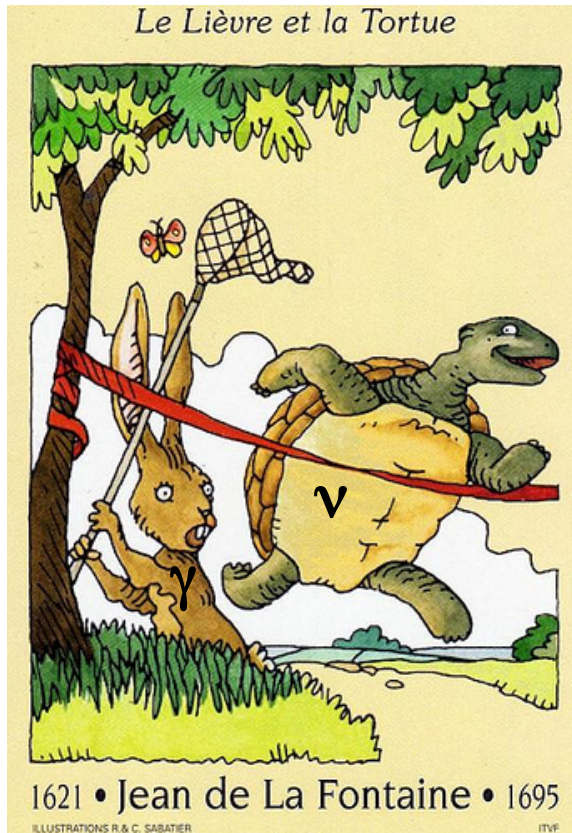


# JRJC 2011 (de la balle!!!!!!)

## Session Modèle Standard

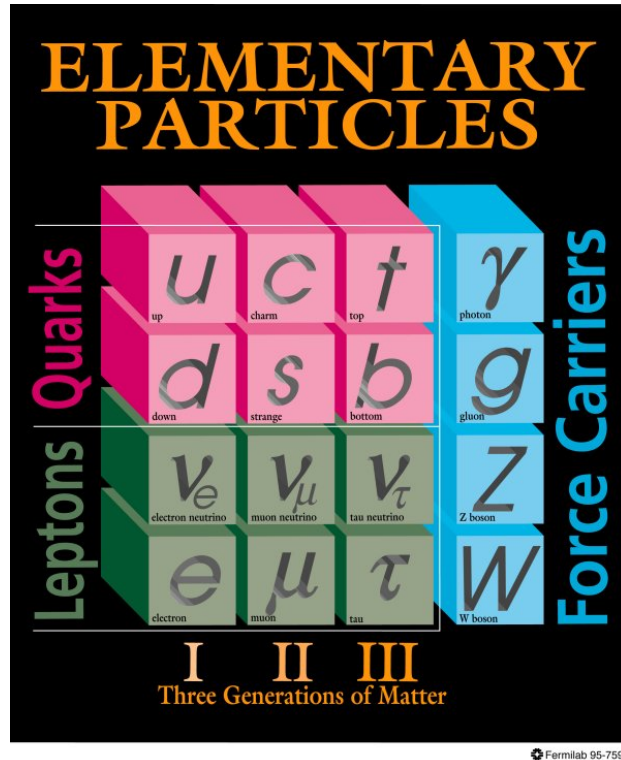


## Introduction

6 décembre 2011

P. Bernat

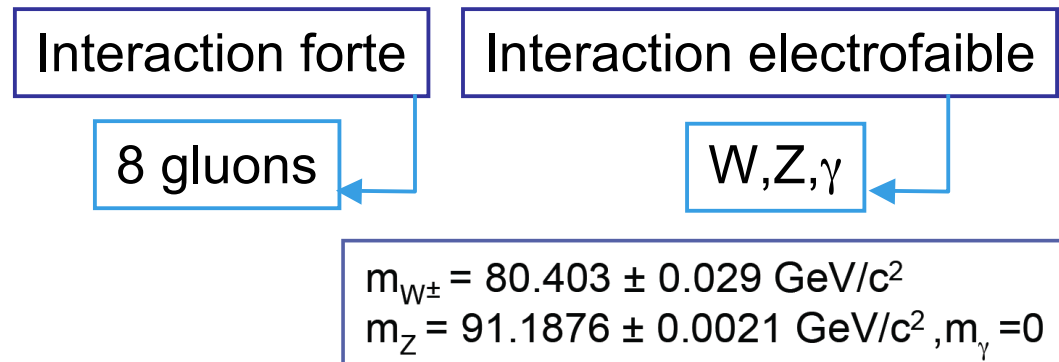
# Le Modèle Standard de la physique des particules



Théorie quantique des champs  
Quantique et relativiste (relativité générale exclue)

12 particules de matière (6 leptons, 6 quarks) plus leur anti-partenaire

Théorie de jauge:  $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$



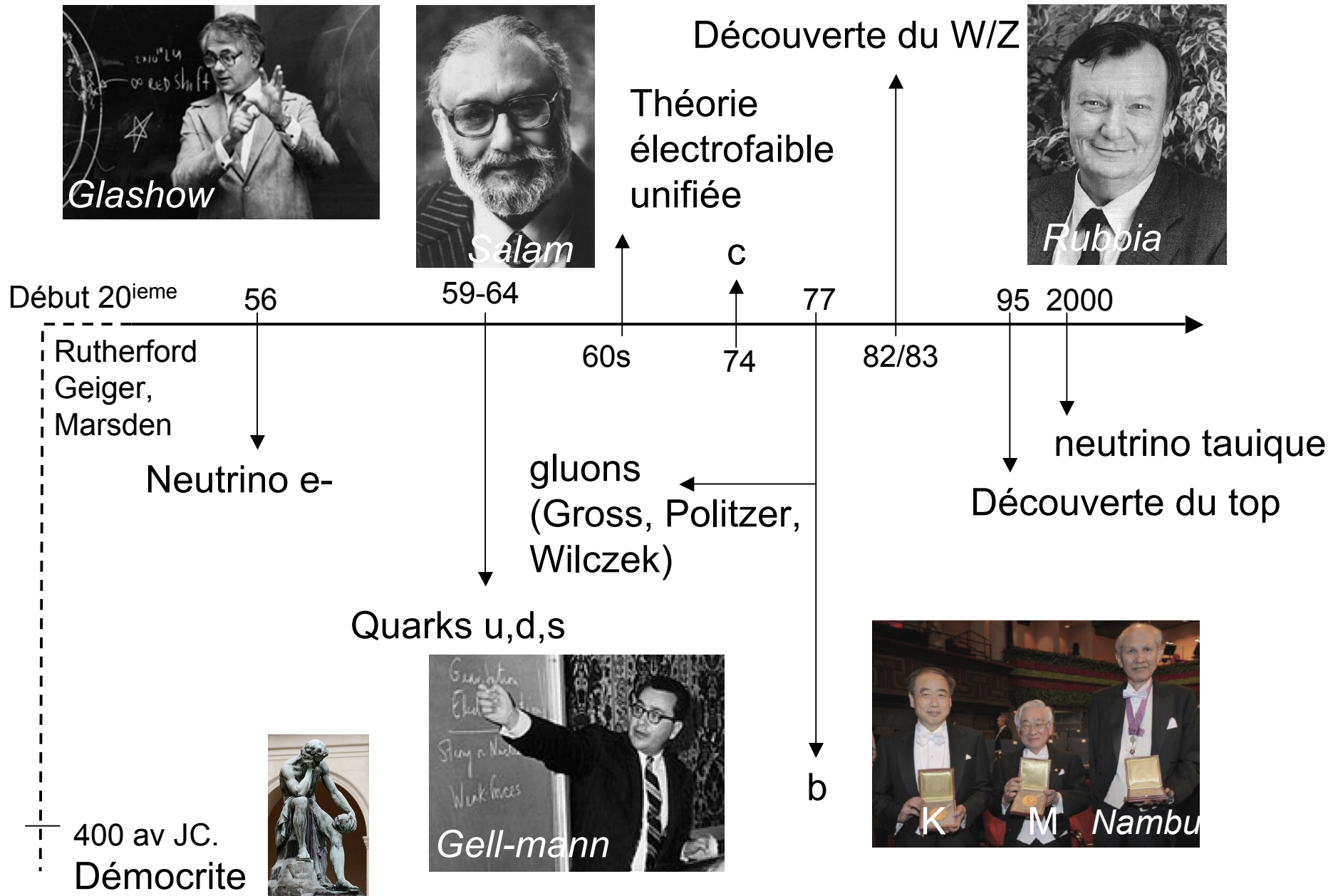
Mais aussi...

18 paramètres libres

Des idées, des découvertes, des surprises, des années de recherches, des accélérateurs imposants, des milliers de physiciens

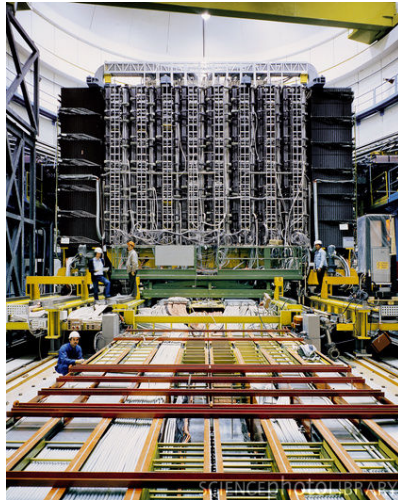
15 Prix Nobel

# Le Modèle Standard : toute une histoire



# Le Modèle Standard : les expériences

---

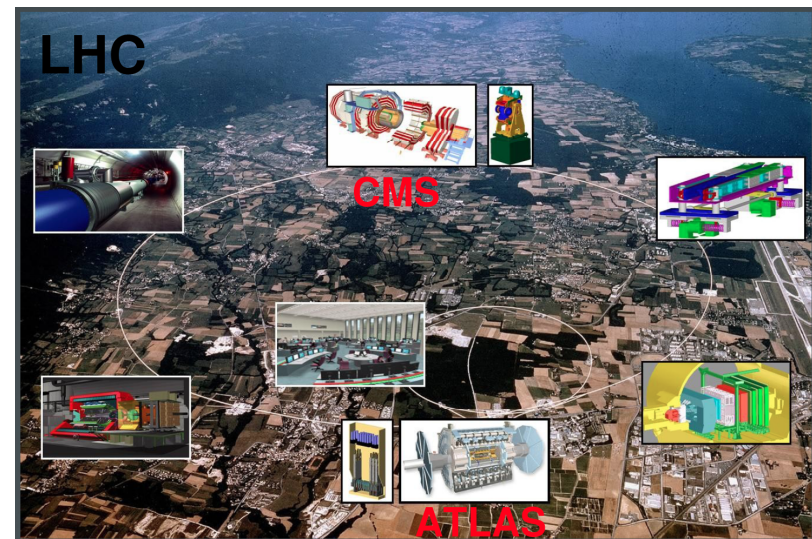
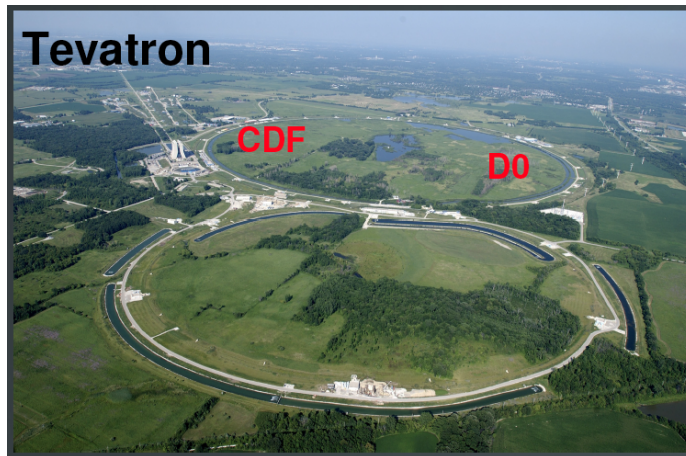


SPS: 1981-?? (pp @ 540 GeV)  
UA1, UA2, ...

