

Estimation des fonds dans le canal $H \rightarrow 4\ell$:
Vers une mesure de la section efficace de $Zb\bar{b}$.

Nicolas Morange

CEA IRFU

24 novembre 2010

- 1 Introduction
- 2 Étude de $Zb\bar{b}$ sur des simulations
- 3 $Z + b$ dans les données 2010
- 4 Conclusions

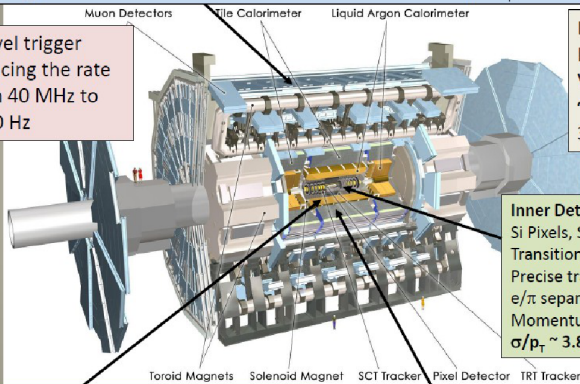
- 1 Introduction
- 2 Étude de $Zb\bar{b}$ sur des simulations
- 3 $Z + b$ dans les données 2010
- 4 Conclusions

Le détecteur ATLAS

Muon Spectrometer ($|\eta| < 2.7$): air-core toroids with gas-based muon chambers
 Muon trigger and measurement with **momentum resolution $< 10\%$ up to $E_\mu \sim 1$ TeV**

3-level trigger
 reducing the rate
 from 40 MHz to
 ~ 200 Hz

Length : ~ 46 m
 Radius : ~ 12 m
 Weight : ~ 7000 tons
 $\sim 10^8$ electronic channels
 3000 km of cables



Inner Detector ($|\eta| < 2.5, B=2T$):
 Si Pixels, Si strips,
 Transition Radiation detector (straws)
 Precise tracking and vertexing,
 e/π separation
 Momentum resolution:
 $\sigma/p_T \sim 3.8 \times 10^{-4} p_T (\text{GeV}) \oplus 0.015$

EM calorimeter: Pb-LAr Accordion
 e/γ trigger, identification and measurement
 E-resolution: $\sigma/E \sim 10\%/\sqrt{E}$

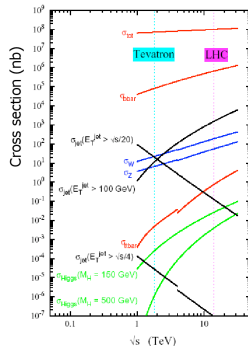
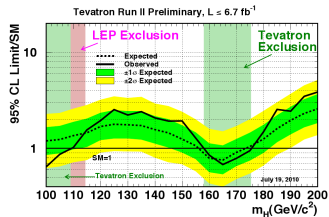
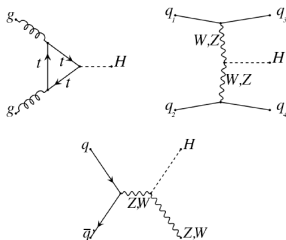
HAD calorimetry ($|\eta| < 5$): segmentation, hermeticity
 Fe/scintillator Tiles (central), Cu/W-LAr (fwd)
 Trigger and measurement of jets and missing E_T
 E-resolution: $\sigma/E \sim 50\%/\sqrt{E} \oplus 0.03$

Le boson de Higgs au LHC

Boson de Higgs

Particule responsable de la brisure de symétrie électrofaible.
Brique manquante du Modèle Standard.
Masse inconnue !

Production au LHC



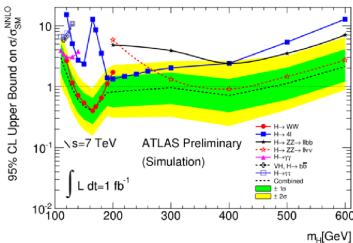
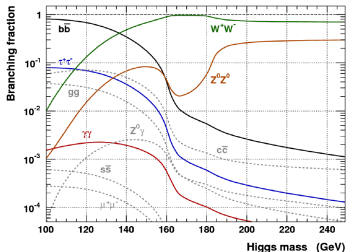
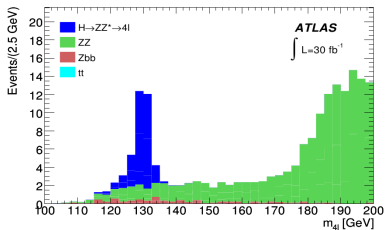
Un canal de recherche : $H \rightarrow 4\ell$

Le Higgs se couple à la masse
 \Rightarrow canaux préférés bb, WW, ZZ

$H \rightarrow ZZ$

Signature très propre en 4 leptons : "canal en or"

3 sous-modes : $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4e, 4\mu, 2e2\mu$



Comment extraire le signal $H \rightarrow 4\ell$?

