCal)
3524 channels



LE CALORIMÈTRE À ARGON LIQUIDE DU DÉTECTEUR ATLAS

Travail effectué pour le calorimètre

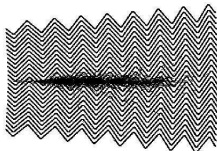
Dans le cadre $Z \rightarrow ee$:

- Comparaisons des variables qui caractérisant les gerbes électromagnétiques et de la résonance $Z \rightarrow ee$ entre Athena^a 13.X.X et 14.X.X.

Dans le cadre des muons cosmiques :

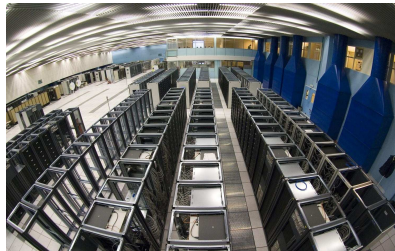
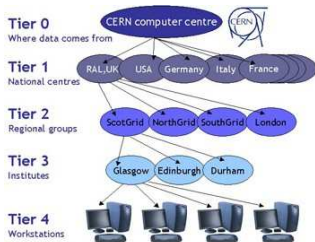
- Etude sur l'uniformité de la réponse en η
- Etudes barrel/endcap des gerbes électromagnétiques (en cours)

^aAthena est le framework dédié à l'analyse des données d'Atlas



Gerbe électromagnétique dans le barrel.

Optimisation des moyens de traitement informatiques déportés à large échelle.



Le volume de données généré par Atlas est très grand, quelques centaines de péta-octets par an ! Cela impose un modèle de traitement des données basé sur l'exploitation de grilles de calcul par l'intermédiaire de centres (Tiers) répartis dans le monde.

Mon travail de thèse permet une utilisation importante de ces moyens. Les photos ci-dessus montrent l'organisation « simplifiée » du LCG (Large Hadron Collider (LHC) Computing Grid), à gauche et une photo du Tier0, à droite.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- ☐
- ☐
- ☐
- ☐
- ☐
- ☐
- ☐

documents/plots annexes dans le fichier JeromeAnnexes.pdf