LEP: 1989-2000 (e+e- @ < 209 GeV)  
ALEPH, DELPHI, OPAL, L3

LHC: 2009-?? (pp @ 7-14 TeV)  
ATLAS, CMS, LHCb, ALICE, totem, lhcf

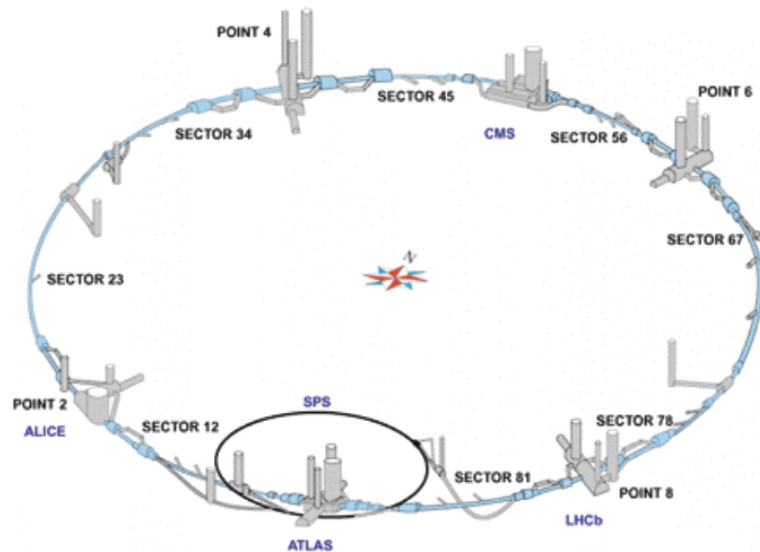
Tevatron: 1992-2011 (pp @ 1.96 TeV)



LHC est maintenant l'acteur principal!

Mais il ne faut pas oublier ses petits camarades: SLD, HERA, Babar, Belle  
Et les projets en cours: ILC, super B-factories,...

# LHC: status fin 2011



## Large Hadron Collider

- pp collisions
- Energie nominale dans le centre de masse : 14 TeV

10 septembre 2008 : les faisceaux circulent dans le LHC a 450 GeV

19 septembre : incident

Décembre 2009 : collisions a 900 GeV

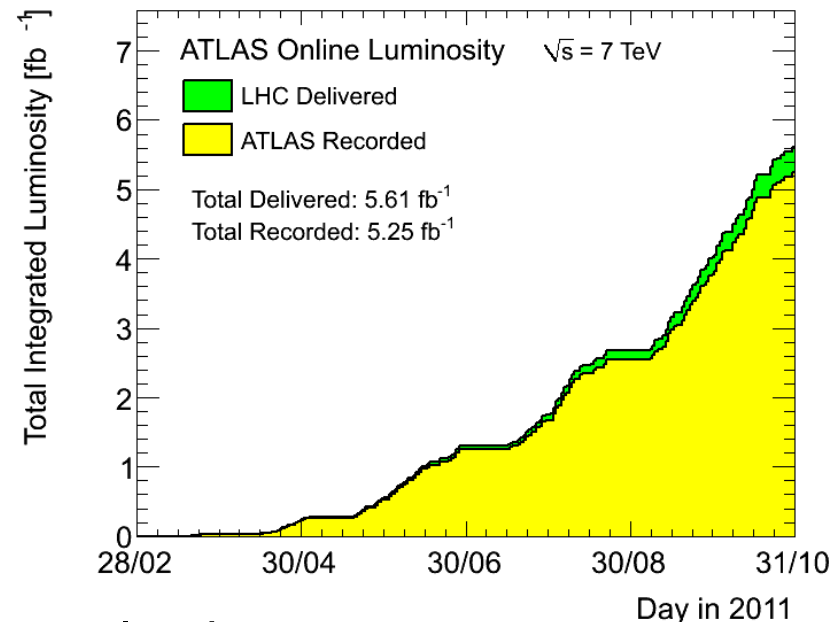
30 mars 2010 : collisions a 7 TeV

Fin 2011:

5.6 fb<sup>-1</sup> délivrée

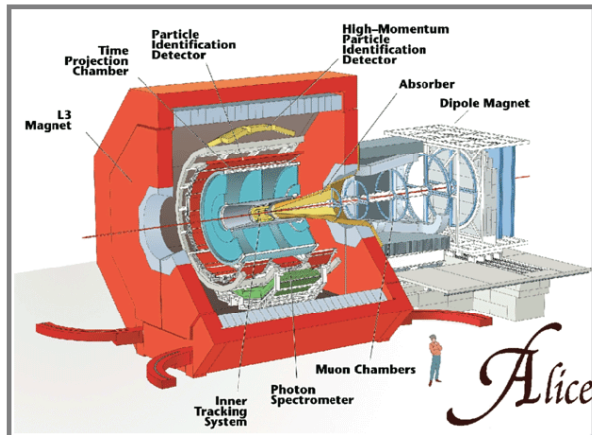
~2.3 fb<sup>-1</sup> analysé et utilisé pour les résultats publiques

1 an d'arrêt, reprise a 8 TeV



« Il a suffit d'un nanoOhm pour nous plomber pour un an »

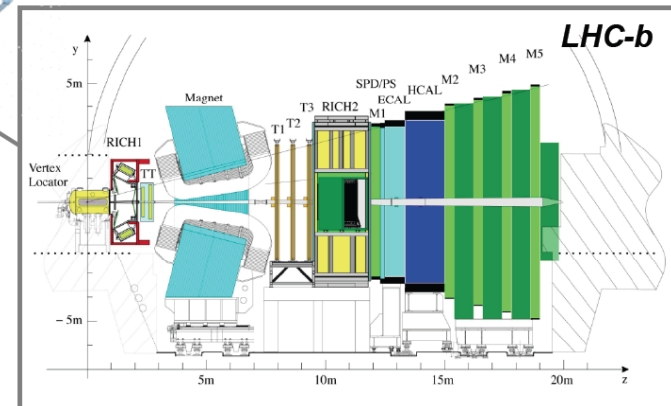
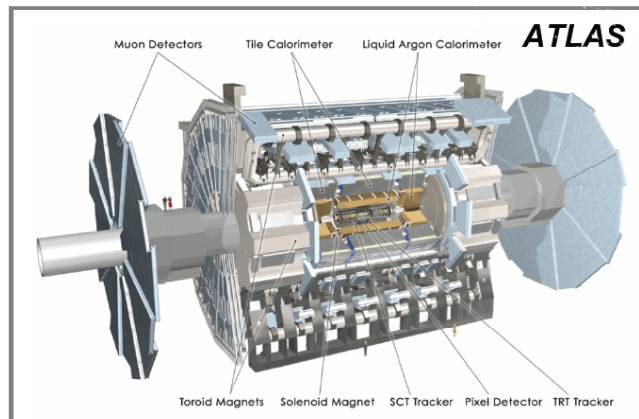
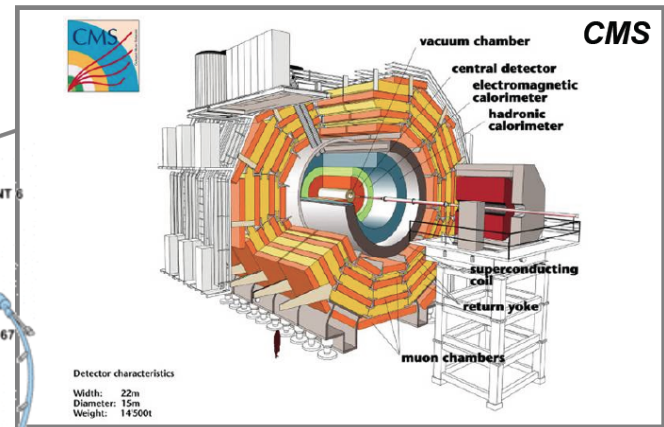
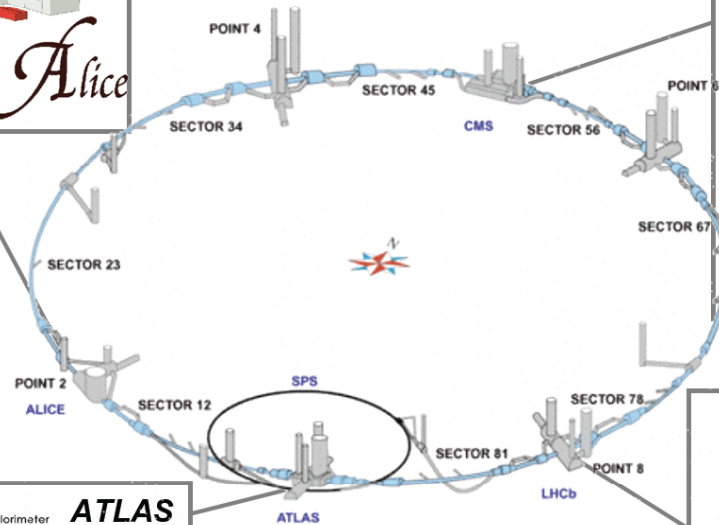
# LHC: 4 expériences...



Plasma Quark-Gluon  
Programme de collisions  
d'ions lourds

## ATLAS & CMS

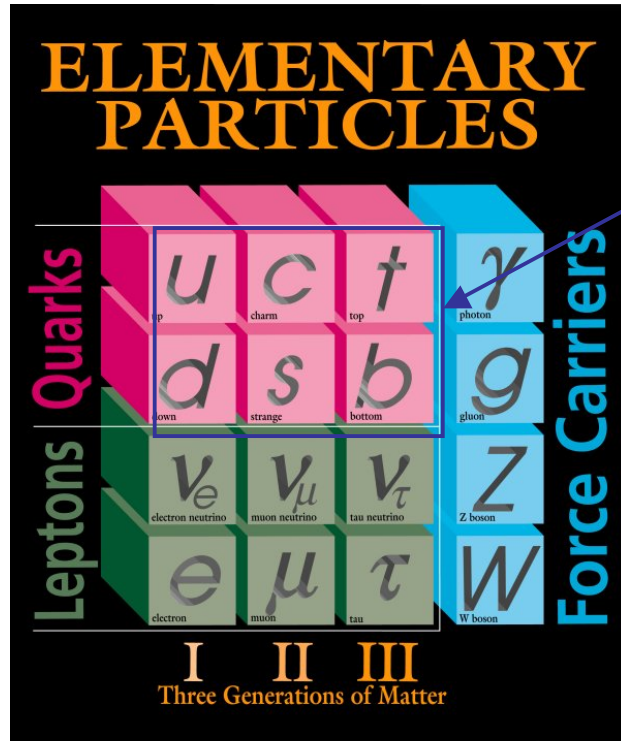
- Deux expériences généralistes
- Recherche du boson de Higgs
  - Physique au delà du MS
  - Matière noire,...



Violation CP (processus b)  
Asymétrie matière-antimatière

...Sans oublier totem, (alfa,) lhcf...

