



Recherche du boson de Higgs au LHC

Marine Kuna pour le groupe ATLAS

Biennale du LPNHE

21/09/11



Pourquoi le Higgs?

Modèle Standard de la Physique des Particules :

- > 6 quarks, 6 leptons, bosons d'interaction forte (gluons) et électrofaible (photon, Z°, W⁺, W⁻)
- Brisure de la symétrie électrofaible : les bosons de jauge Z°, W⁺, W⁻ ont des masses (resp 91 et 80 GeV)
 - \succ Solution : introduction d'une particule scalaire (spin=0) massive pour les générer : le boson de Higgs

Le Higgs est l'unique particule élémentaire du Modèle Standard encore non observée expérimentalement



Ajustement électrofaible (contraintes expérimentales indirecte) de la masse du Higgs

- LEP (1989-2000) :
 - \succ Exclusion M_H < 114.4 GeV à 95% de niveau de confiance

mass→ 2.4 MeV

1/2 U

4.8 MeV

^{-1/3} 1/2

down

 V_e

electron neutrino

0.511 MeV

e

electron

up

charge→ 2/-

spin→

name-

Quarks

eptons

- TeVatron \rightarrow voir présenatation Yuji
 - \blacktriangleright Exclusion 158 < M_H (GeV) < 173 GeV à 95% de niveau de confiance



Three Generations of Matter (Fermions) Ш

1.27 GeV

^{2/3} C

104 MeV

^{-1/3} S

strange

<0.17 MeV

muon neutrino

105.7 MeV

mūon

charm

Ш

171.2 Ge\

top

4.2 GeV

1/2 bottom

<15.5 MeV

tau neutrino

1.777 GeV

tau

-1/3

2/3

1/2

0

0

photon

gluon

91.2 GeV 🔿

weak force

80.4 GeV

Ces

Bosons

Production du Higgs au LHC



Canaux utilisés par ATLAS

Importance d'un canal :

- Rapport de branchement
- $H \rightarrow \gamma \gamma : [100-150 \text{ GeV}] \text{ canal rare :} \qquad \text{ Rejersion} \\ \text{petit rapport de branchement (~0.1%)} \\ \text{mais bonne sensibilité expérimentale et bonne réjection du bruit de fond} \\ WH \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : nécessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] : necessité de production \\ H \rightarrow lvbb \& ZH \rightarrow llbb [110-130 \\ GeV] :$
- WH→lvbb & ZH→llbb [110-130 GeV] : nécessité de production associée pour exploiter H→bb : présence lepton pour déclenchement et rejet du bruit de fond
- □ VBF H $\rightarrow \tau\tau$ [110-140 GeV] prometteur
- □ H→WW(*)→lvlv [110-240 GeV] important pour les masses intermédiaires et basse
- □ H→WW→lvqq : [240-600 GeV] pas aussi important qu'il ne paraît (bruit de fond W+jets très important)
- $\Box \quad H \rightarrow ZZ \rightarrow Ilqq [200-600 \text{ GeV}]$
- $\square H \rightarrow ZZ \rightarrow Ilvv [200-600 \text{ GeV}]$
- □ H→ZZ(*)→IIII [110-600 GeV] aussi appelé le canal doré (à haute masse) : signature claire et bonne résolution de masse invariante





Exclusions ATLAS



Combinaison ATLAS



Intérêt et défis du canal $H \rightarrow \gamma \gamma$



Nécessaire : un bon système calorimétrique

Une bonne résolution en énergie pour la reconstruction de la masse invariante (largeur du pic)

Un calorimètre granulaire pour la séparation photon jet (rejet du bruit de fond) $S/B \sim 1:10^6 \rightarrow S/B \sim 1:50$ Marine Kuna Zone de masse exclue par le LHC

- Région favorisée par l'ajustement électrofaible : basse masse [100-150 GeV]
 - > Canal dominant $H \rightarrow \gamma \gamma$
 - Photons : signature claire dans le détecteur



Analyse $H \rightarrow \gamma \gamma$

15% d'amélioration

Catégories : → De régions en η : la résolution n'est pas uniforme sur tout le calorimètre
→ De conversions : ~40% des photons convertis en paires électron et positron conséquence de matière devant le calo



Sélection



Composition du bruit de fond

Dissocier bruit de fond irréductible (γγ) des bruits de fond réductibles (γj, jj)

(Exactement même principe que pour diphotons)

- Méthode des bandes latérales 2D (voir présentation Sandrine)
- > Méthode de l'ajustement 2D (résultats du labo)
- → Détermination des fonctions de densité de probabilité (pdf) 2D pour l'isolation calorimétrique des événements γγ, γj, jγ, et jj
- → Ajustement des données avec ces pdf 2D pour en déduire la proportion de chaque composante



Exclusion



Systématiques et développement de l'analyse



Grande contribution du groupe

Chercheurs : Giovanni Calderini (CNRS) Sandro De Cecco (UPD) Bertrand Laforge (UPMC) Giovanni Marchiori (CNRS) José Ocariz (UPD)