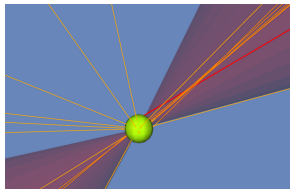
2 types de fonds :

- Irréductible : diboson ZZ , \sim indiscernable de $H \rightarrow ZZ$
- Réductibles :
 - Avec vrais leptons : $t\bar{t}$, $Zb\bar{b}$, via $b \rightarrow \ell + \nu + X$
 - Avec faux leptons mal identifiés : Z +jets, WZ +jets

$\sigma(\text{fonds red.}) \gg \sigma(H \rightarrow 4\ell)$
 \Rightarrow Réjections à obtenir : $10^5 - 10^6$!

Principaux leviers

- Identification des leptons : réduit Z +jets, WZ +jets
- Isolation des leptons : réduit $t\bar{t}$, $Zb\bar{b}$



Jet de b accompagné d'un μ

Étude de $Zb\bar{b}$ sur des simulations

- 1 Introduction
- 2 Étude de $Zb\bar{b}$ sur des simulations
 - Présentation
 - Études au niveau générateur
 - Étude de la simulation complète
- 3 $Z + b$ dans les données 2010
- 4 Conclusions

Pourquoi mesurer $\sigma(Zb\bar{b})$?

Estimation correcte des fonds : point crucial des analyses Higgs.

Or le fond en $Zb\bar{b}$ n'est pas si bien connu :

- Incertitudes sur sa section efficace : différence de 42% entre prédictions LO et NLO
- Incertitudes sur la réjection des leptons des jets de b dans l'analyse $H \rightarrow 4\ell$

L'idée est de mesurer la section efficace $Z(\rightarrow \ell\ell)b\bar{b}$, puis d'étudier séparément les propriétés de $b \rightarrow (e, \mu)$ pour estimer le fond sous le Higgs.

Comment mesurer $\sigma(Zb\bar{b})$?

Étude de faisabilité réalisée en 2009 sur des données simulées (LHC à 10 TeV).

Signal

On se restreint à $Z(\rightarrow ee) + b\bar{b}$: $\sigma \sim 1.8$ pb ($Z \rightarrow \mu\mu$ sera pour plus tard)

Fonds

Fonds avec 2 b et 2 électrons dans l'état final (mais des topologies différentes)

- $t\bar{t} \rightarrow W^+bW^-\bar{b} \rightarrow be^+\nu\bar{b}e^-\bar{\nu}$: $\sigma \sim 190$ pb
- $ZZ(\rightarrow eebb)$: $\sigma \sim 80$ fb

La différenciation des jets de b et de quark légers est délicate :

- Zbj : $\sigma \sim 9.1$ pb
- Zjj : $\sigma \sim 130$ pb

Sans parler de celle des jets de b et de c

- $Zc\bar{c}$: $\sigma \sim 1.6$ pb

Autres :

- QCD multijets...

Qu'est-ce qu'un événement $Zb\bar{b}$?

En théorie...

Conservation de la saveur par les interactions fortes : un événement Zbj ne peut exister.

...en pratique

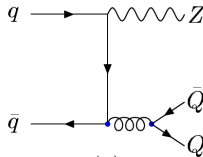
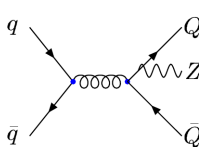
- Si $Zb\bar{b}j$ a un b émis à trop grande rapidité ($|\eta| > 2.5$, dans les fragments du proton...),
- Si $Zb\bar{b}j$ a un b trop mou ($p_T < 15$ GeV),
- Si $Zb\bar{b}j$ a les deux b rassemblés en un seul jet,

alors pour le détecteur c'est un Zbj

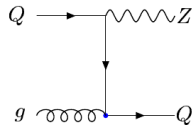
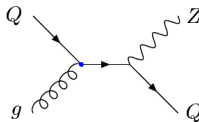
Parmi les événements Z +jets, événement de signal == 2 jets de b dans l'acceptance du détecteur.

Un cauchemar pour les générateurs Monte Carlo

Un générateur peut générer les événements Zbj en simulant $Zbbj$ le plus inclusivement possible (transparent précédent)
 Réalisable car le b est massif.
 C'est ce qu'utilise Alpgen.