# Le Modèle Standard: secteur des quarks

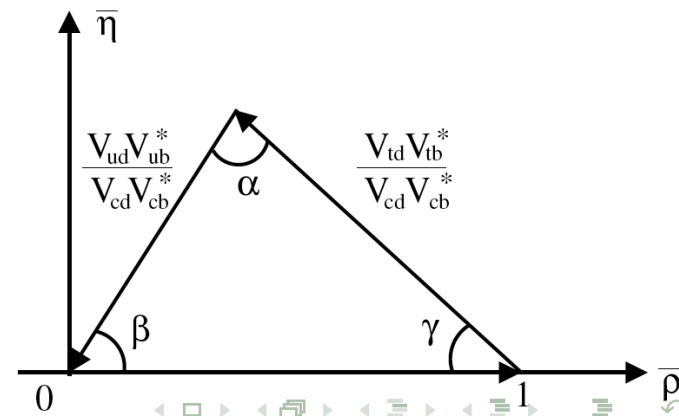


Secteur des quarks:

*Théorie CKM, violation CP*

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$

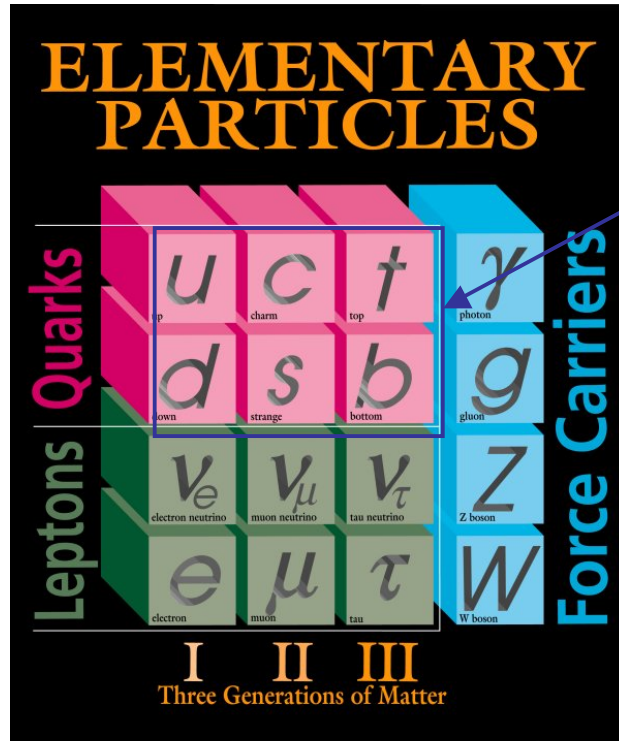
Matrice reliant les états propres de masse aux états de saveurs



Triangle d'unitarité:

- 3 angles et un phase complexe
- CP conservée  $\leftrightarrow$  triangle plat

# Le Modèle Standard: secteur des quarks

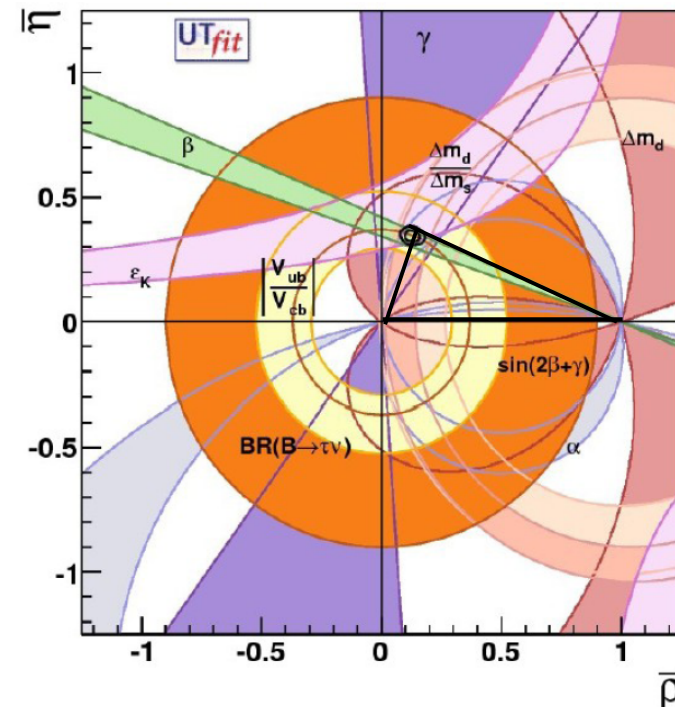


Secteur des quarks:

*Théorie CKM, violation CP*

$$\begin{pmatrix} d' \\ s' \\ b' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \\ s \\ b \end{pmatrix}$$

Matrice reliant les états propres de masse aux états de saveurs



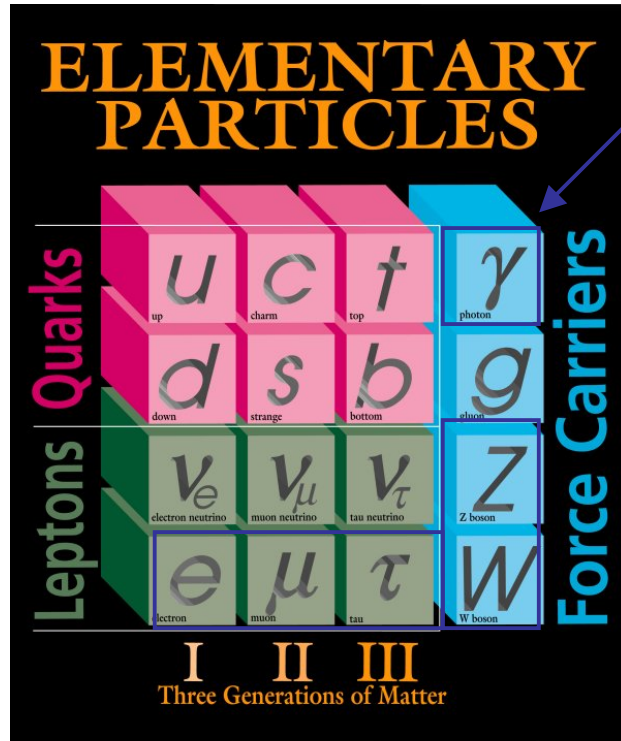
*Présentations JRJC 2011*

Angle  $\gamma$ : Alexandra ( $B^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$ )

Angle  $\beta$ : Diego ( $B^0 \rightarrow \rho\pi$ )



# Le Modèle Standard : secteur électrofaible



## Secteur électrofaible:

*Leptons, bosons  $W/Z/\gamma$*

Unification des interactions électromagnétique et faible:

- Théorie électrofaible renormalisable
- Symétrie de jauge  $SU(2)_L \times U(1)_Y$
- 4 bosons de jauge:  $W^\pm$ ,  $Z$ ,  $\gamma$



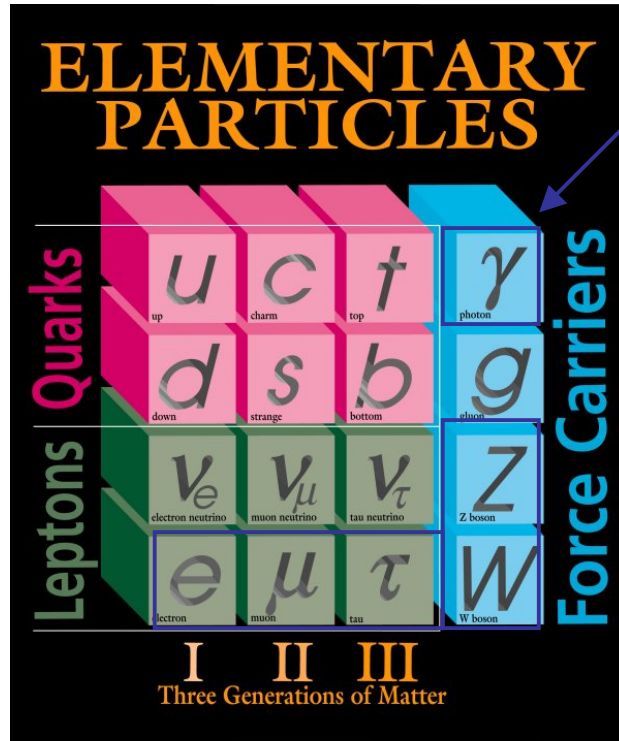
W et Z découvert en 82/83 par les expériences UA1 et UA2

Ces bosons sont massifs (et lourds!).

Termes de masse brisent l'invariance de jauge et rend la théorie non renormalisable



# Le Modèle Standard : secteur électrofaible



Secteur électrofaible:

*Leptons, bosons  $W/Z/\gamma$*

Unification des interactions électromagnétique et faible:

- Théorie électrofaible renormalisable
- Symétrie de jauge  $SU(2)_L \times U(1)_Y$
- 4 bosons de jauge:  $W^\pm, Z, \gamma$



W et Z découvert en 82/83 par les expériences UA1 et UA2

Ces bosons sont massifs (et lourds!).

Termes de masse brisent l'invariance de jauge et rend la théorie non renormalisable



# Le boson de Higgs

---

Solution → brisure spontanée de la symétrie:  
 $SU(2)_L \times U(1)_Y \rightarrow U(1)_{em}$   
→ mécanisme de Brout-Englert-Higgs

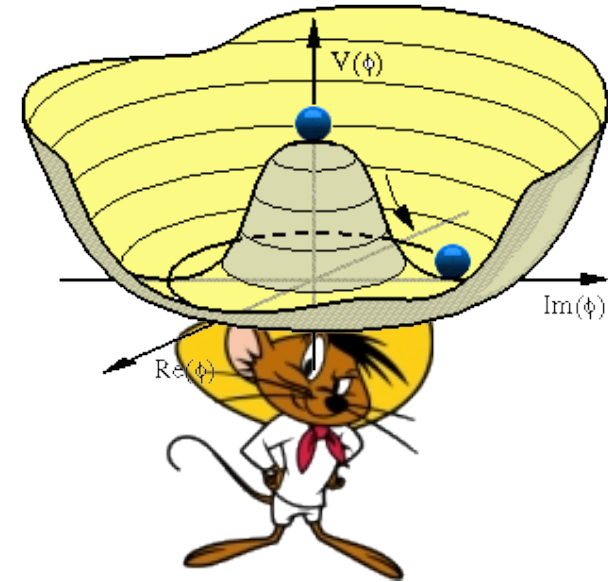
Génère la masse des bosons W et Z

Couplage de Yukawa: masse des fermions

Introduit le doublet de Higgs → génère un nouveau boson scalaire neutre:

## Le Boson de HIGGS

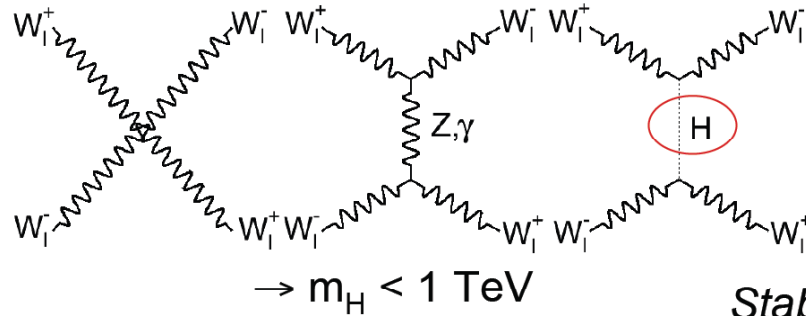
Sa masse est un paramètre libre du Modèle Standard  
Contraintes théoriques et expérimentales



