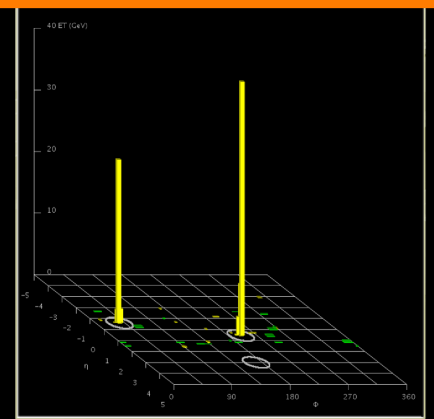
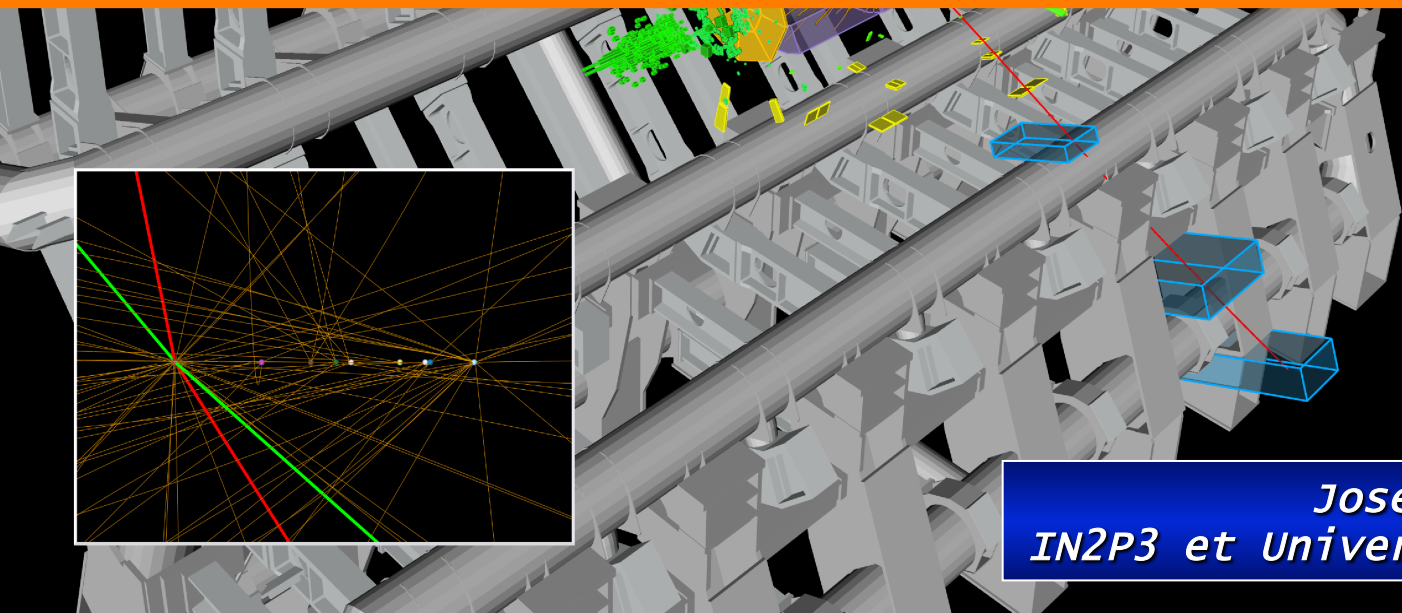
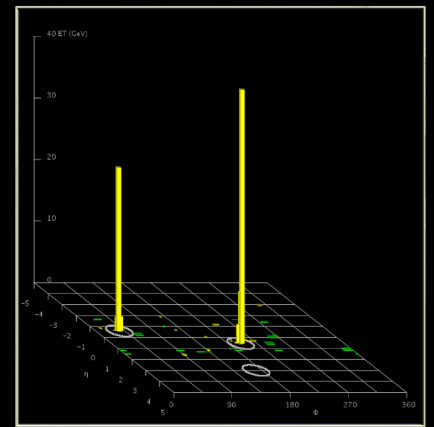
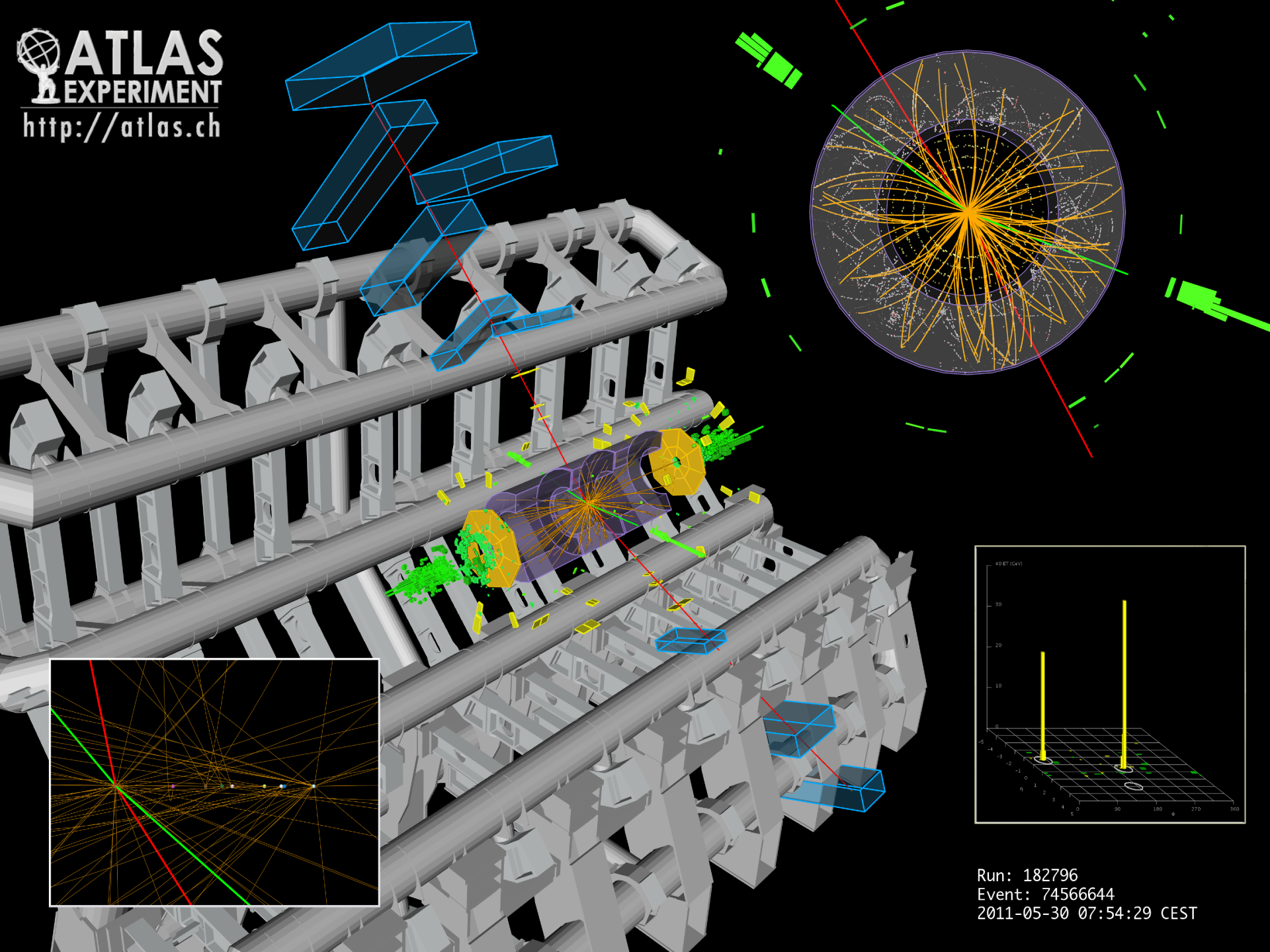


# *ATLAS au LPNHE*



*José Ocariz*  
*IN2P3 et Université Paris Diderot*



Run: 182796  
Event: 74566644  
2011-05-30 07:54:29 CEST

# Les théories de Jauge et la Masse

Modèle Standard : théorie quantique de champs avec invariance de jauge

- unification des interactions électromagnétiques et faibles
- description des interactions nucléaires fortes
- Les champs de jauge (=champs de force) doivent être sans masse

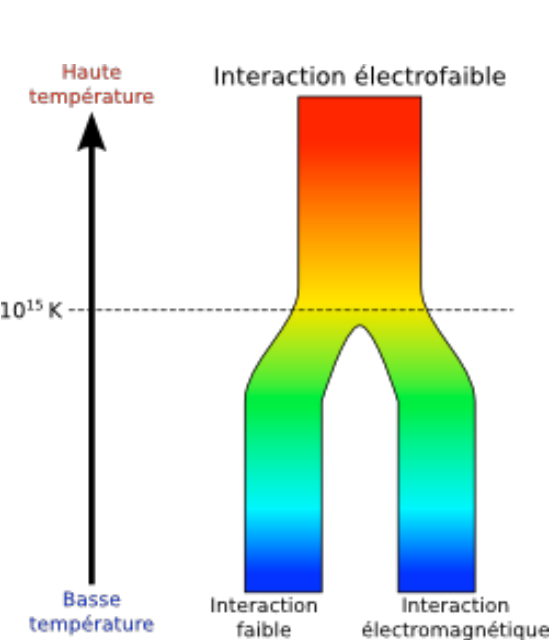
Les **W, Z bosons W et Z sont lourds!** (= portée finie  $\sim 10^{-15}$  cm)