On peut générer Zbj directement en prenant un b dans la mer.

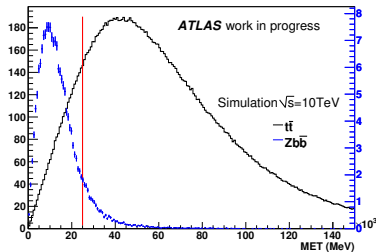


Étude rapide avec CalcHEP (calculateur de sections efficaces) : Alpgen pourrait sous-évaluer $\sigma(Zbj)$ d'un facteur 2 – 3.

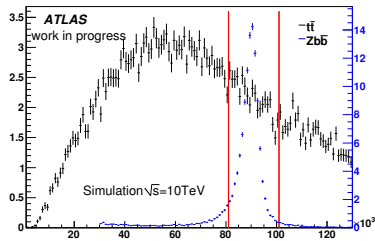
Comment réduire les fonds ?

Coupures utilisées :

- $ZZ(\rightarrow eebb)$: négligeable dans tous les cas
- QCD : négligeable si on demande 2 électrons de qualité medium, et $m(ee) \sim m_Z$
- $t\bar{t}$: fenêtre en masse du Z, et énergie transverse manquante



Énergie transverse manquante



Masse invariante di-électrons

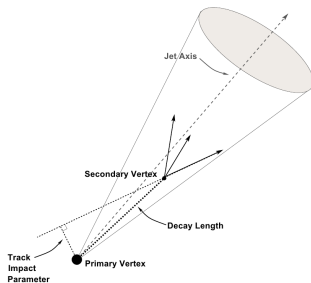
Que faire de $Z + c$ et $Z + j$?

On doit utiliser l'étiquetage des b (b -tagging).

Plusieurs algorithmes disponibles, qui diffèrent par leurs performances et par la quantité de données nécessaire pour les calibrer.

Pour l'étude on utilise SV0 : reconstruction du vertex de désintégration du hadron B .

Qualité du second vertex \Leftrightarrow efficacité de l'étiquetage / réjection des jets légers.



Réjection des jets légers en fonction de l'efficacité de l'étiquetage :

	47%	50%
SV0	200	145

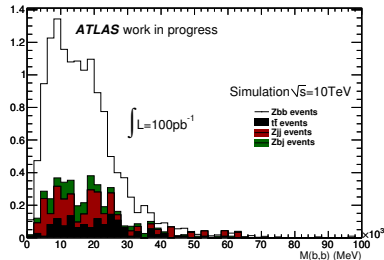
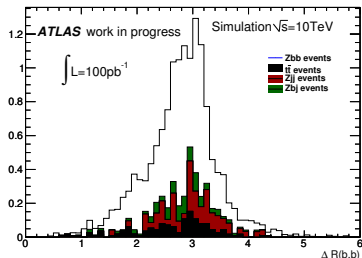
Pour les jets de c on a toujours environ $\epsilon_b \times \text{rejection} \sim 4$.

Résultats

Toutes coupures faites (on a pris $\epsilon_b = 50\%$), pour 100pb^{-1} à 10 TeV :

	type	nb d'événements
signal	$Zb\bar{b}$	14.0
fonds	Zbj	1.0 \rightarrow 3.0?
	Zjj	2.2
	$t\bar{t}$	1.3

Pour ces événements, on obtient :



Pas de gain évident à attendre de nouvelles coupures cinématiques.

$Z + b$ dans les données 2010

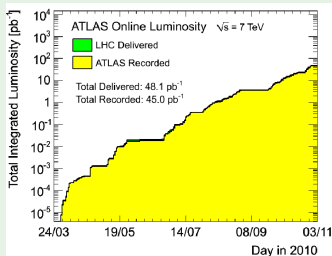
- 1 Introduction
- 2 Étude de $Zb\bar{b}$ sur des simulations
- 3 $Z + b$ dans les données 2010**
 - Z+jets
 - Étiquetage des b
- 4 Conclusions

Sélectionner $Z + b$

ATLAS 2010 : 45pb^{-1} de données enregistrées,
 $\sim 35\text{pb}^{-1}$ de bonne qualité.

Trop tôt pour regarder $Zb\bar{b}$, suffisant pour $Z + b$!