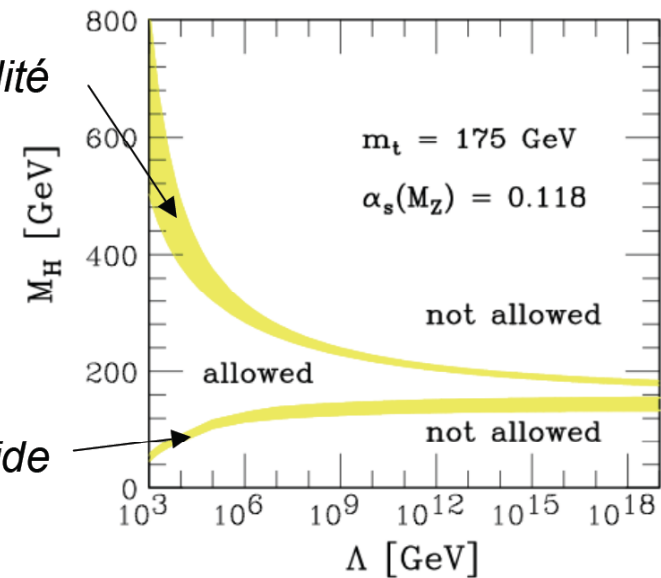
# Boson de Higgs: Limites actuelles (1)

## 1.- Contraintes théorique

Unitarité (diffusion  $W^+W^- \rightarrow W^+W^-$ )



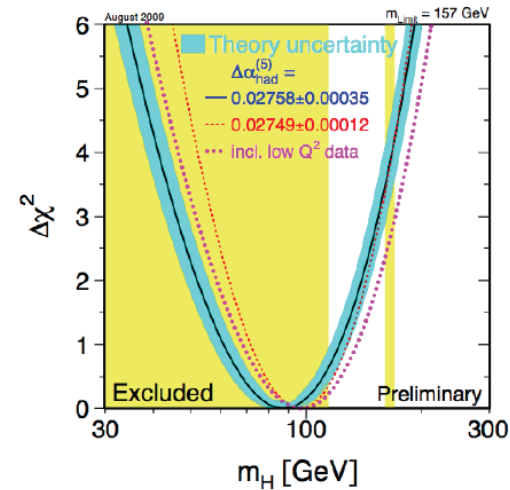
Trivialité



Stabilité du vide

## 2.-Expérimentales (indirectes)

- Fit électrofaible:  $m_H = 84_{-26}^{+34} \text{ GeV}/c^2$
- Masse du W et top contraignent la masse du boson de Higgs (dominant dans les corrections radiatives)



Théorie

1000  $m_H \text{ [GeV]}$

# Boson de Higgs: Limites actuelles (2)

Expérimentales directes: LEP, Tevatron, LHC...

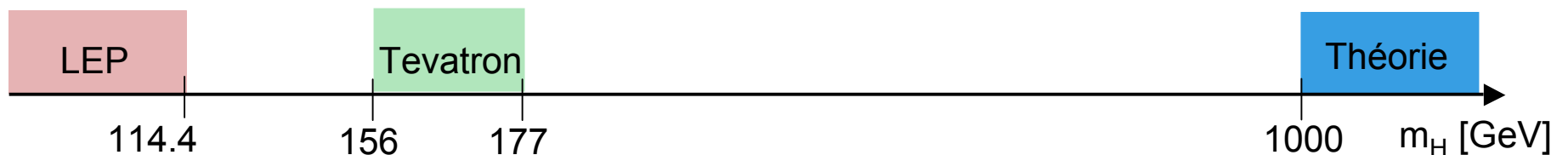
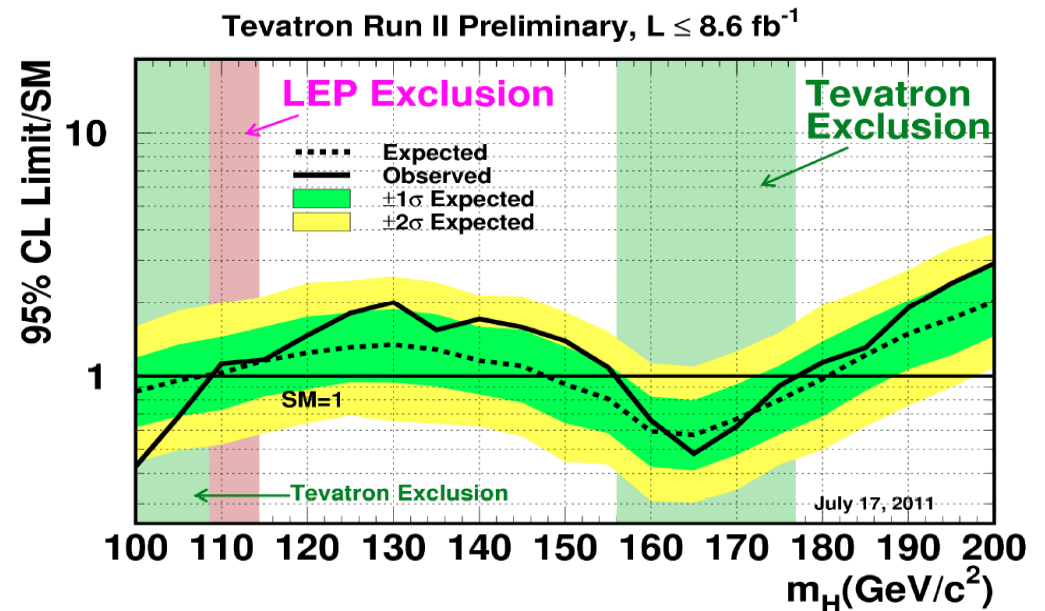
- LEP (Higgsstrahlung) exclut la région de masse:  $m_H < 114.4 \text{ GeV}/c^2$

- Tevatron:  $\sim 12 \text{ fb}^{-1}$  collecté,  $\sim 9 \text{ fb}^{-1}$  analysé

Canaux étudiés pour la recherche d'un boson de Higgs :

- léger ( $m_H < 135 \text{ GeV}/c^2$ ) :  
 $H \rightarrow bb$  (production WH/ZH)
- lourd ( $m_H > 135 \text{ GeV}/c^2$ ) :  
 $H \rightarrow WW/ZZ$

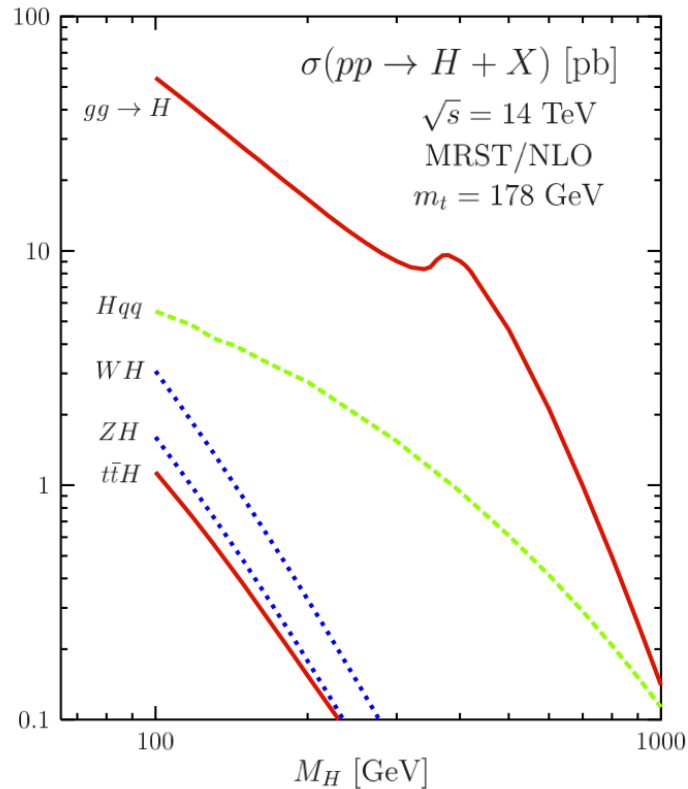
Observation (95%CL) :  
 $100 < m_H < 109 \text{ GeV}/c^2$  et  
 $156 < m_H < 177 \text{ GeV}/c^2$