Solution : **brisure spontanée de la symétrie du vide !**

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

$$\Downarrow$$

$$SU(3)_c \otimes U(1)_e$$

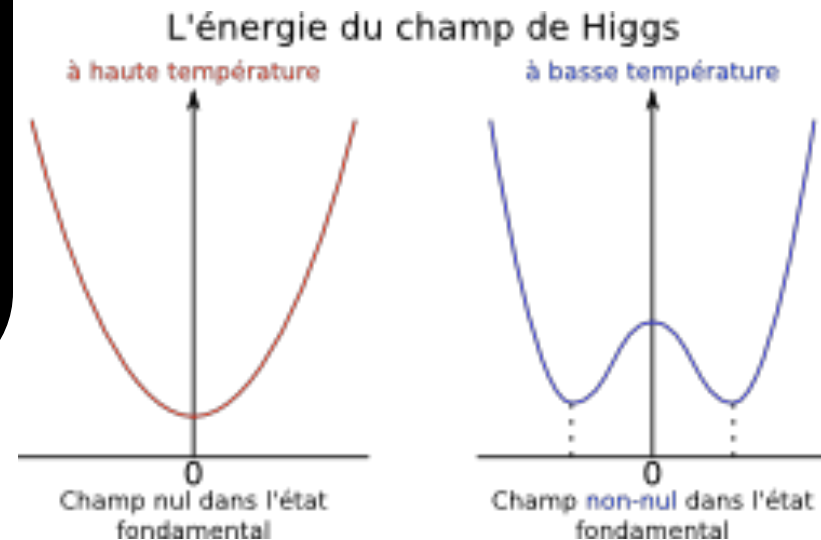


$$\langle 0 | \phi | 0 \rangle = v \neq 0$$

$$M_W = 0$$

$$M_W = \frac{1}{2} g v \neq 0$$

$$M_Z = \frac{1}{2} \sqrt{g^2 + g'^2} v \neq 0$$

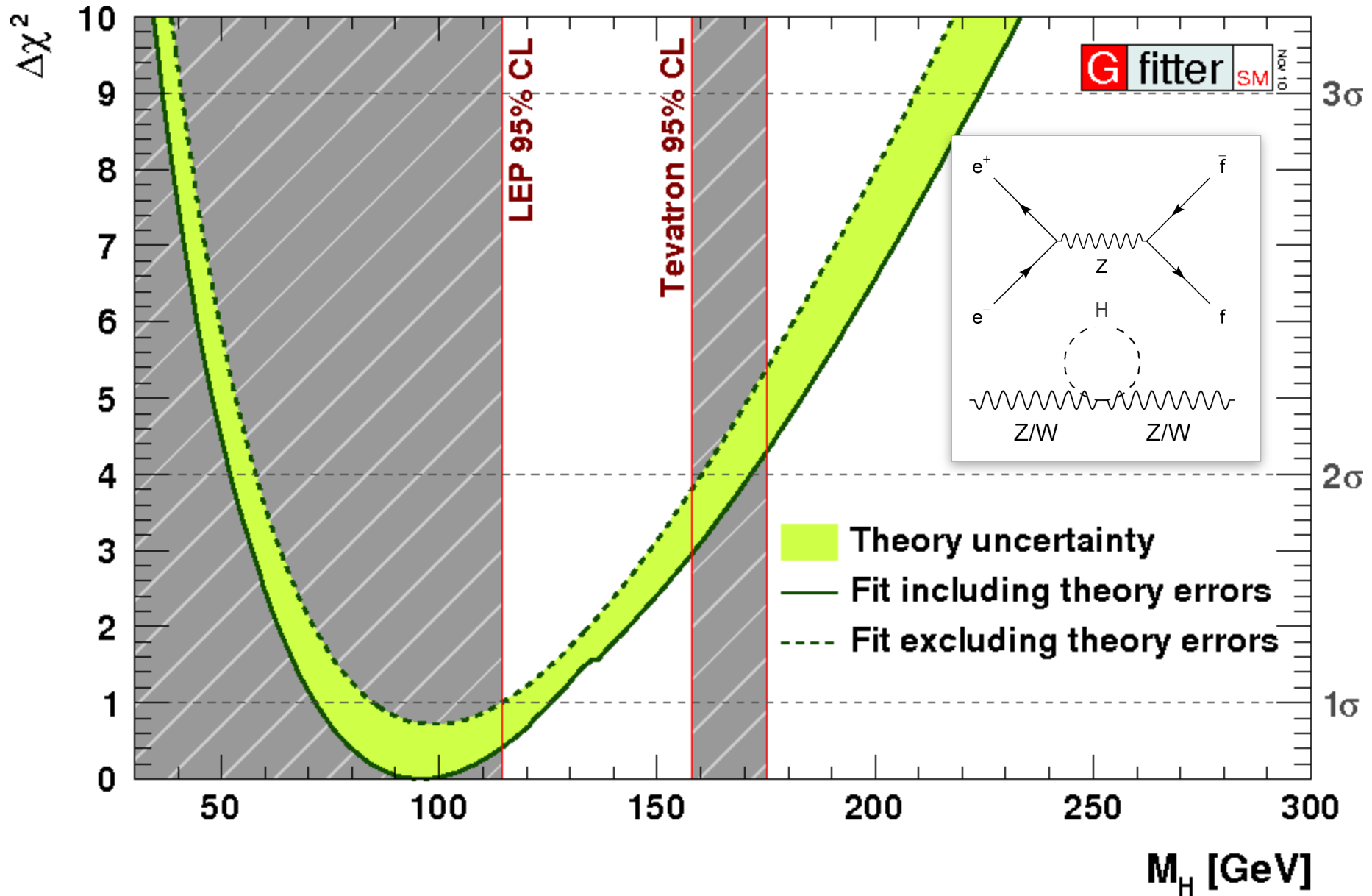


# Survol historique

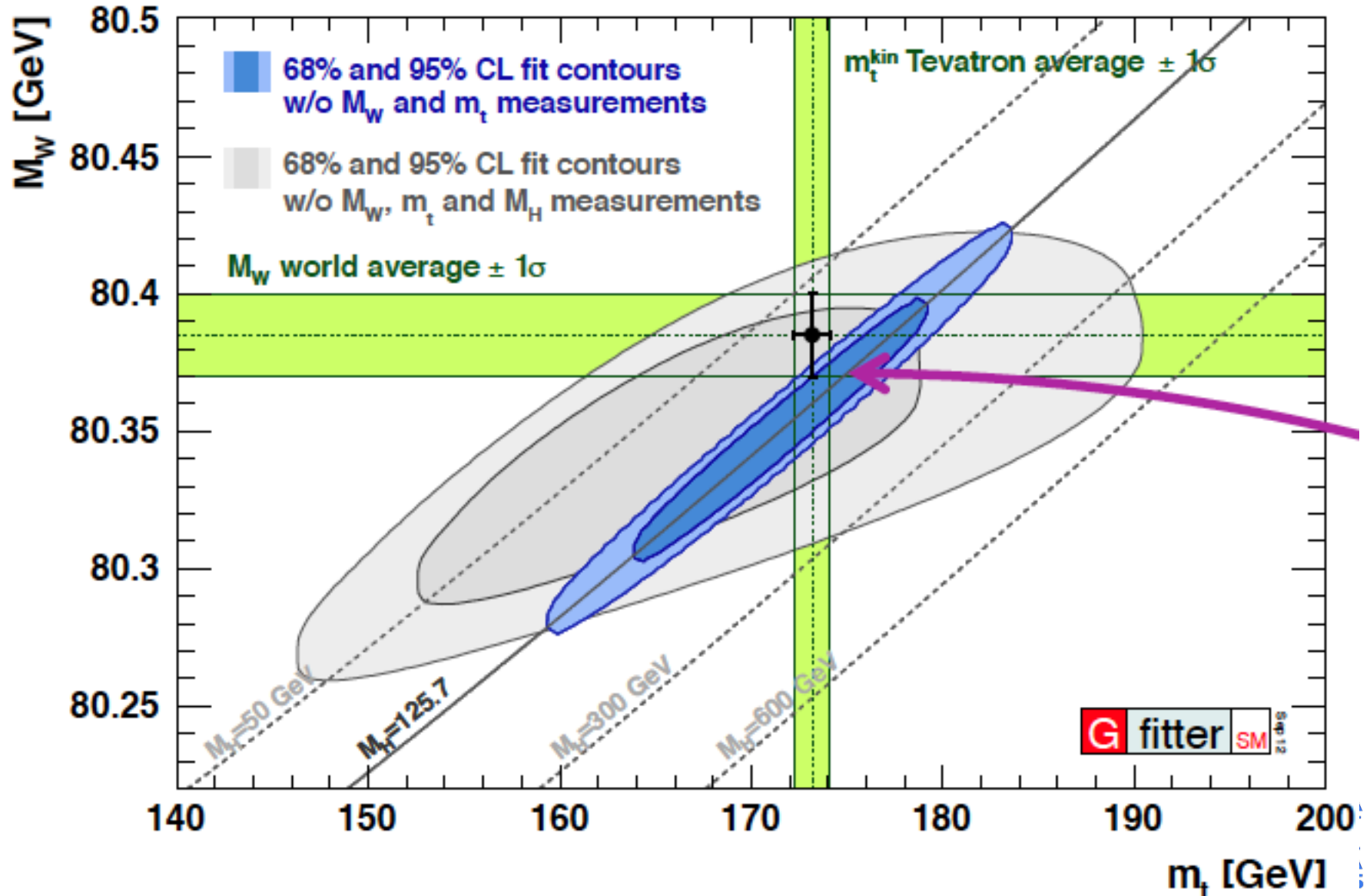
- 1964: Première formulation du mécanisme  
Brout, Englert, Higgs: BEH
- 1967: Unification Électrofaible W,Z  
(Glashow, Weinberg, Salam)
- 1973: Découverte des courants neutres  
diffusion  $\nu_\mu e$  (Gargamelle, CERN)
- 1974: Formulation complète du MS
- 1979: Nobel Glashow, Weinberg, Salam
- 1981: Le SpS au CERN devient un  
collisionneur proton-antiproton  
LEP approuvé avant découverte W/Z
- 1983: Construction du LEP démarre  
découverte W et Z (UA1, UA2)
- 1984: Nobel Rubbia, Van der Meer
- 1989: Début de prise de données au  
LEP1 (E = 91 GeV)  
Tests de précision du MS,  
recherche du boson de Higgs
- 1989: R&D pour les détecteurs du LHC
- 1992: Collaboration ATLAS créée
- 1994: Collisionneur LHC approuvé  
(démarrage prévu en 2005)
- 1995: Découverte du quark top au  
Fermilab (Chicago) (CDF, D0)  
Mesures de précision et recherche  
du Higgs à LEP2 (E = 200 GeV)  
Expériences ATLAS, CMS  
approuvées pour le LHC
- 1999: Nobel 't Hooft, Veltman
- 2000: Fin de la prise de données au LEP  
 $m_H > 114 \text{ GeV}$  (recherche directe)
- 2008: Démarrage du LHC, puis incident
- 2009: Nouveau démarrage à 7 TeV
- 2012: Boson «BEH-like» (ATLAS, CMS)



# Recherche du Higgs : état des lieux avant LHC

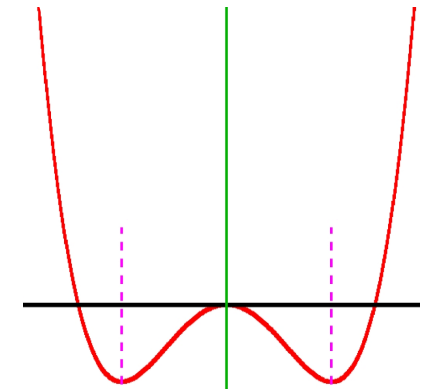
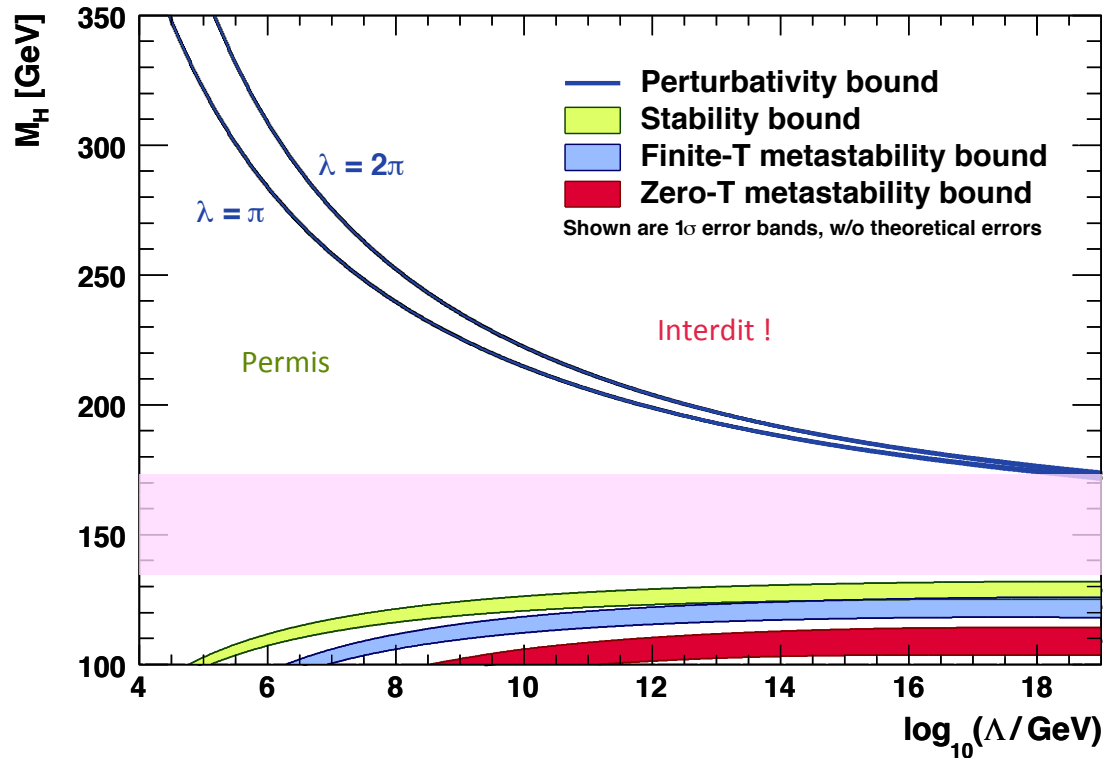