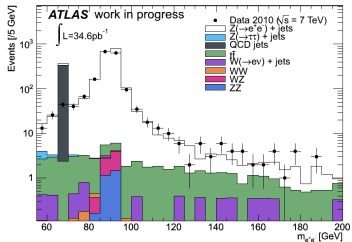
- Étude du ratio $\frac{Z+b}{Z+\text{jets}}$ intéressante.
- Application possible : calibration en énergie des jets de b



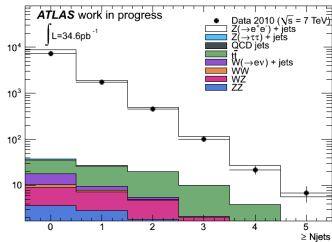
Changements dans la sélection par rapport à l'étude précédente :

- électrons : leur identification a été affinée sur les données
- fenêtre du Z : moins stricte
- jets : pas encore bien calibrés entre 15 et 20 GeV de p_T .

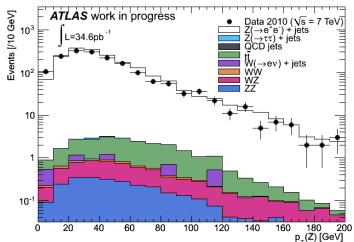
Z+jets



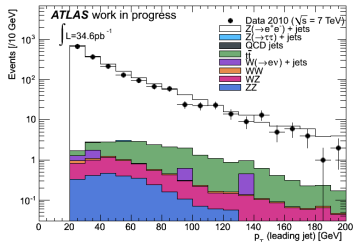
M_{ee} des événements $ee + \geq 1\text{jet}$



Nombre de jets dans les événements Z



$p_T(Z)$ dans les événements Z+jets



p_T du jet le plus énergétique dans les événements Z+jets

Étiquetage des b

Calibration de l'étiquetage des b

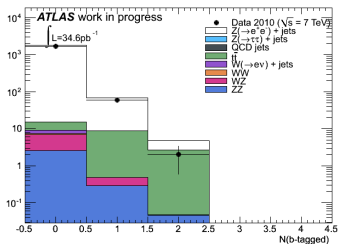
Prise en compte des différences MC-données pour l'étiquetage

⇒ carte de calibration de l'étiquetage pour un point de fonctionnement de l'algorithme SV0.

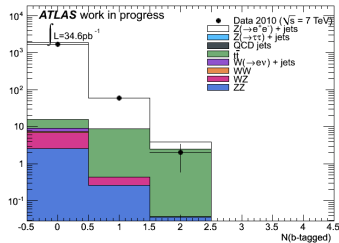
Utilisation : pondération des événements simulés pour que :

efficacité en data == efficacité sur MC

pour chaque saveur de jet (b , c ou léger)

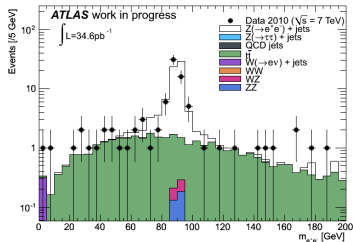


Nombre d'événements avec 1 jet étiqueté,
avant calibration



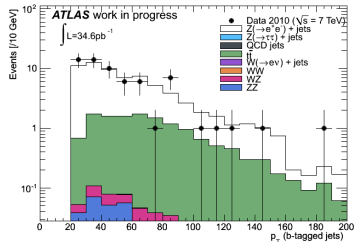
Nombre d'événements avec 1 jet étiqueté,
après calibration

Z + b

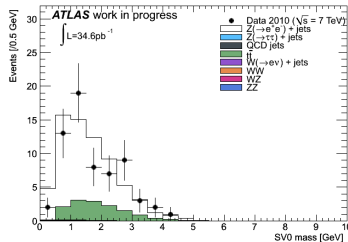


M_{ee} dans les événements
 $ee + \geq 1b$ -tagged

Masse du second vertex des jets
étiquetés :
accès au nombre réel d'événements $Z + b$,
 $Z + c$ et $Z + j$ via un fit (avec plus de stat.)



$p_T(b\text{-tagged})$ dans les événements
 $Z + \text{jets}$



Conclusions

- Détermination des sections efficaces $Z + b$ et $Zb\bar{b}$ en bonne voie
 - Mais beaucoup reste à faire...
 - ... pour commencer, rajouter $Z \rightarrow \mu\mu$
 - comprendre plus finement les fonds
 - étudier l'échelle d'énergie des b
- Premières contributions sur l'estimation du fond au Higgs d'ici la mi-2011 ?
 - avec possibilité de participer aussi au canal $H \rightarrow ZZ \rightarrow llbb$
- Travail "de qualification" (non présenté) : efficacité du trigger de premier niveau du calorimètre électromagnétique pour les dépôts de grande énergie transverse
 - a conduit à une modification de l'algorithme du trigger L1, pour une meilleure efficacité

Backup

Perspectives sur le Higgs