# Boson de Higgs: Limites actuelles (3)

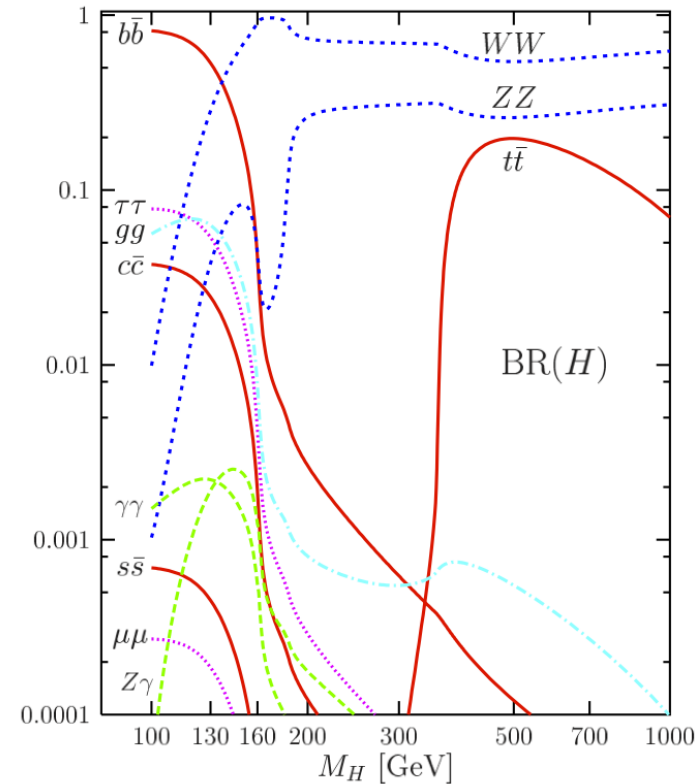
## ATLAS & CMS

### Production

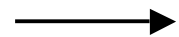


X

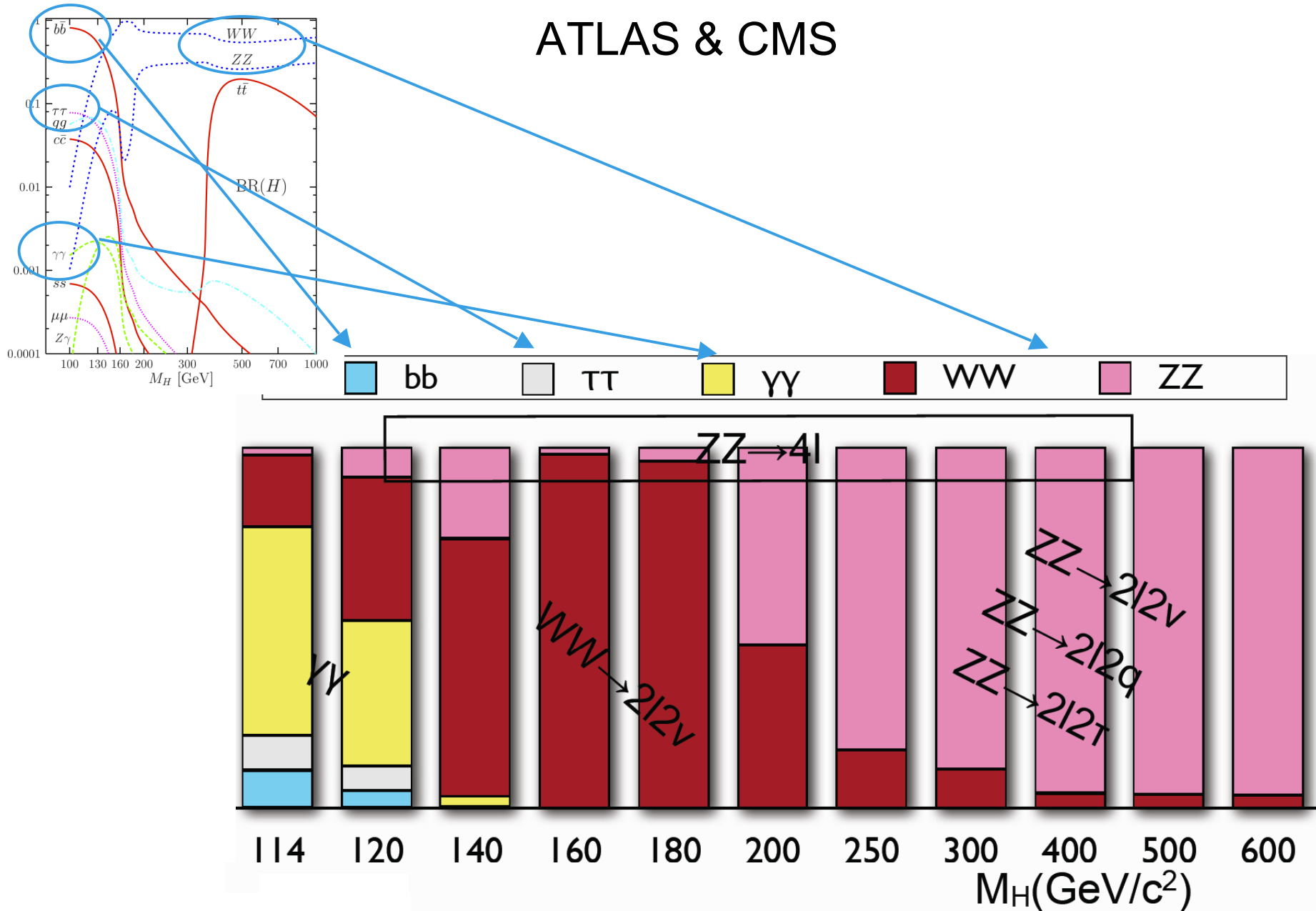
### Désintégration



+ quelques ingrédients: signature, bruit de fond, variables discriminantes,...

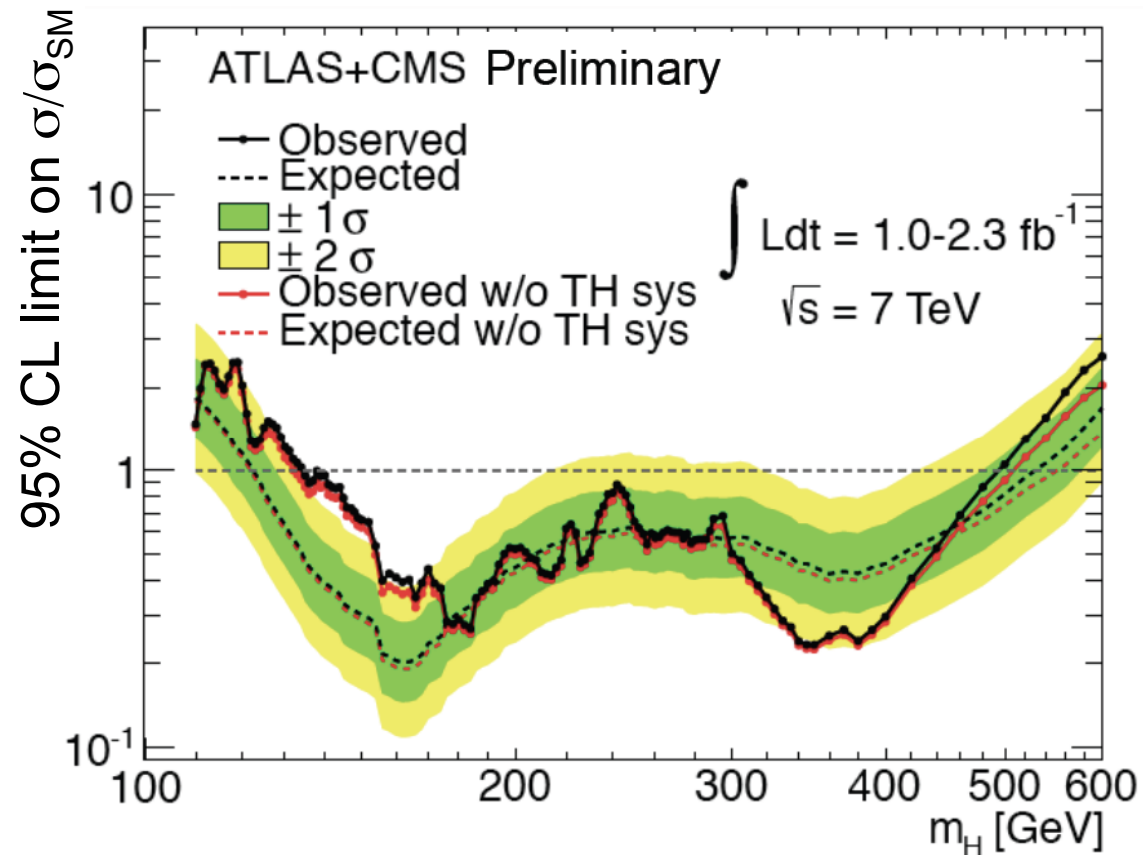


# Boson de Higgs: Limites actuelles (3)



# Boson de Higgs: Limites actuelles (3)

ATLAS & CMS



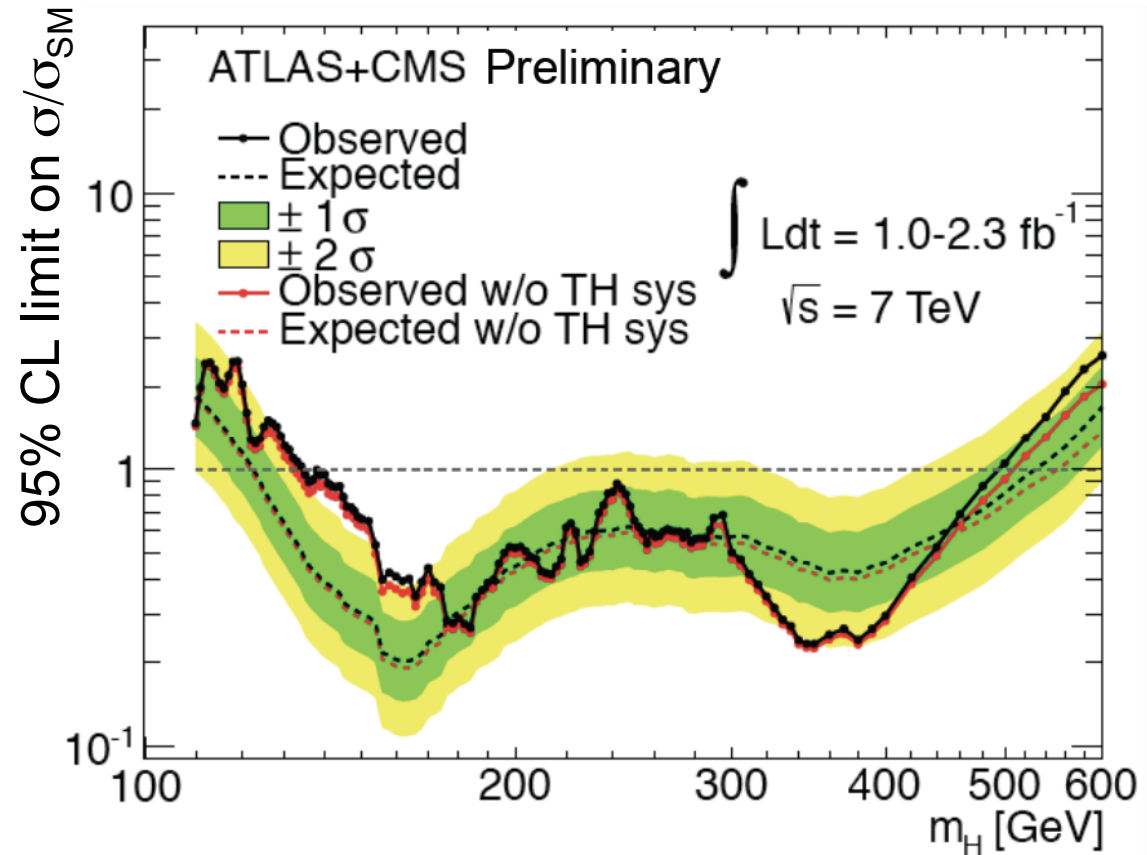
Observation:  $141 < m_H < 476 \text{ GeV}/c^2$  (95% CL)





# Boson de Higgs: Limites actuelles (3)

ATLAS & CMS



Observation:  $141 < m_H < 476 \text{ GeV}/c^2$  (95% CL)



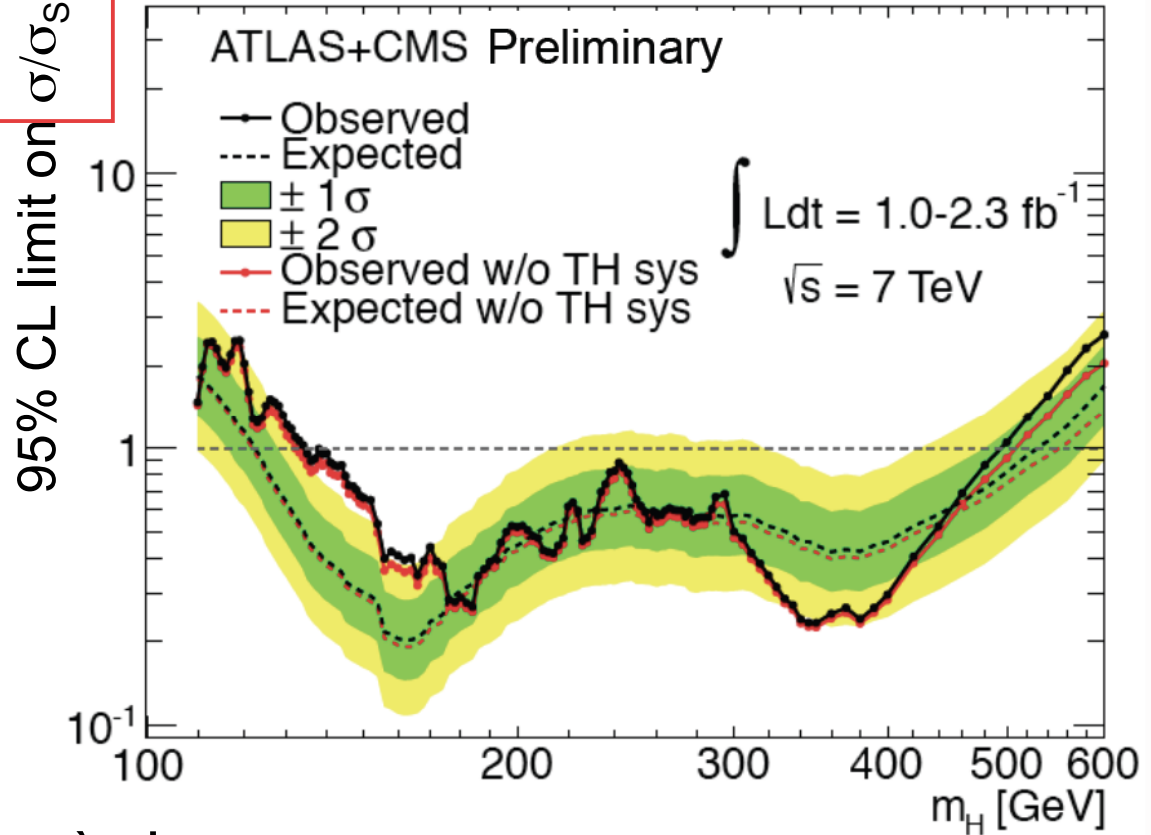
# Boson de Higgs: Limites actuelles du LHC

$\sigma/\sigma_{SM}$

$\sigma$ : section efficace du bruit de fond (SANS HIGGS)

$\sigma_{SM}$ : section efficace THEORIQUE (AVEC HIGGS)

$\sigma/\sigma_{SM}$  {  $\leq 1$ : on exclut sa mère!  
 $> 1$ : on sait po!