# Recherche du Higgs : état des lieux avant LHC

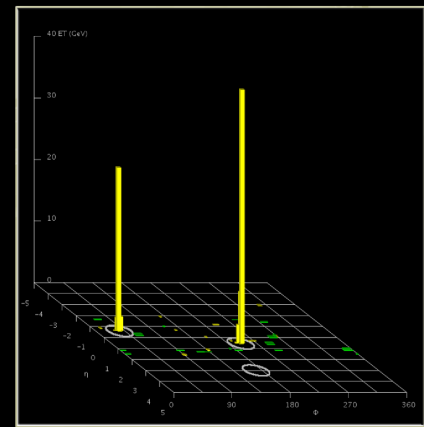
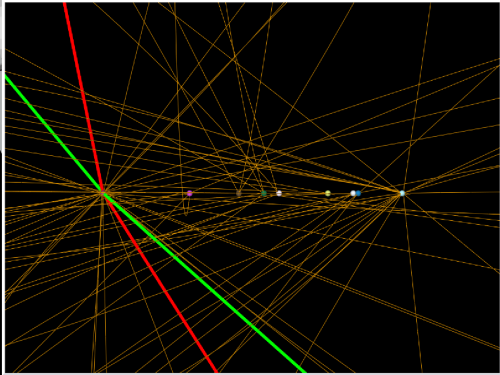
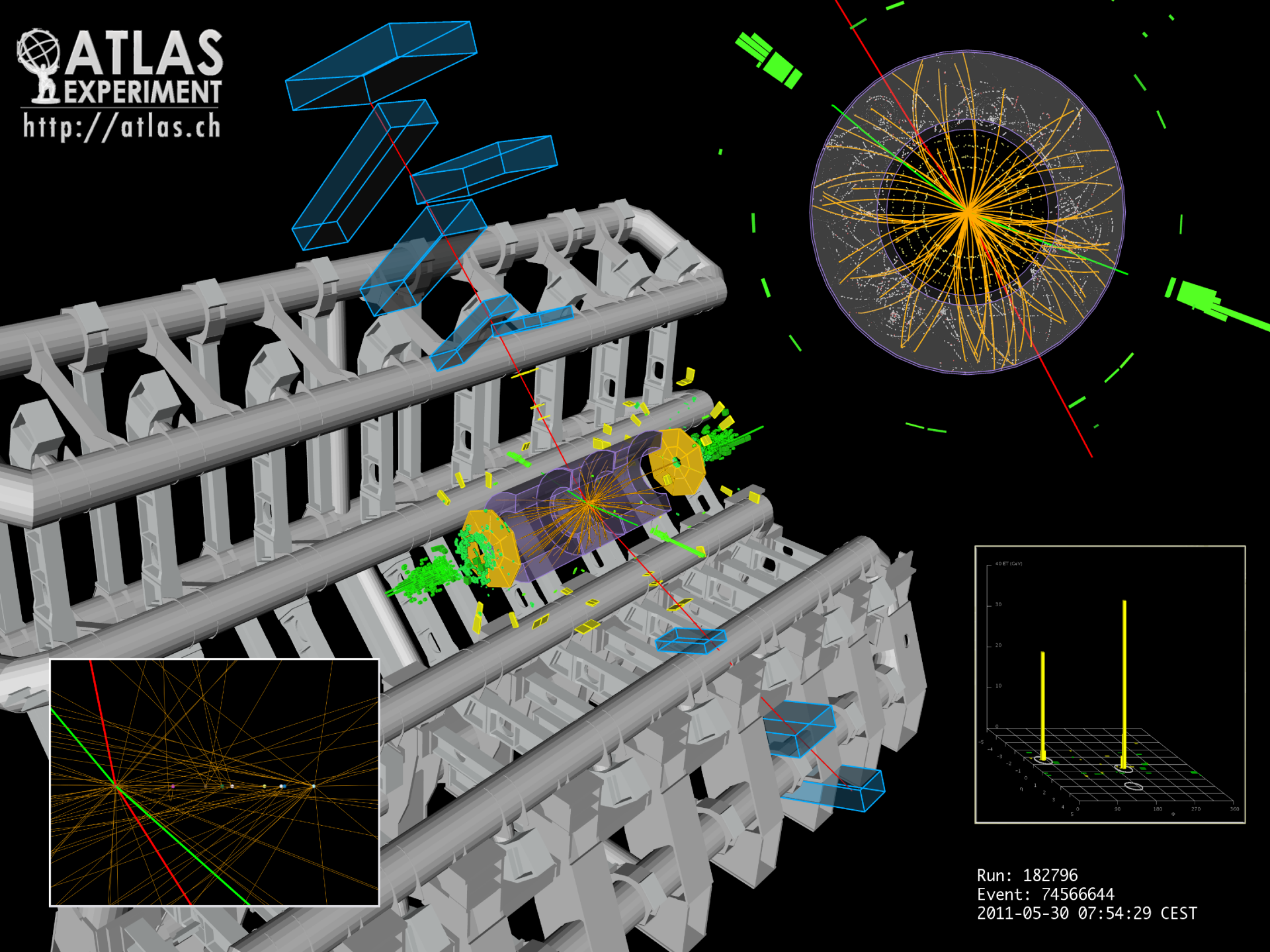


# Masse du Higgs : ni trop lourd, ni trop léger !

Contraintes posées par le caractère “perturbatif” du couplage du Higgs  
et borne de (méta)stabilité du vide ...



Le Higgs du MS “condamné” à une région étroite entre deux désastres  
pour maintenir la cohérence de la théorie jusqu’aux échelles de la  
masse de Planck  $M_P \sim 2 \times 10^{18}$  GeV

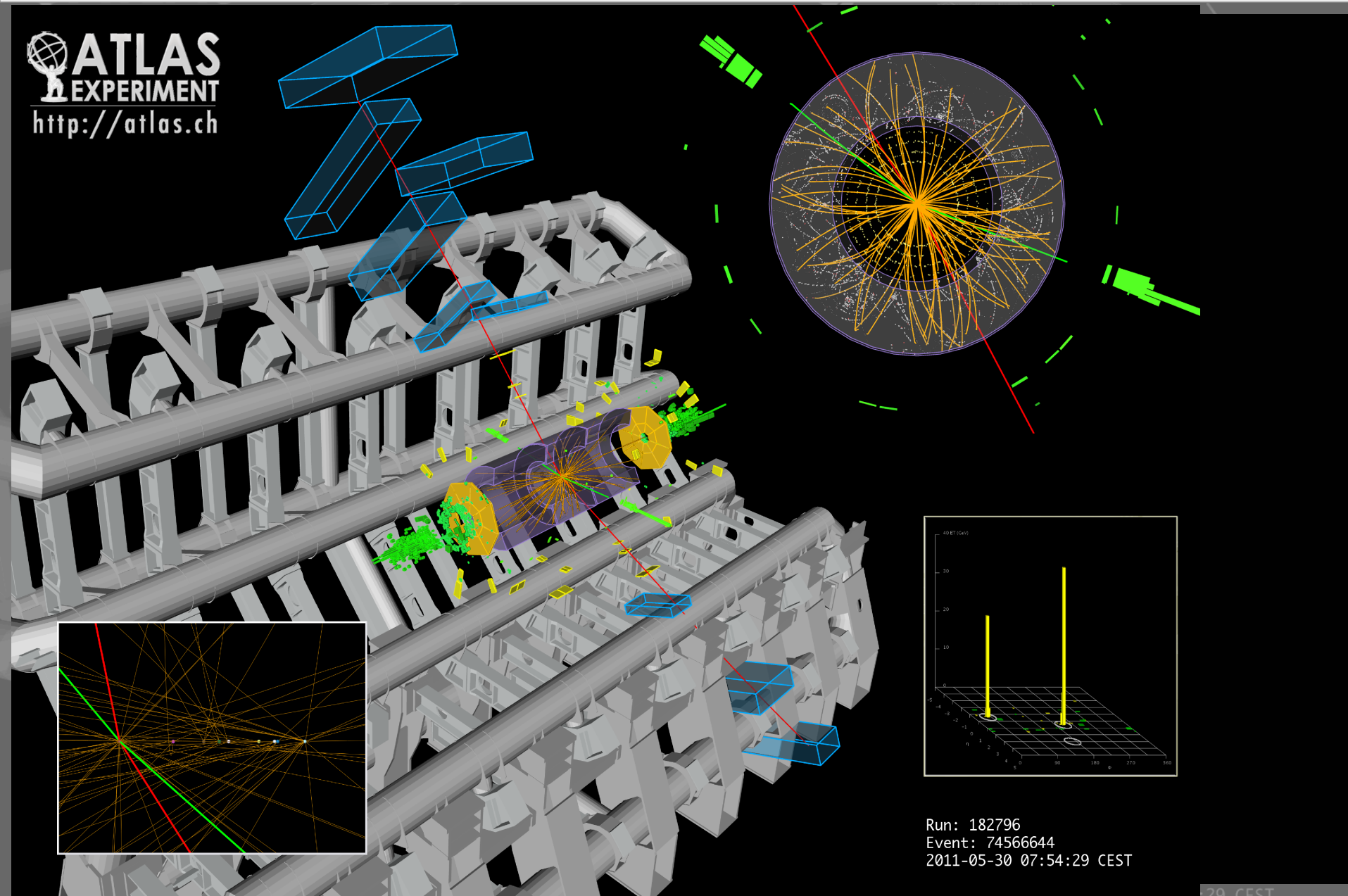


Run: 182796  
Event: 74566644  
2011-05-30 07:54:29 CEST



# Chasse au Higgs : production, désintégration, reconstruction

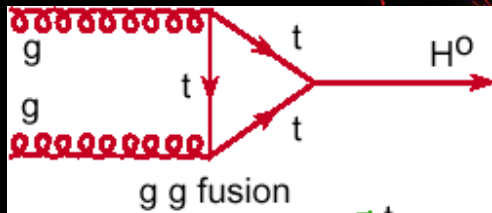
**ATLAS**  
EXPERIMENT  
<http://atlas.ch>



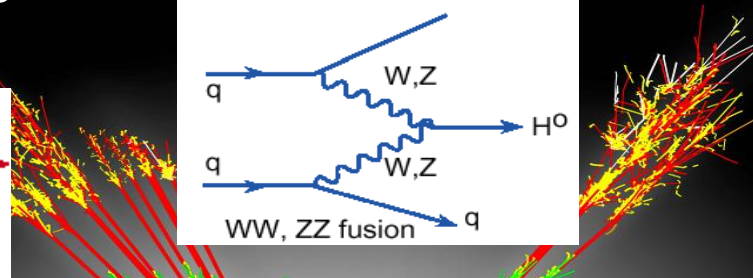
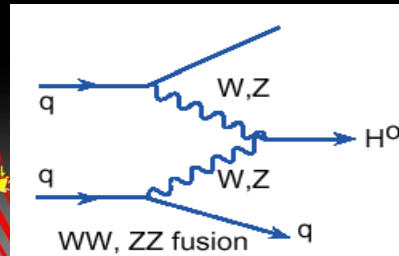
Run: 182796  
Event: 74566644  
2011-05-30 07:54:29 CEST