5 102

95%

0

σ×BR(H→γγ)/SM

10

110

± 1σ

± 2σ



Historique récent de l'activité $H \rightarrow \gamma \gamma$



→ Présence éditoriale continue du groupe LPNHE

Conclusions et perspectives

- Higgs est largement exclu par le LHC sauf à basse masse
- Aucun excès significatif (< 2.1σ) encore trouvé</p>
- Zone de basse masse est la plus difficile à sonder expérimentalement mais elle est également largement favorisée par le fit électrofaible
- H→γγ est le canal le plus important à basse masse





- Le LHC va fonctionner en 2012 à Vs = 7 TeV pour collecter entre 10 et 20 fb⁻¹ avant arrêt technique pour au moins un an
- Le Higgs devrait être découvert ou exclu sur tout le spectre de masse (114-600GeV) en un an de données LHC supplémentaire

SPARE

Systématiques

Incertitude sur le nombre d'événements de signal :

- Reconstruction/Identification : ±11%
- Coupure en isolation : ±3%
- Efficacité du déclenchement : ±1%
- Luminosité : 3.7%
- > Effet de la modélisation de PTgg sur la coupure en acceptance cinématique : ±1%
- Incertitude sur la résolution de la masse invariante :
 - Terme constant de la résolution en énergie du cluster : ±12%
 - > Extrapolation de l'étalonnage des photons à partir de celui des électrons : ±6%
 - Fluctuations dues aux effets d'empilement pour la mesure de l'énergie des agglomérats calorimétriques : ±6%
 - Mesure de l'angle des photons : ±1%

Combinaison CMS



Exclusion CMS



Bruits de fonds principaux



Différents canaux utilisés

 \Box H \rightarrow gg est un canal rare mais il est le meilleur à basse masse

m _H , GeV	₩₩→IvIv	ZZ→4I	YY
120	127	1.5	43
150	390	4.6	16
300	89	3.8	0.04

Н→үү	H→WW		H→ZZ			Η→ττ	H→bb
	→IvIv	→Ivqq	→ 4I	\rightarrow IIVV	→IIbb		
1.08	1.70	1.04	2.2	1.04	1.04	1.06	1.04

Activités groupe

- Etudes Monte Carlo (Lydia Roos)
- Déclenchement :
 - Efficacité (Li Yuan, Lydia Roos, Giovanni Marchiori)
 - > Personnes contacts, performances (Liwen Yao, Olivier Davignon)
- Données :
 - > Production du format de données officiel (Heberth Torres, Olivier Davignon)
- □ Signal :
 - > Fonction de résolution (Camila Rangel, José Ocariz)
- Bruit de fond :
 - Extraction avec la méthode des templates (Giovanni Marchiori, Marine Kuna, Heberth Torres)
- Extraction courbe sensibilité
 - Méthode d'interpolation (Camila Rangel et José Ocariz)
- Améliorations de l'analyse :
 - Catégories en jets (Olivier Davignon, Sandro de Cecco)
 - Inclusion de l'isolation et de variables discriminante des photons de bremsstrahlung (Marine Kuna, Bertrand Laforge, José Ocariz, Heberth Torres)

+ nombreuses activités transverses des thésards dans les groupes adjacents : egamma, Standard Model Direct Photon Marine Kuna - Higgs au LHC

Au delà du modèle standard

Le LHC exclut, entre autre, les processus supersymétriques les plus accessibles (>~1TeV), les bosons de jauge lourds W' et Z' (>~2TeV), les quarks excités (>~3TeV), les trous noirs quantiques (>~4TeV), les résonnances de quatre jets (>~7TeV)



Au delà du modèle standard



*Only a selection of the available results leading to mass limits shown

Bruit de fond au LHC



- Rejet du bruit de fond : LHC un environnement très hadronique

Grande réjection du bruit de fond QCD plus facile, H→gg est un canal plus intéressant que bb Marine Kuna - Higgs au LHC



Spectres Mgg



Améliorations futures de l'analyse

Catégories en jets : analyse combinée des canaux exclusifs avec N=0, 1, 2 jets associés aux diphotons. Contribution de la fusion de bosons vecteurs. (Olivier Davignon, Sandro de Cecco) Etudes sur l'isolation des traces et l'empilement (Heberth Torres, Giovanni Calderini, Bertrand Laforge)

Inclusion de l'isolation et de variables discriminante des photons de bremsstrahlung (Marine Kuna, Bertrand Laforge, José Ocariz, Heberth Torres)

Amélioration de l'étalonnage des photons (Liwen Yao, Camila Rangel)

Extraction des efficacités par méthodes data driven et réduction des systématiques (Kun Liu, Giovanni Marchiori)



→ Présence du LPNHE dans chaque étape de l'analyse et dans les projets d'amélioration

Grande contribution du groupe

Giovanni Calderini, Olivier Davignon, Sandro De Cecco, Yuji Enari, Marine Kuna, Bertrand Laforge, Sandrine Laplace, Kun Li, Giovanni Marchiori, Irena Nikolic, José Ocariz, Camila Rangel Smith, Lydia Roos, Heberth Torres, Liwen Yao, Li Yuan