# Boson de Higgs: Limites actuelles du LHC

$\sigma$ : section efficace du bruit de fond (SANS HIGGS)

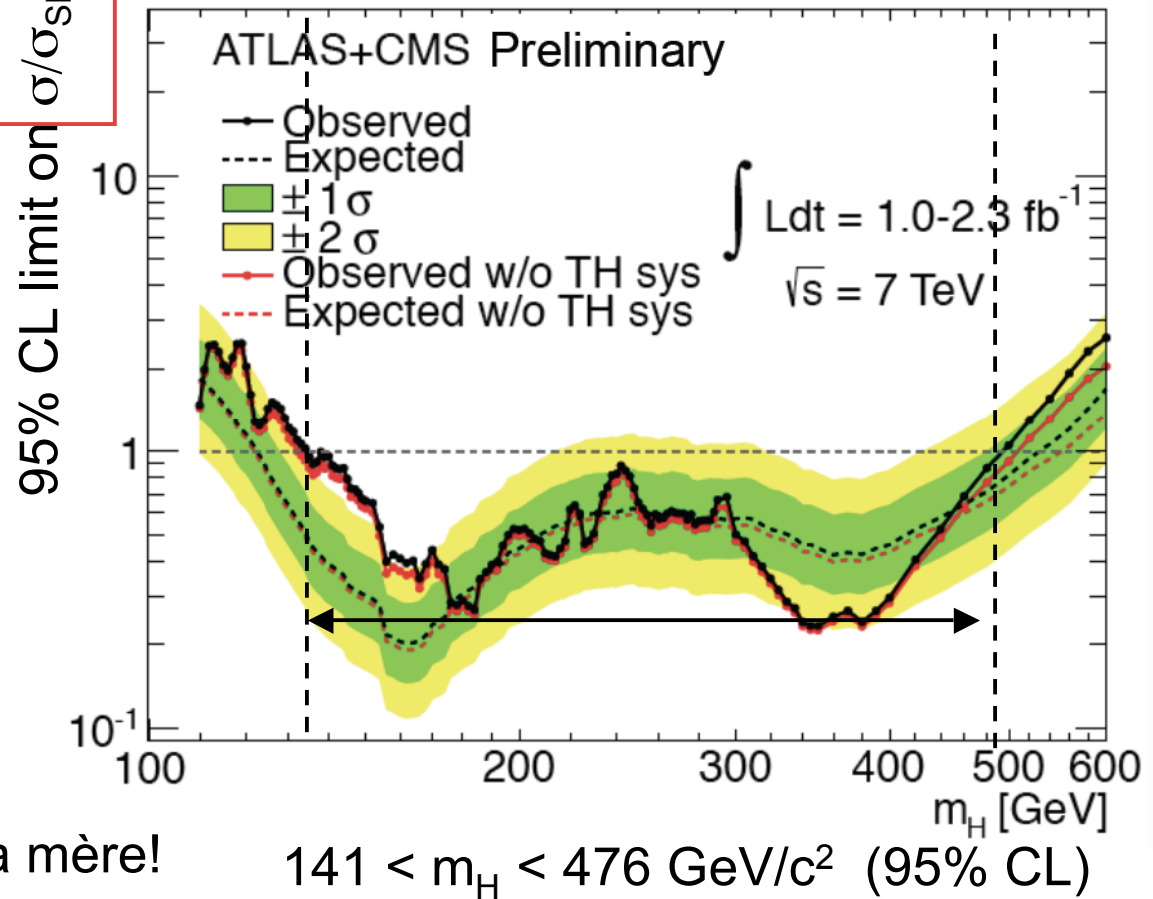
$\sigma_{SM}$ : section efficace THEORIQUE (AVEC HIGGS)

$\sigma/\sigma_{SM}$

$\sigma$ : section efficace du bruit de fond (SANS HIGGS)

$\sigma_{SM}$ : section efficace THEORIQUE (AVEC HIGGS)

$\sigma/\sigma_{SM}$  {  $\leq 1$ : on exclut sa mère!  
 $> 1$ : on sait po!

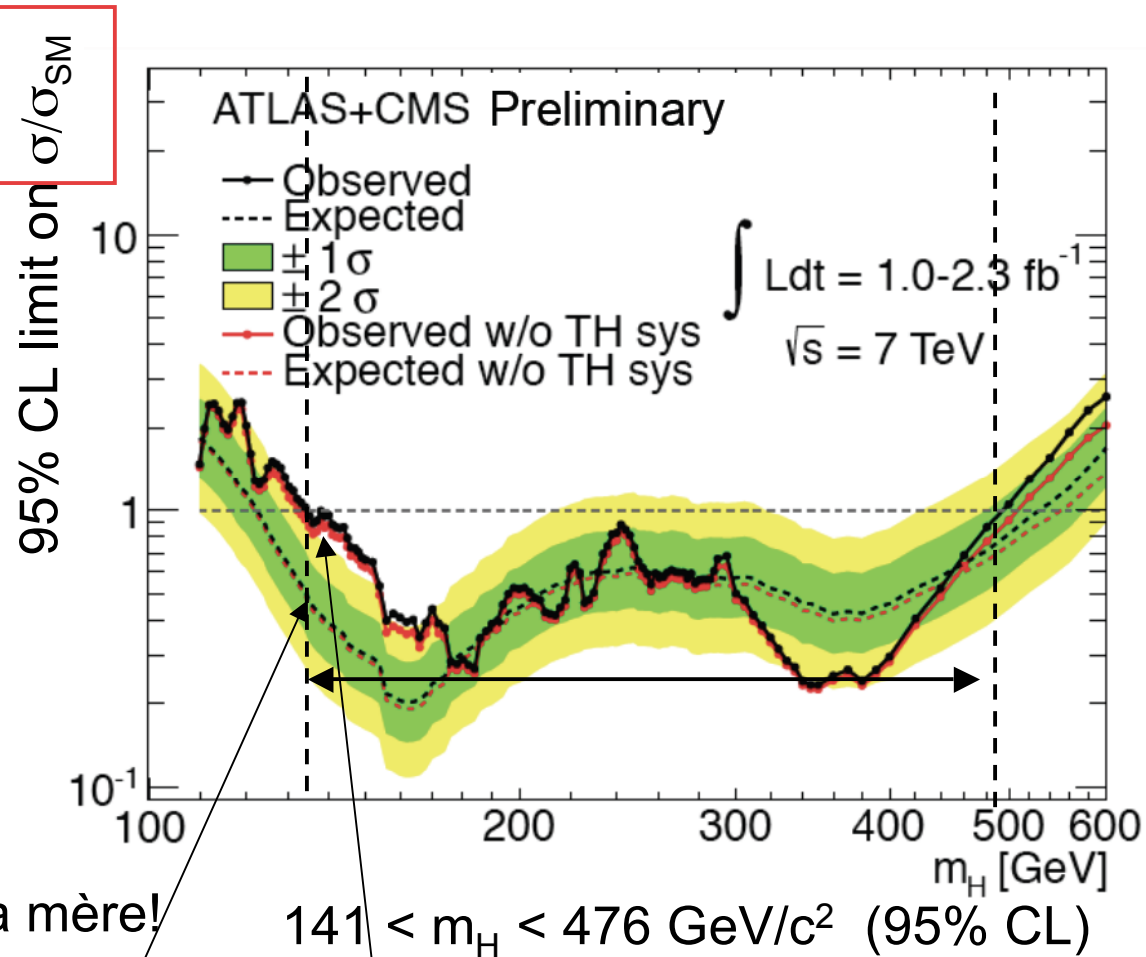


# Boson de Higgs: Limite supérieure sur la section efficace

$\sigma$ : section efficace du bruit de fond (SANS HIGGS)

$\sigma_{SM}$ : section efficace THEORIQUE (AVEC HIGGS)

$\sigma/\sigma_{SM}$  {  $\leq 1$ : on exclut sa mère!  
 $> 1$ : on sait po!



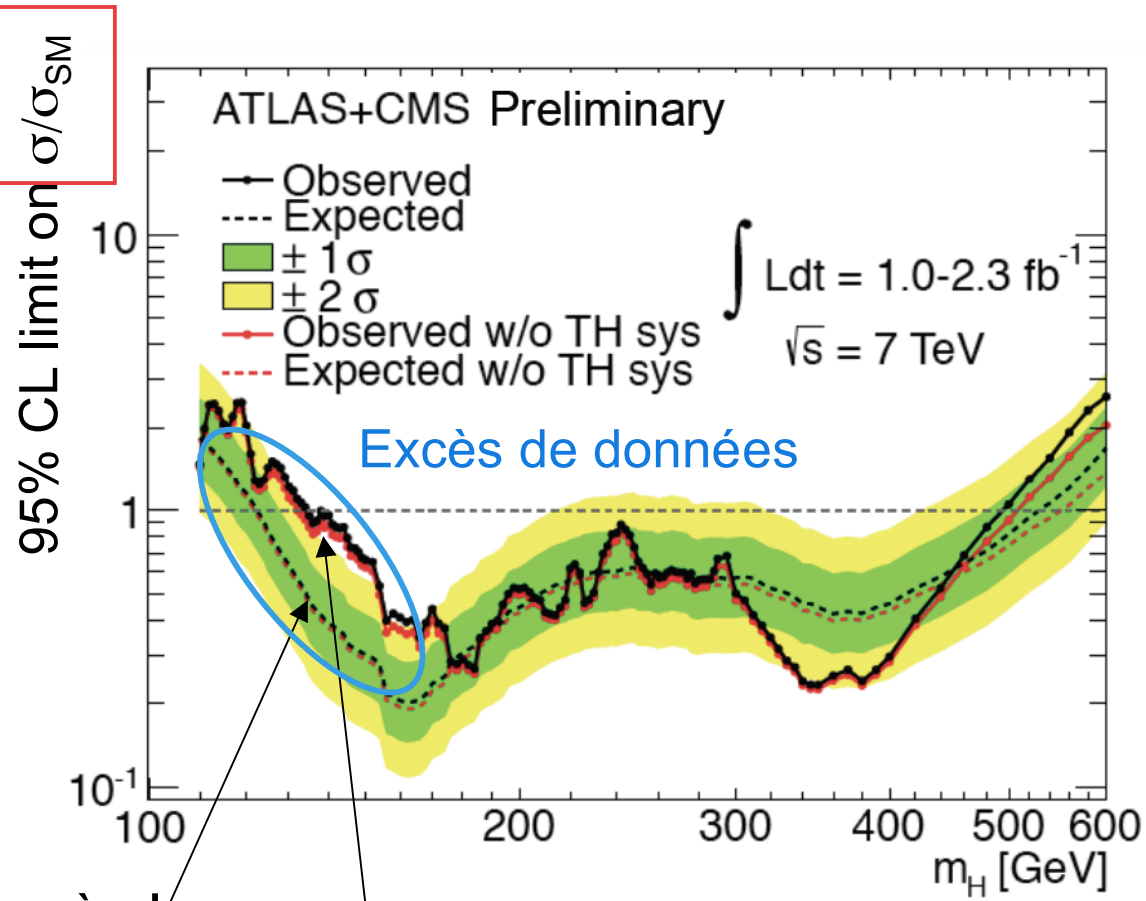
Attendu versus Observé

# Boson de Higgs: Limite supérieure sur la section efficace

$\sigma$ : section efficace du bruit de fond (SANS HIGGS)

$\sigma_{SM}$ : section efficace THEORIQUE (AVEC HIGGS)

$\sigma/\sigma_{SM}$  {  $\leq 1$ : on exclut sa mère!  
 $> 1$ : on sait po!