# La chasse au Higgs : production

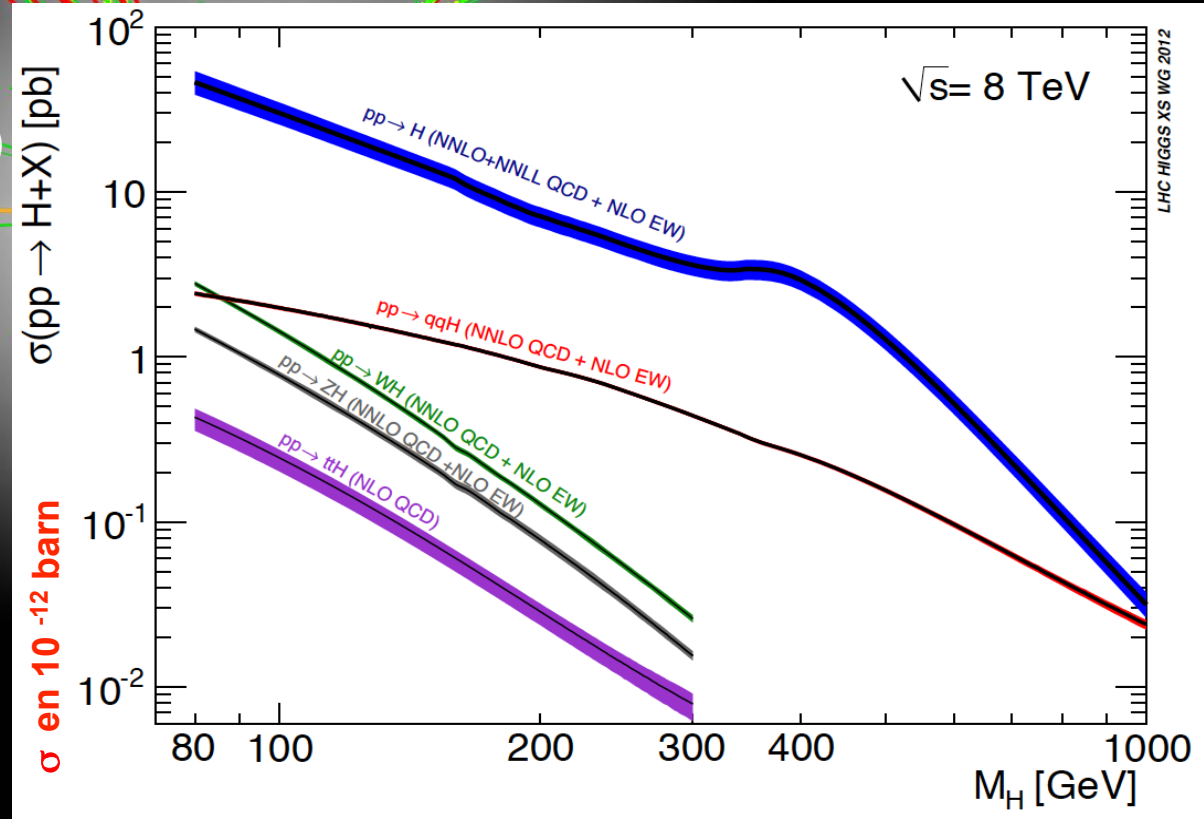
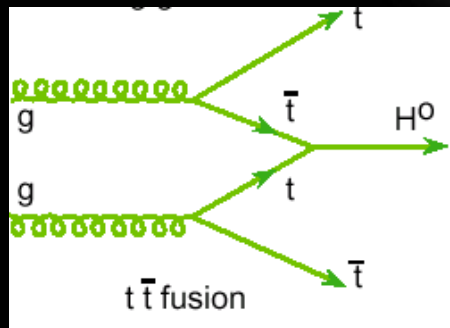
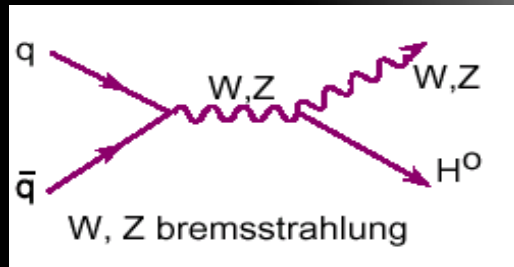
## (i) Fusion de gluons



## (ii) Fusion de Bosons Vecteurs (W,Z)



## Production associée (W/Z, tt)

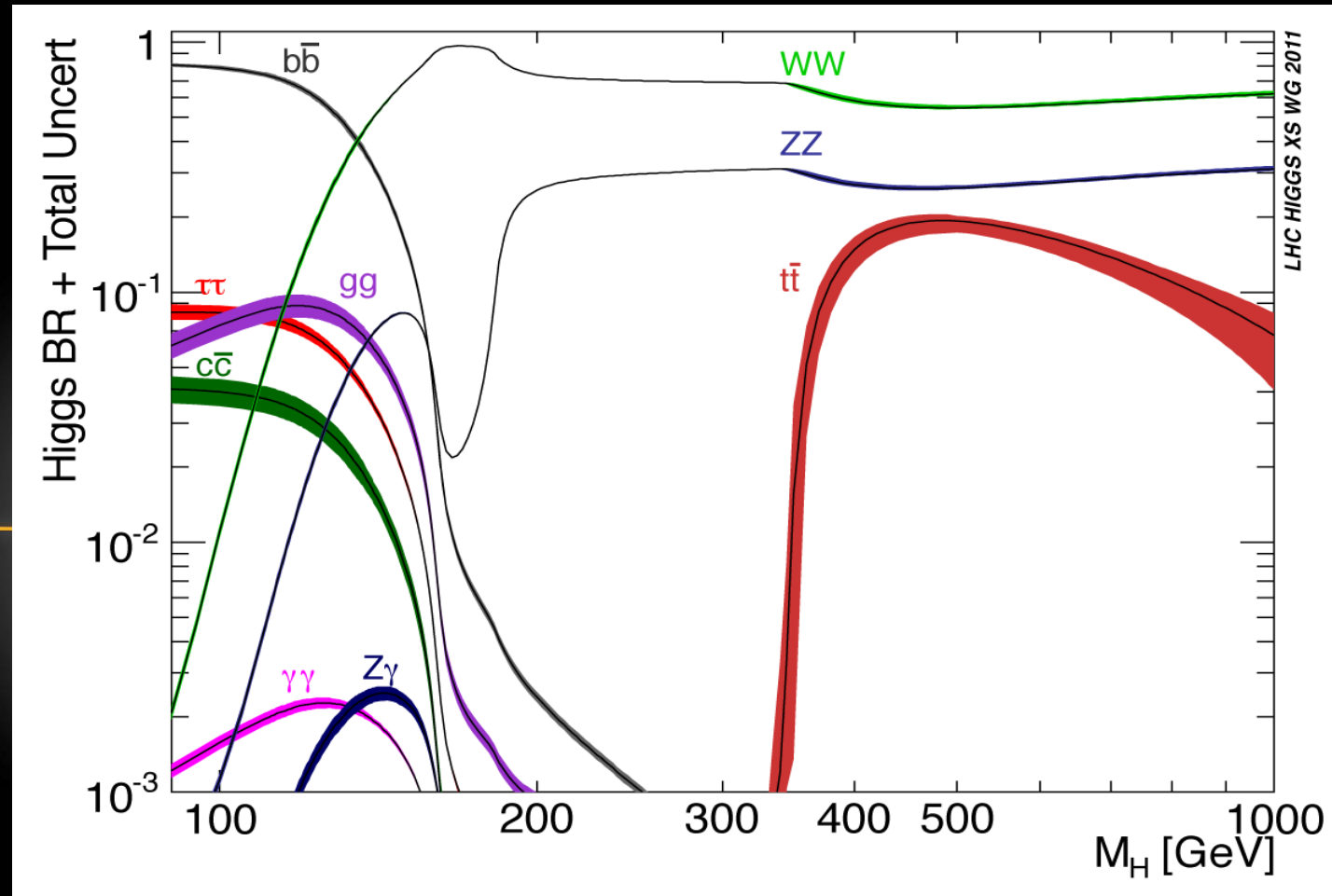


# La chasse au Higgs : désintégration

Désintégration du Higgs en  $10^{-22}$  sec en paire de particules de matière- antimatière (« canal de désintégration »)

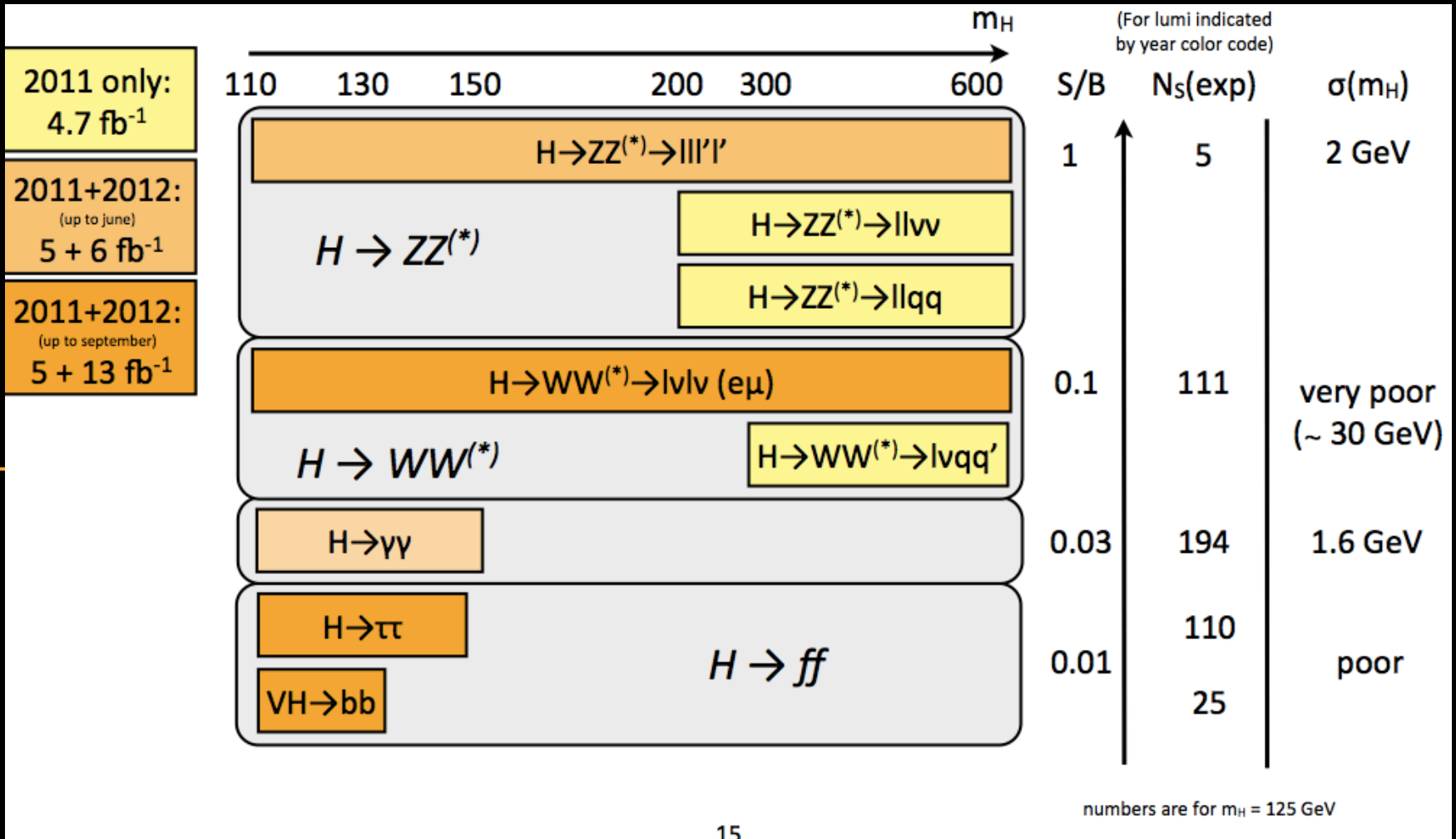
- Les probabilités de désintégration dépendent de  $m_H$

- On n'étudie pas les mêmes canaux pour toutes les masses du Higgs



Privilégier des canaux avec un état final simple même si plus rare, en adaptation avec les performances du détecteur

# La chasse au Higgs : production, désintégration

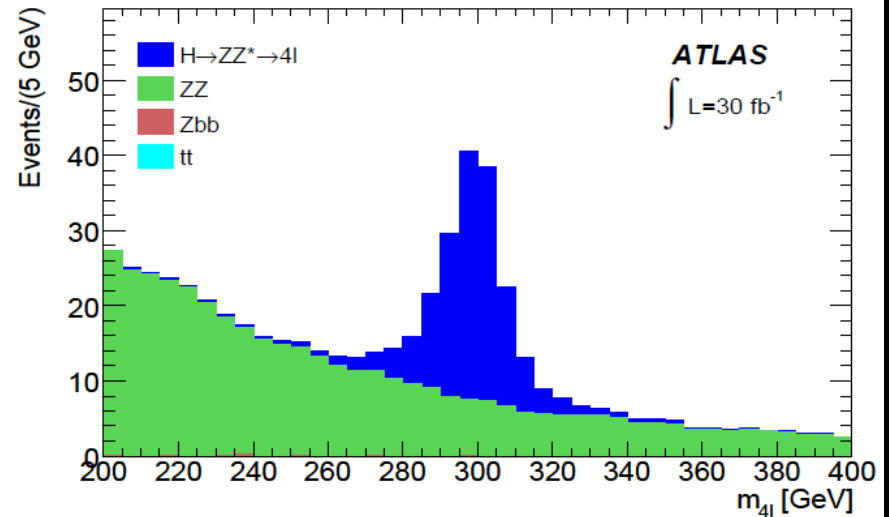
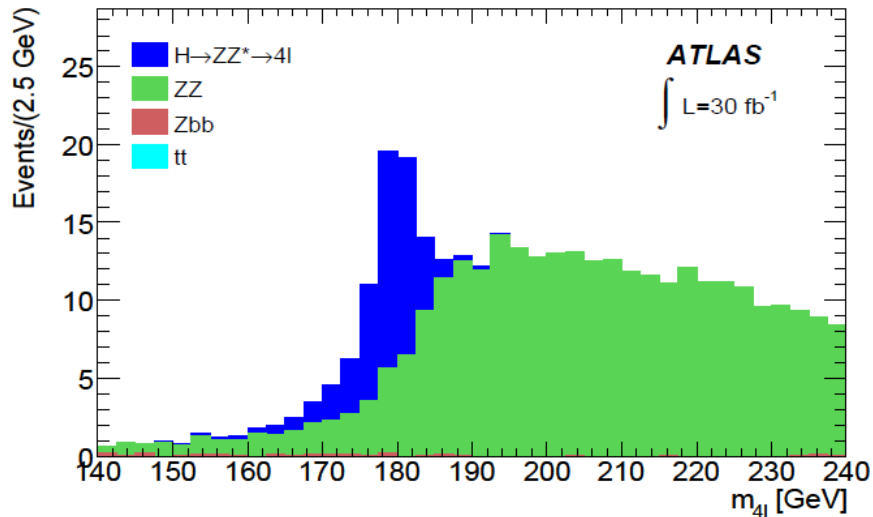
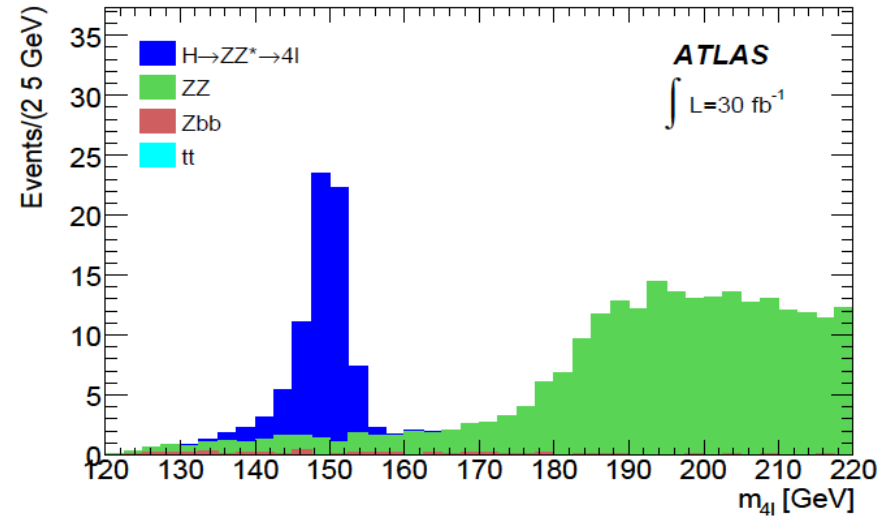
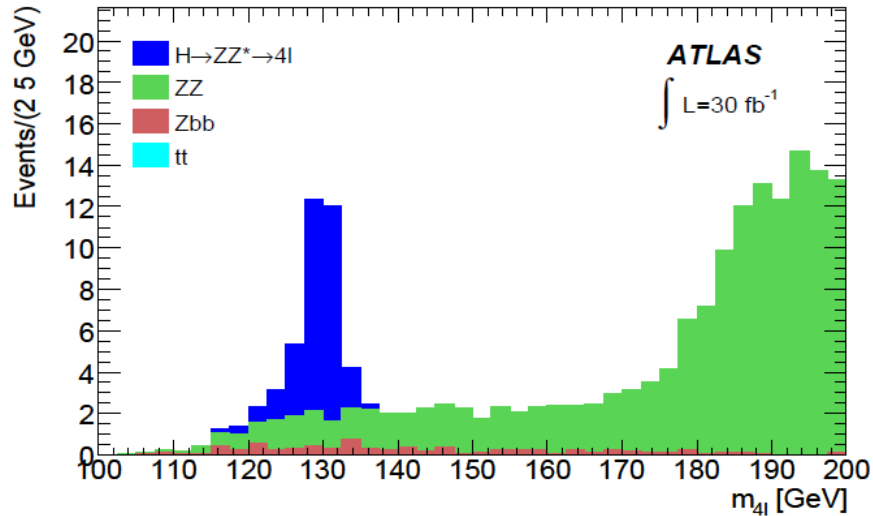