Attendu versus Observé

Stay tuned!

# Agenda de la session « Modèle Standard »

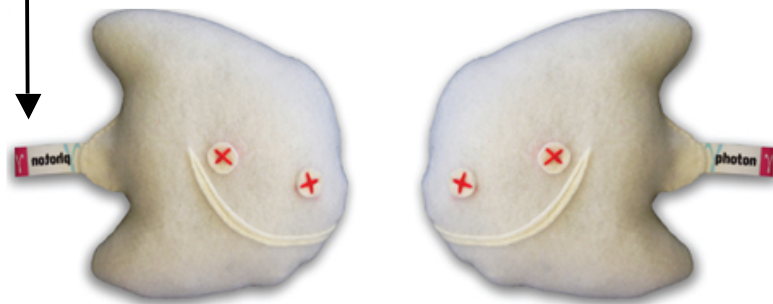
---

Aujourd'hui:

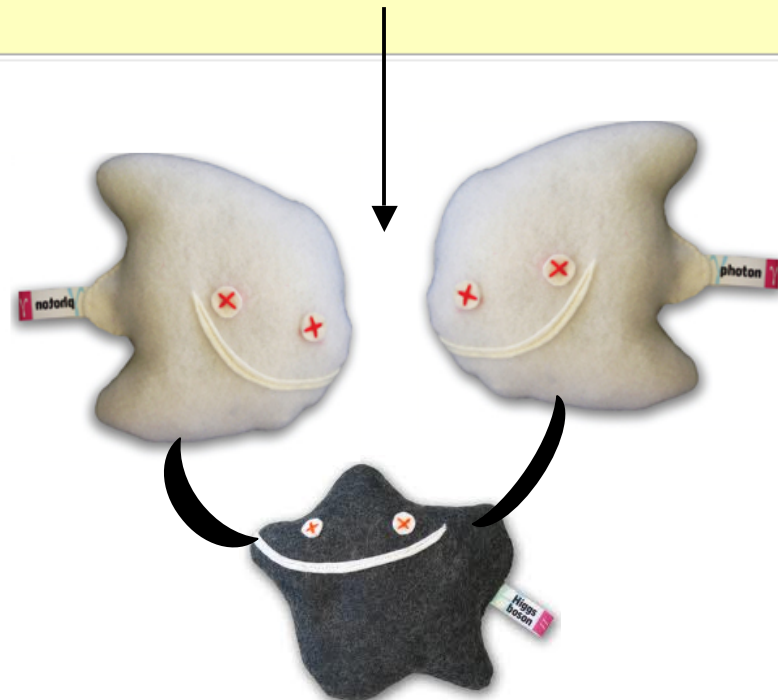
	<b>Le photon et le neutrino: "rien ne sert de courir, il faut partir a point!"</b>	<i>BERNAT, Pauline</i>
	<i>Les Balcons du Lac</i>	16:30 - 17:00
17:00	<b>Analyse Diphoton avec le detecteur ATLAS</b>	<i>SCHWOERER, Maud</i>
	<i>Les Balcons du Lac</i>	17:00 - 17:30
	<b>Recherche du boson de Higgs à basse masse se désintégrant en diphoton avec le détecteur ATLAS au LHC</b>	<i>DAVIGNON, Olivier</i>



18:00



Analyse Diphoton: **Maud**



Higgs en deux photons: **Olivier**

# Agenda de la session « Modèle Standard »

Jeudi:

Recherche du boson de Higgs se désintégrant en deux photons dans l'expérience ATLAS TORRES, Heberth

Les Balcons du Lac

14:30 - 15:00

15:00

Vers une mesure de l'angle  $\gamma$  du triangle d'unitarité CKM via la désintégration  $B^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$  auprès le détecteur LHCb MARTÍN SÁNCHEZ, Alexandra

Mesure du parametre alpha de la matrice CKM dans l'experience LHCb ROA ROMERO, Diego Alejandro

ROA ROMERO, Diego Alejandro

Les Balcons du Lac

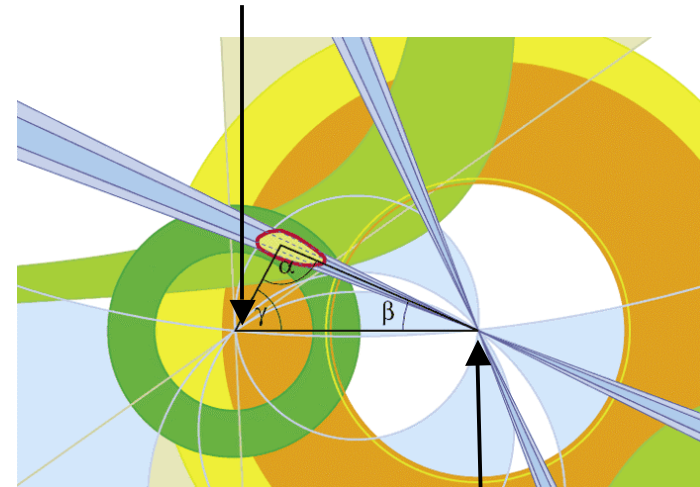
15:30 - 16:00

16:00



Higgs en deux photon: Heberth

$B^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$  : Alexandra



Ou kandinski

Ou pas....

$B^0 \rightarrow \rho\pi$  : Diego

# Agenda de la session « Modèle Standard »

Jeudi:

Recherche du boson de Higgs se désintégrant en deux photons dans l'expérience ATLAS TORRES, Heberth

Les Balcons du Lac

14:30 - 15:00

15:00

Vers une mesure de l'angle  $\gamma$  du triangle d'unitarité CKM via la désintégration  $B^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$  auprès le détecteur LHCb MARTÍN SÁNCHEZ, Alexandra

Mesure du parametre alpha de la matrice CKM dans l'experience LHCb ROA ROMERO, Diego Alejandro

Les Balcons du Lac

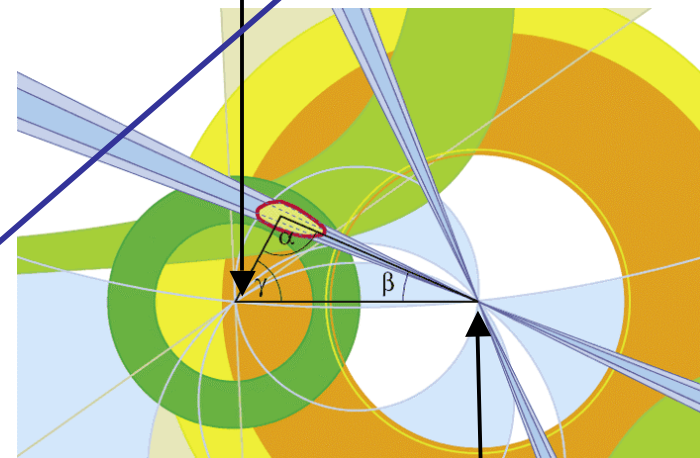
15:30 - 16:00

16:00



*C'est pas son non-anniversaire  
aujourd'hui!*

$B^0 \rightarrow D^0 K^{*0}$  : Alexandra



Ou kandinski

Ou pas....

$B^0 \rightarrow \rho\pi$  : Diego



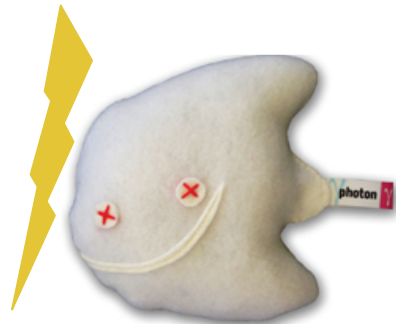
# Agenda de la session « Modèle Standard »

Jeudi:

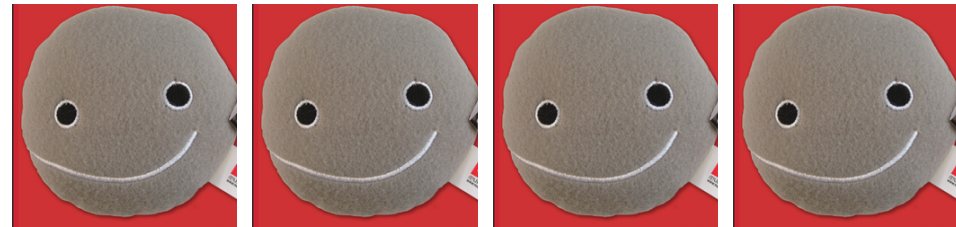
	<b>Performances du premier niveau du système de déclenchement électron/photon du détecteur CMS</b>	<i>DACI, Nadir</i>
17:00	<b>Etude du continuum ZZ</b>	<i>DAVID, Sabes</i>
	<i>Les Balcons du Lac</i>	17:00 - 17:30
	<b>Recherche du Higgs dans le canal 4 électron dans ATLAS</b>	<i>TEINTURIER, Marthe</i>
	<i>Les Balcons du Lac</i>	17:30 - 18:00

Continuum ZZ: **David**

Triggez-moi!