15

Analogue  
au choix d'une station radio  
en explorant la gamme de fréquence

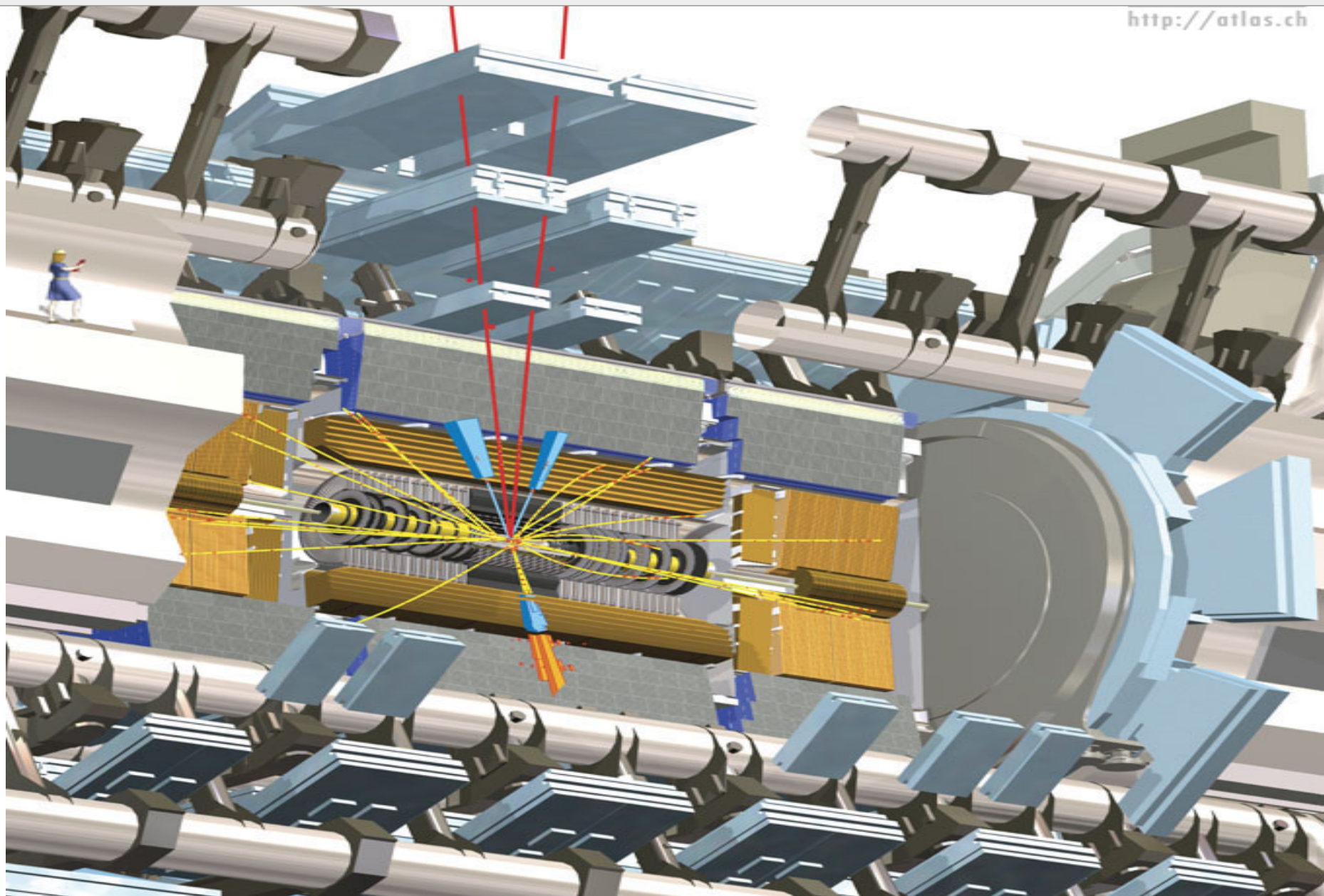


# La chasse au Higgs : reconstruction en 4 leptons

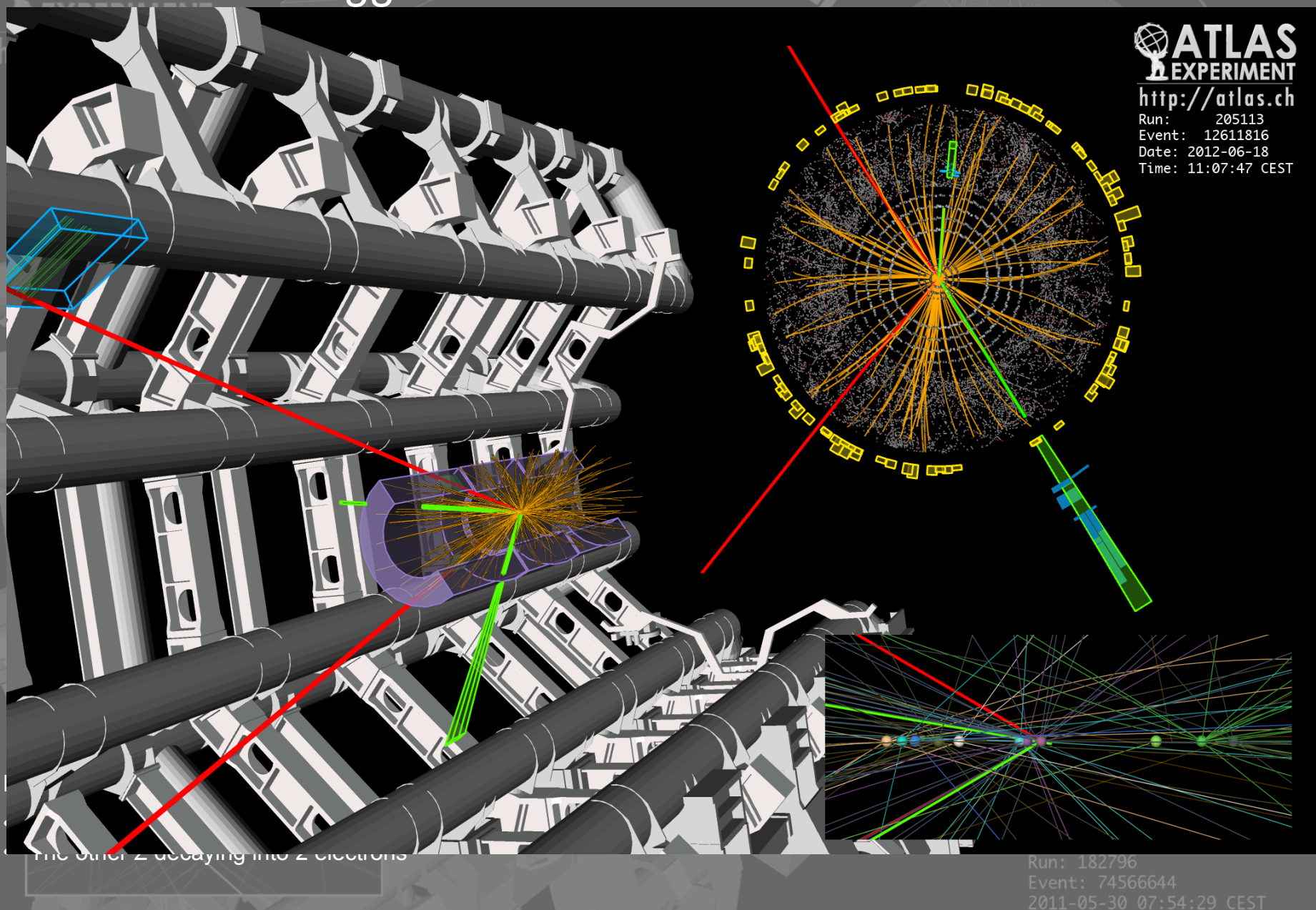


# Un Higgs (simulé) se désintégrant en 4 leptons

<http://atlas.ch>



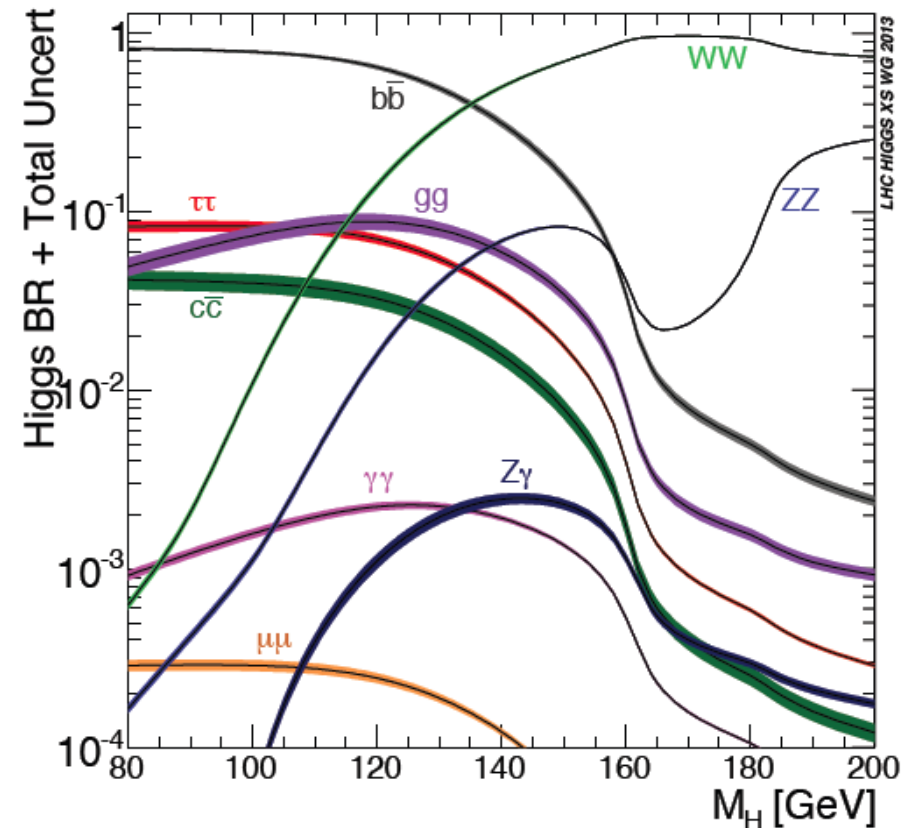
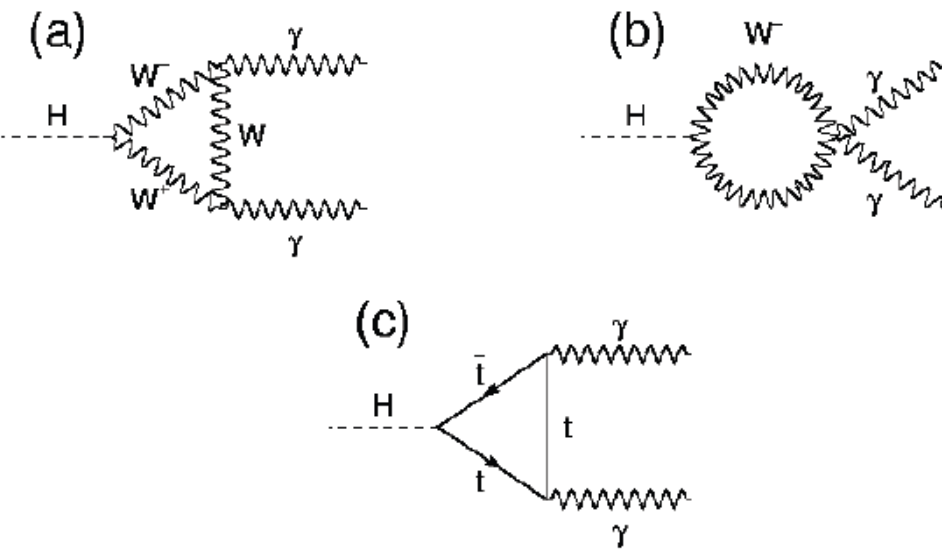
# Un candidat Higgs se désintégrant en 4 leptons





# Un des canaux en or : $H \rightarrow \gamma\gamma$

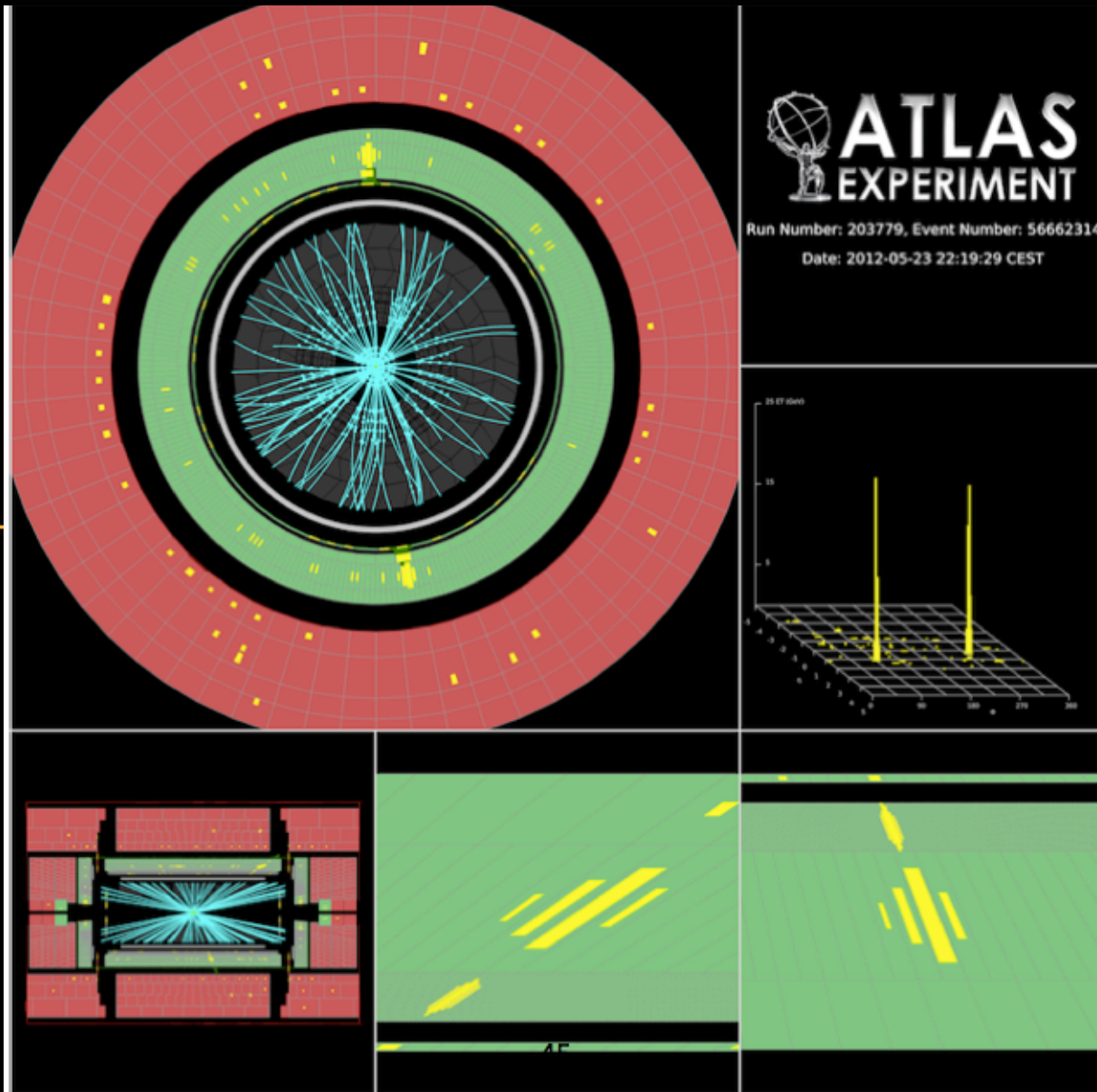
Il s'agit d'un canal permettant de reconstruire la masse du boson de Higgs avec une grande précision, et avec une signature "simple"



Event: 74566644  
2011-05-30 07:54:29 CEST

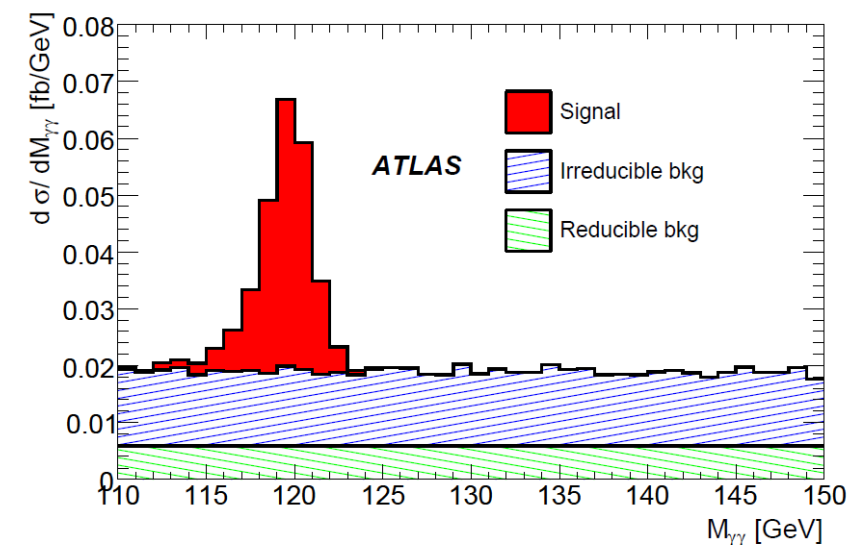
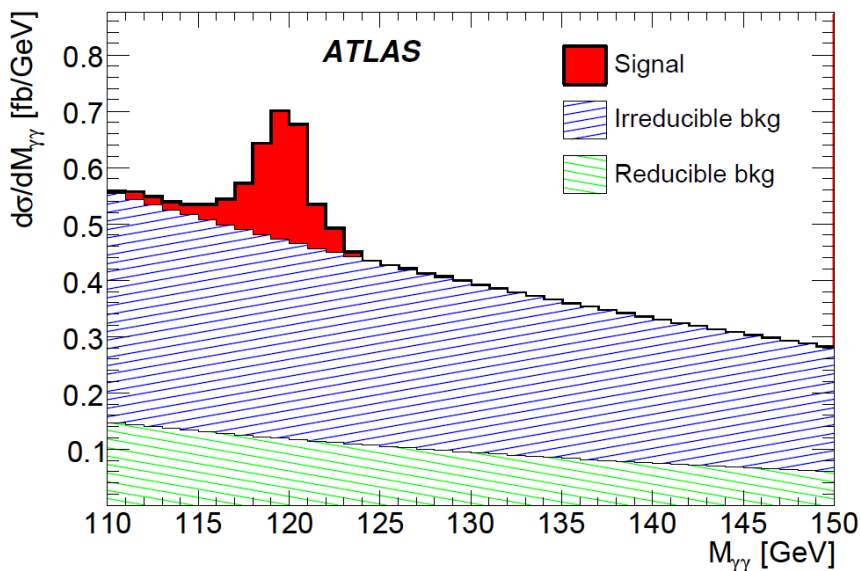
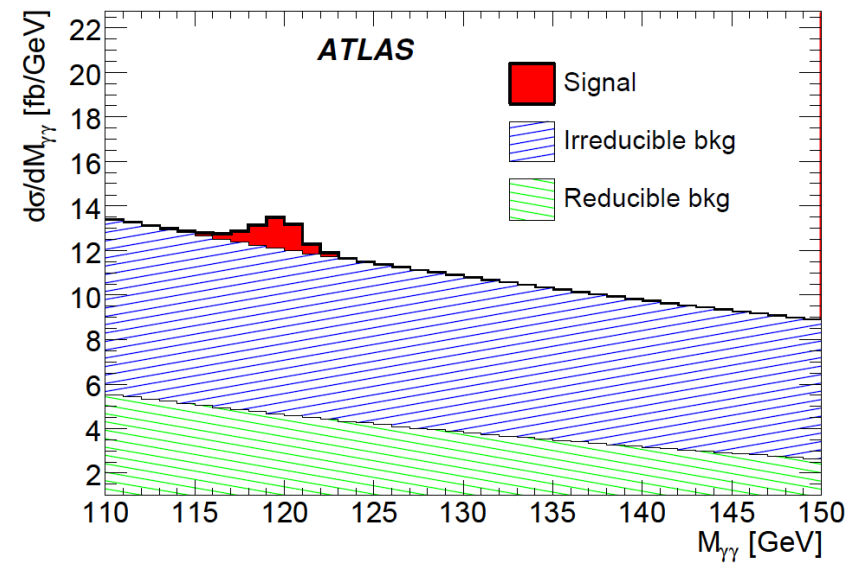
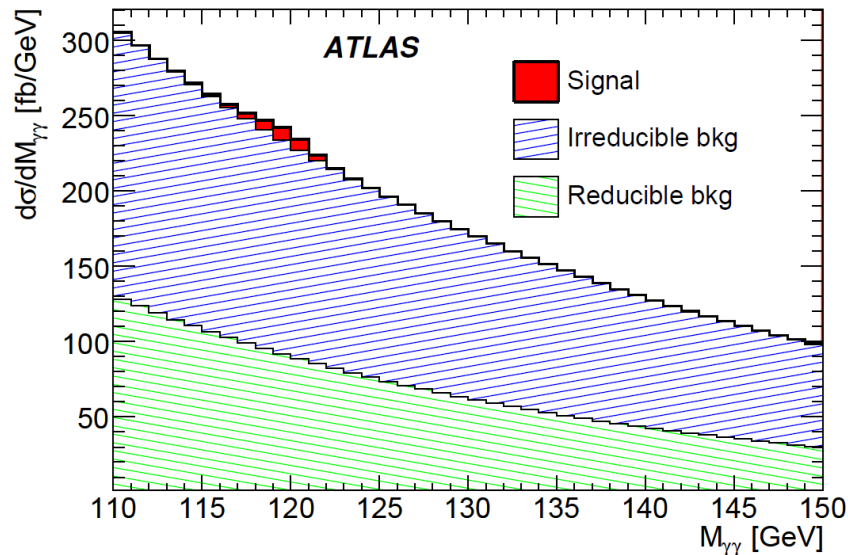


# Un candidat Higgs se désintégrant en 2 photons

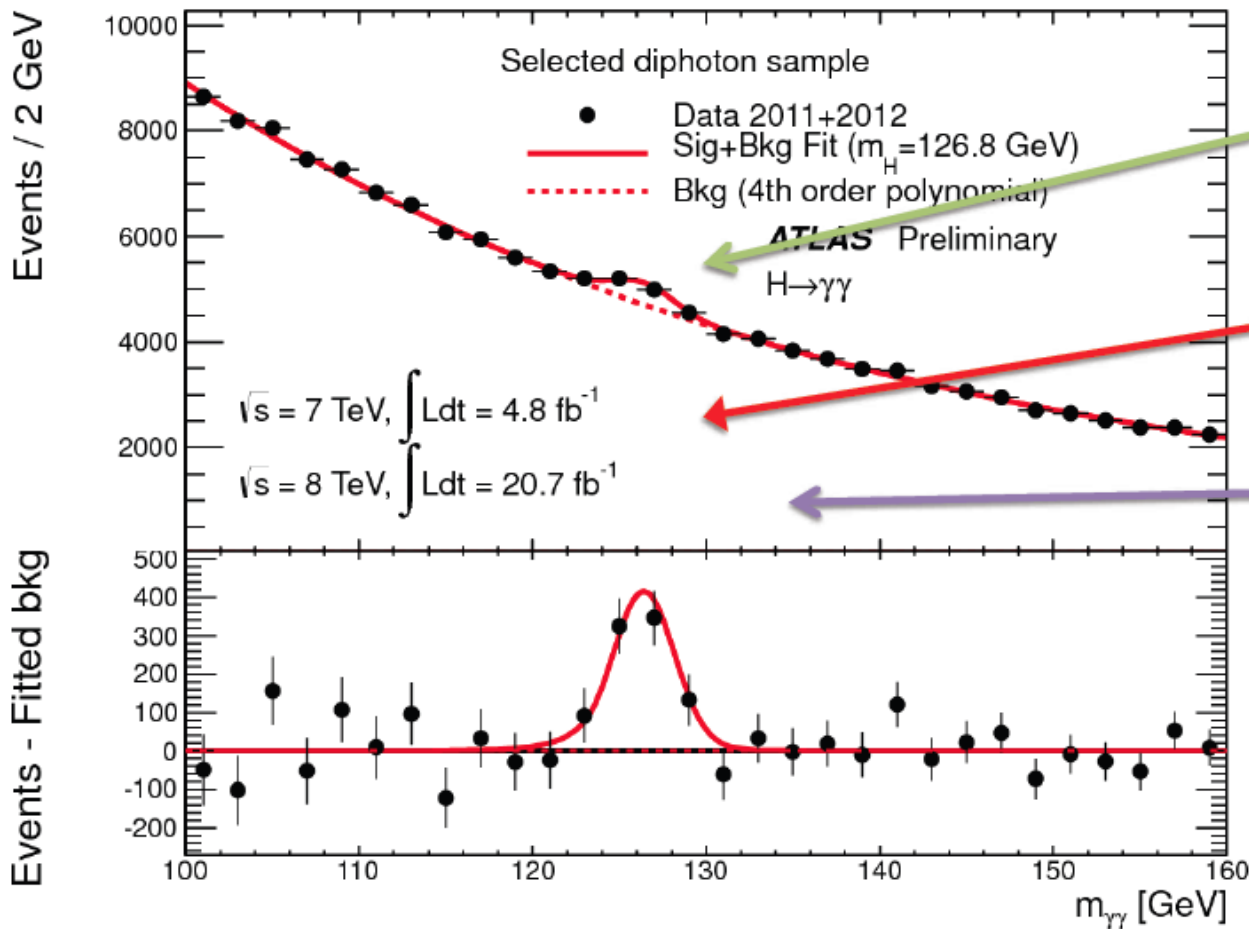


2011-05-30 07:54:29 CEST

# La chasse au Higgs : reconstruction en 2 photons



# Le signal $H \rightarrow \gamma\gamma$ dans ATLAS : contributions du groupe



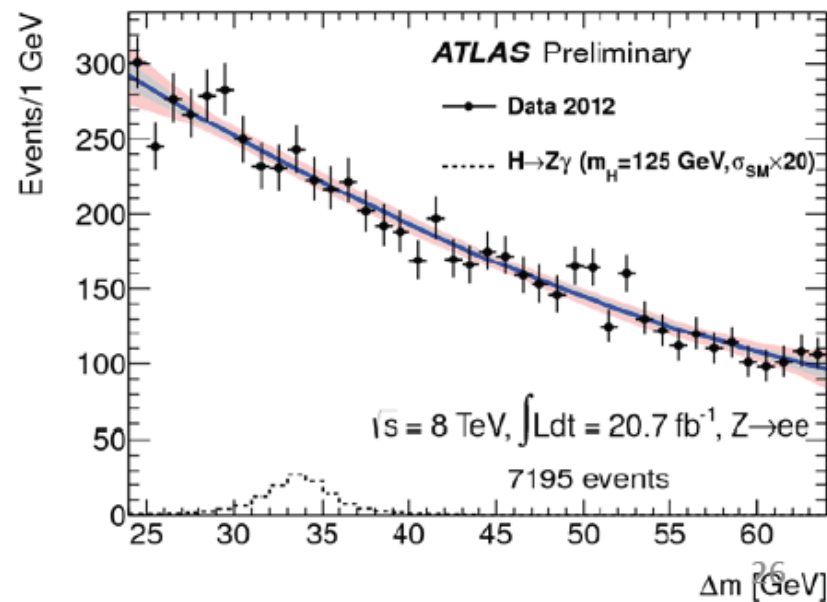
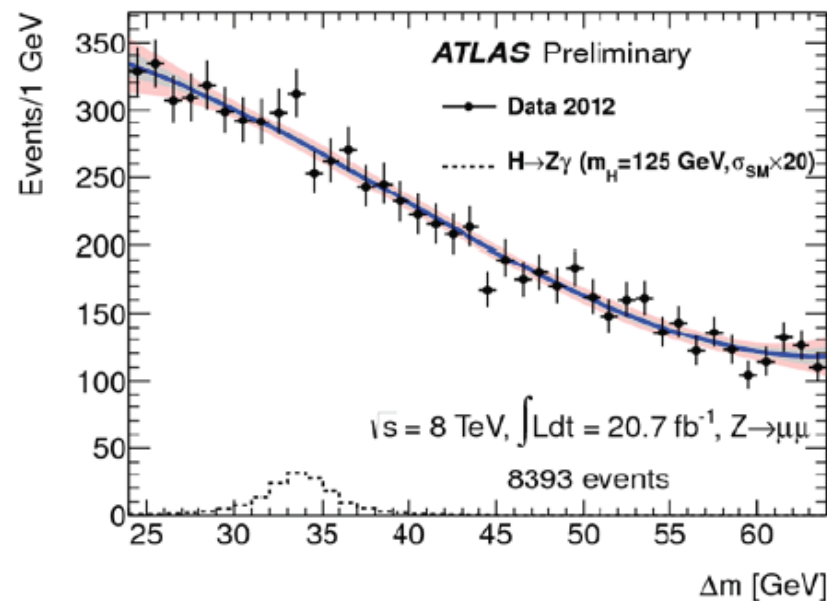
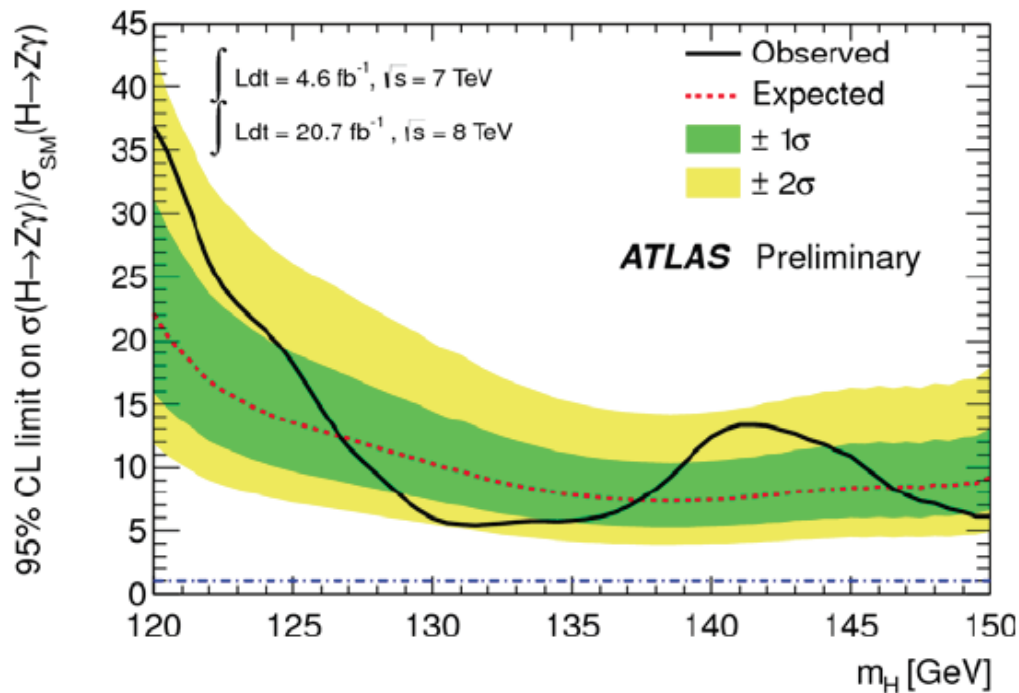
Paramétrisation du signal  
(thèse CR)

Paramétrisation du bruit de  
fond (thèse HT)

Composition du bruit de fond

+ Utilisation d'une topologie  
avec jets supplémentaires  
pour enrichir l'échantillon  
avec événements VBF (thèse  
OD)