e/ $\gamma$  trigger: **Nadir**

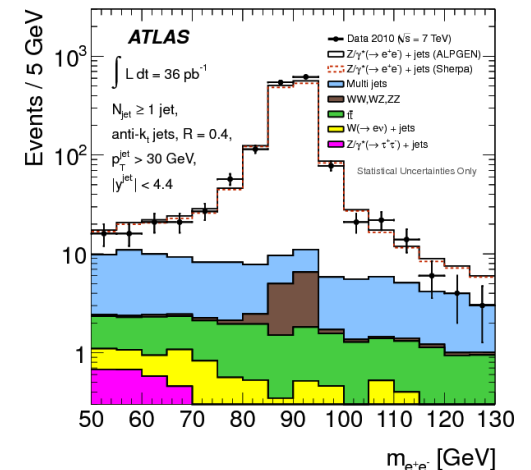
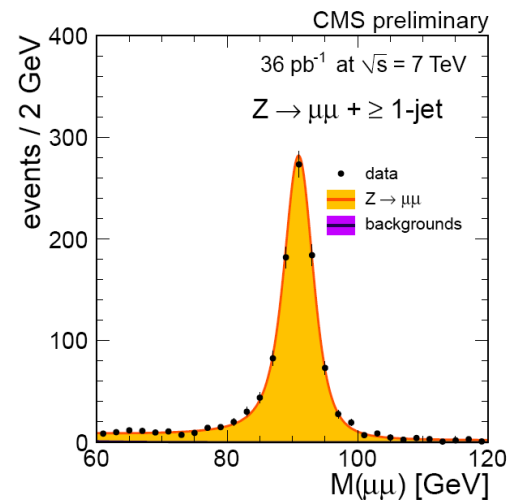
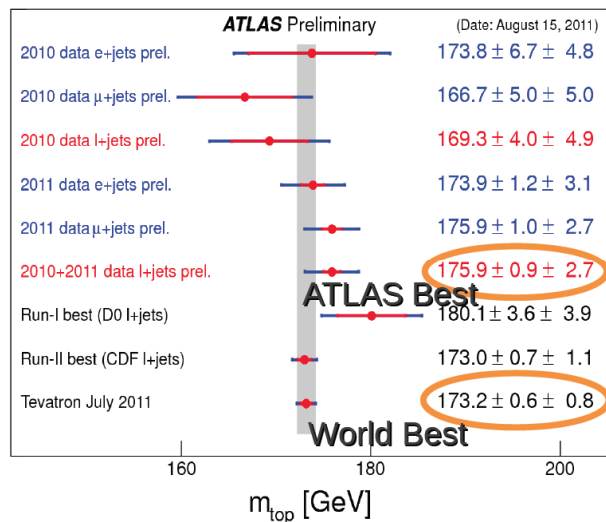
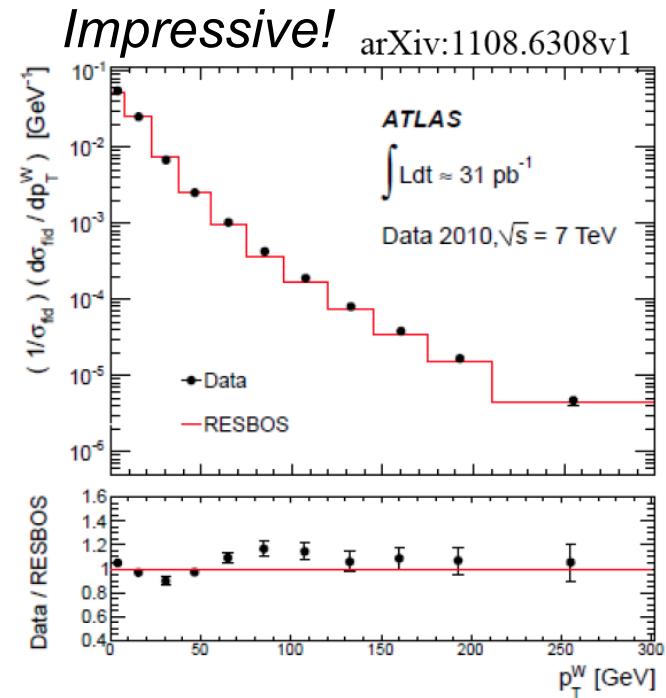
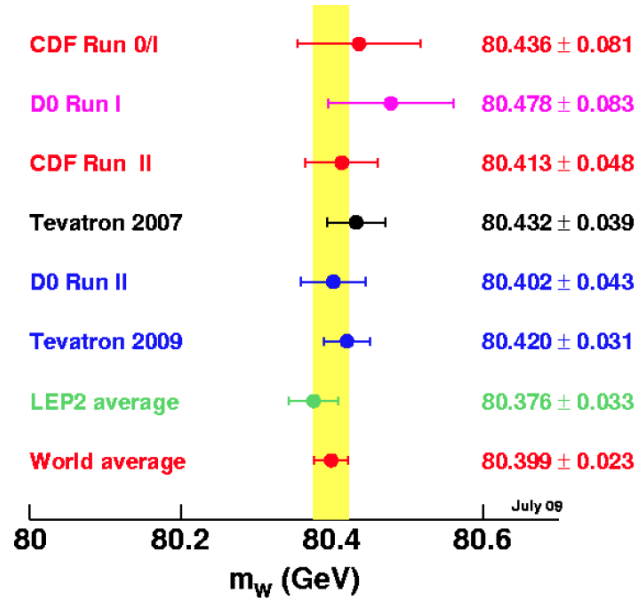


Higgs en 4 électrons: **Marthe**

# Le « Modèle Standard » c'est aussi...

Top, W, Z

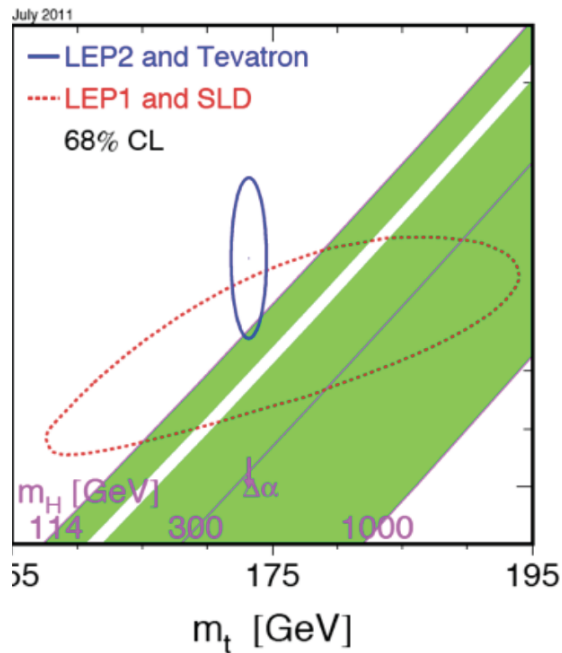
Des belles mesures, et un LHC au taquet



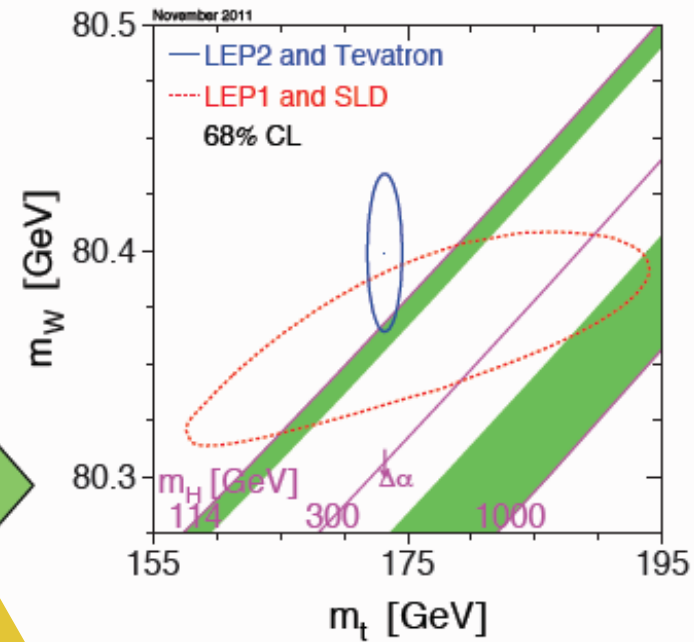
# Le « Modèle Standard » c'est aussi...

*Top, W, Z*

Des belles mesures, et un LHC au taquet



SANS LHC



AVEC LHC

# Le « Modèle Standard » c'est aussi...

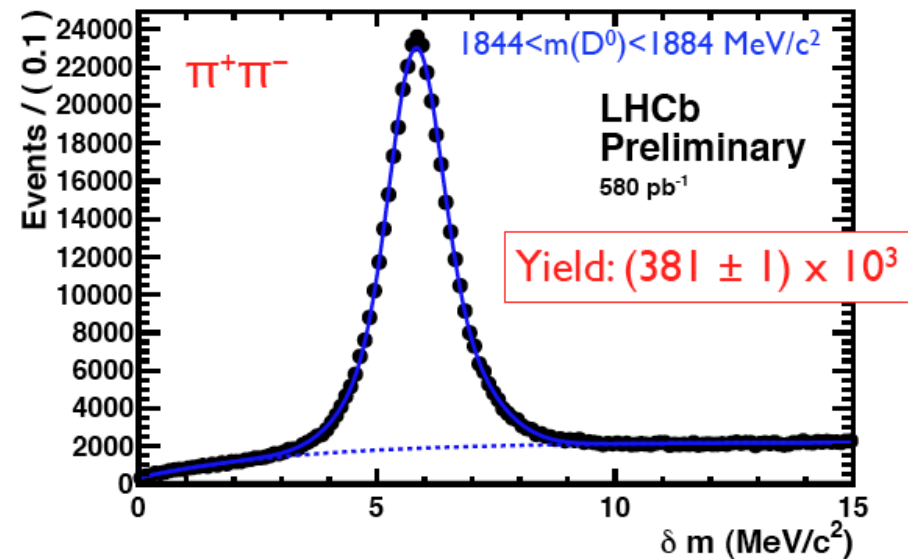
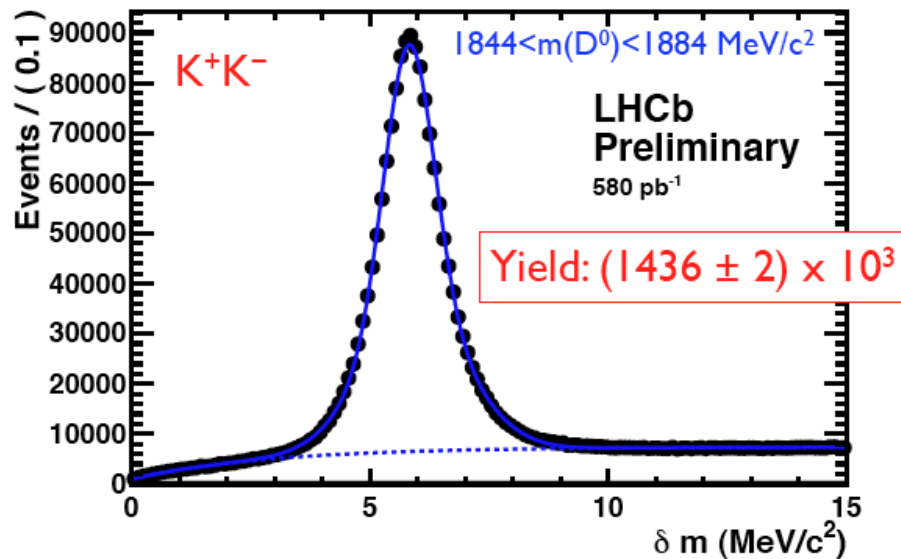
Dans mes mails ce matin...



CERN-PH LHC Seminar TODAY on Tuesday 6th of December 2011 in Main Auditorium (Room A - 500/1-001) at 11h00:

“First evidence for CP Violation in charm decays at LHCb”

$$\Delta A_{CP} \equiv A_{CP}(K^- K^+) - A_{CP}(\pi^- \pi^+)$$



$$\Delta A_{CP} = [-0.82 \pm 0.21(\text{stat.}) \pm 0.11(\text{sys.})] \%$$

Signification : 3.5  $\sigma$  !

# En conclusion...

---

Pas la peine d'être un modèle...

Ou Standard



Pour faire du m\*\*\*\*\* f\*\*\*\* de Modèle Standard!

**Enjoy the session!**

Le patron de la maison (Mr. Bernat): « T'sé ce j'ai vu ce matin dans le parc: 25 neutrinos et 3 quarks. Mais ça allait vite! J'en ai attrapé 4, mais ça pique! »