# Recherche dans le canal $H \rightarrow Z\gamma$

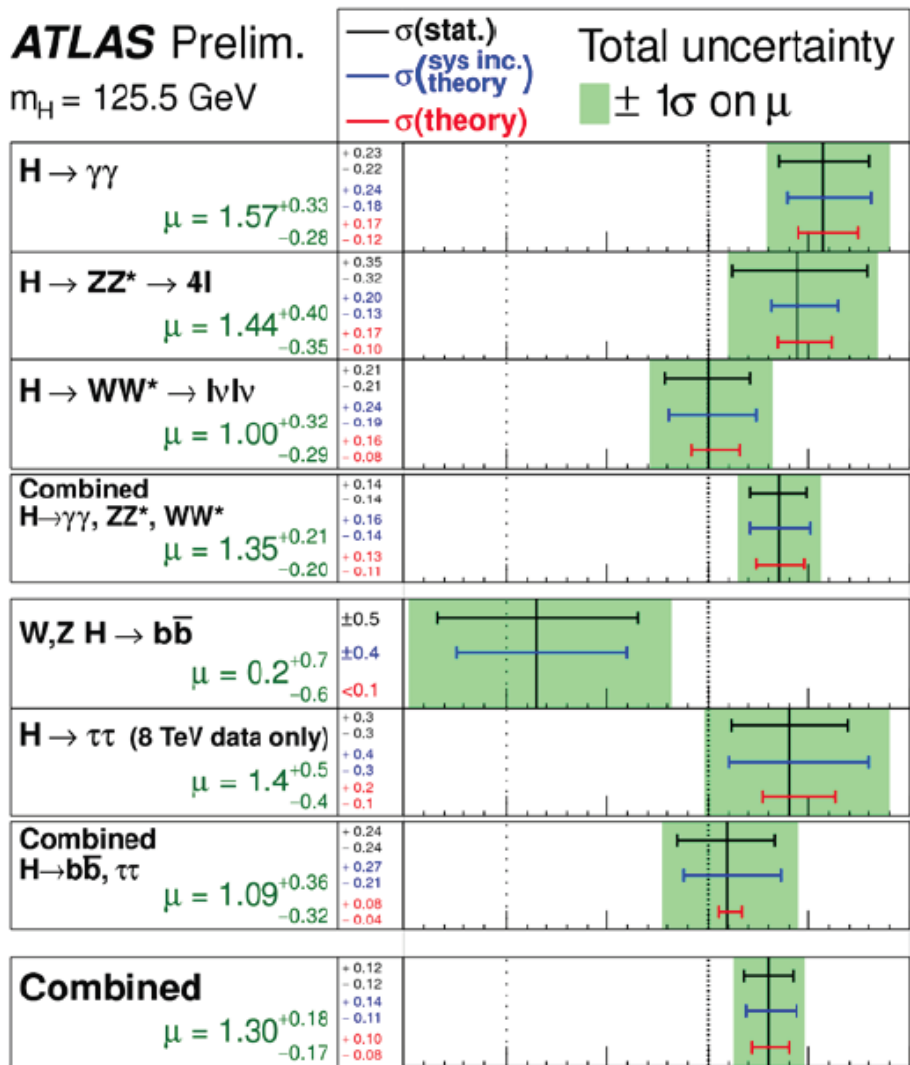




# Le Higgs vu par ATLAS - résumé

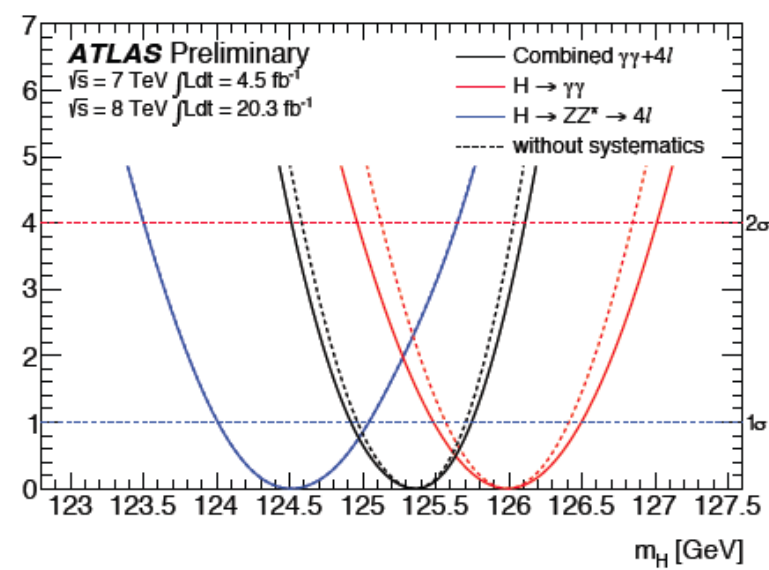
**ATLAS Prelim.**

$m_H = 125.5$  GeV



$\sqrt{s} = 7$  TeV  $\int L dt = 4.6\text{-}4.8 \text{ fb}^{-1}$   
 $\sqrt{s} = 8$  TeV  $\int L dt = 20.3 \text{ fb}^{-1}$   
 Signal strength ( $\mu$ )

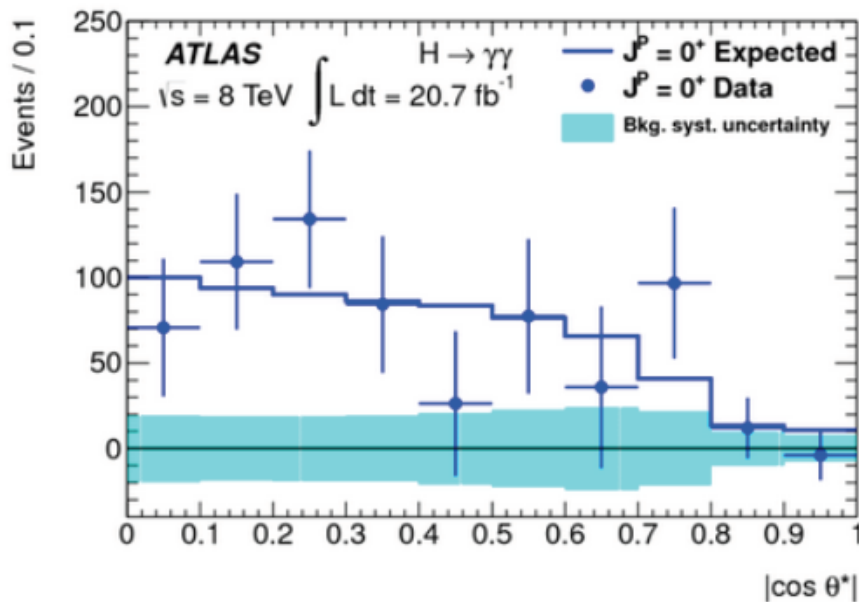
## Mesures multi-canaux du signal Higgs



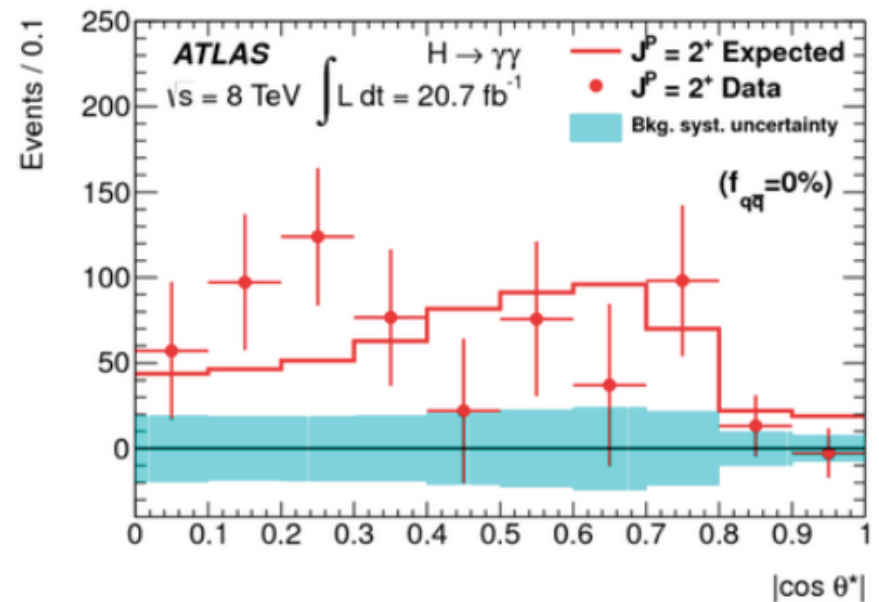
$H \rightarrow \gamma\gamma$	$125.98 \pm 0.42 \pm 0.28$ GeV
$H \rightarrow 4l$	$124.51 \pm 0.52 \pm 0.06$ GeV
<b>combined</b>	<b><math>125.36 \pm 0.37 \pm 0.18</math> GeV</b>

# Le Higgs vu par ATLAS - résumé

Tests statistiques sur le spin :  
exclusion de l'hypothèse spin 2 avec un niveau de confiance de 99,3 %



(a) Hypothèse  $J^P = 0^+$



(b) Hypothèse  $J^P = 2^+$

# Thèses soutenues

2011

- **Stefania Bordini (ATLAS)** : Mesure de la section efficace de production des quarks beaux et charmes a partir de leur desintegration semileptonique en electrons avec l'experience ATLAS dans les collisions protons-protons a  $\sqrt{s} = 7$  TeV au LHC.
- **Jonathan Brown (D0)** : Recherche du boson de Higgs standard a D0 à l'aide d'un reseau de neurones
- **Li Yuan (ATLAS)** : Mesure de la section efficace de production de paires de photons et étude de sensibilité de recherche du Higgs dans le canal  $H \rightarrow \gamma\gamma$  avec le détecteur ATLAS

2012

- **Matteo Corbo (CDF)** : Signature tauonique du top et impact sur la recherche du Higgs dans l'experience CDF
- **Timothée Thevenaux-Pelzer (ATLAS)** : Mesure de la section efficace de production de paires de quarks top dans les canaux multileptons dans l'expérience Atlas

2013

- **Olivier Davignon (ATLAS)** : Recherche du Boson de Higgs de basse masse dans le processus de production de Fusion de Bosons Vecteurs avec l'expérience ATLAS au collisionneur LHC
- **Dikai Li (D0)** : Recherche du boson de Higgs dans le canal WH dans l'experience D0
- **Nicolas Meric (ATLAS)** : Etude des corrections électrofaibles aux processus QCD, théorie+expérience
- **Camila Rangel (ATLAS)** : Search for Higgs boson in  $H \rightarrow \gamma\gamma$  channel in ATLAS experiment
- **Heberth Torres (ATLAS)** : Mesure de la production de photons dans l'expérience ATLAS. Application à la recherche du boson de Higgs se désintégrant en deux photons
- **Liwen Yao (ATLAS)** : research on Higgs to di-photon

# Thèses à soutenir

2014

- **Aurelien Demilly (ATLAS)** : Mesure de la masse du quark top dans le canal dileptonique  $e\mu$  avec le détecteur ATLAS au LHC
- **Guillaume Lefebvre (ATLAS)** : Mesure de la section efficace de production de paires  $t\bar{t}$  avec le détecteur ATLAS au LHC
- **Kun Liu (ATLAS)** : Photon efficiency measurement and search for Higgs boson from  $H \rightarrow \gamma\gamma$  and  $H \rightarrow Z\gamma$  with ATLAS

2015

- **Sylvestre Pires (ATLAS)** : Mesure de la masse du quark top dans les canaux en dileptons avec l'expérience ATLAS

2016

- **Nada Barakat (ATLAS)** : Study of the Higgs boson width using interferometry techniques in the diphoton channel in the ATLAS experiment
- **Carlo Pandini (ATLAS)** : FASTRACK et Higgs dans le canal  $VH \rightarrow b\bar{b}$
- **Yee Yap (ATLAS)** : Recherche d'un boson de Higgs supplémentaire dans le cadre de modèles à deux doublets de Higgs, à l'aide des désintégrations  $A \rightarrow Zh$ ,  $h \rightarrow \gamma\gamma$ , avec le détecteur ATLAS.