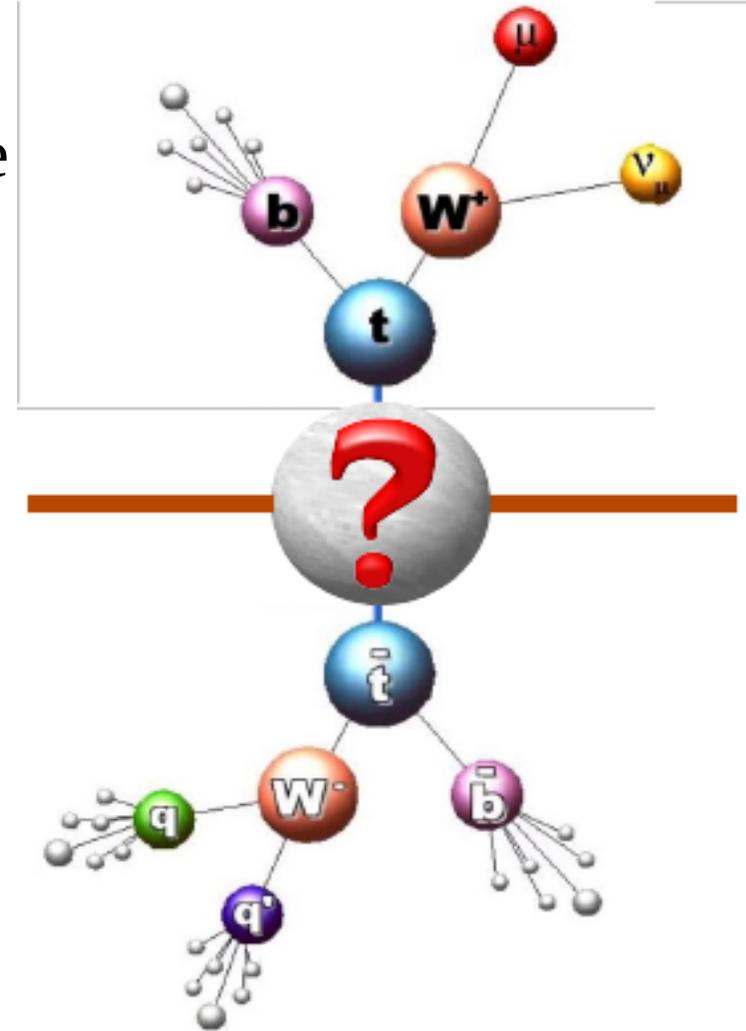




Recherche de signes d'une nouvelle physique
dans les processus de créations de paires de
quarks top

Expérience CMS

Institut Inter-Université des Hautes Energies
Bruxelles (Oui, en Belgique!)



Modèle Standard, théorie relativiste des champs quantiques.

- Décrit les **particules élémentaires** et leur **interactions**

<p>Leptons</p> <p>Charge électrique</p> <table border="0"> <tr> <td>Tau</td> <td></td> <td>-1</td> <td>0</td> <td></td> <td>Tau Neutrino</td> </tr> <tr> <td>Muon</td> <td></td> <td>-1</td> <td>0</td> <td></td> <td>Muon Neutrino</td> </tr> <tr> <td>Electron</td> <td></td> <td>-1</td> <td>0</td> <td></td> <td>Electron Neutrino</td> </tr> </table>	Tau		-1	0		Tau Neutrino	Muon		-1	0		Muon Neutrino	Electron		-1	0		Electron Neutrino	<p>Forte</p> <p>Gluons (8) </p> <p>Quarks </p> <p>Mesons Baryons </p> <p>Noyaux </p>	<p>Electromagnetique</p> <p>Photon </p> <p>Atomes Lumiere </p>
Tau		-1	0		Tau Neutrino															
Muon		-1	0		Muon Neutrino															
Electron		-1	0		Electron Neutrino															
<p>Quarks</p> <p>Charge électrique</p> <table border="0"> <tr> <td>Bottom</td> <td></td> <td>-1/3</td> <td>2/3</td> <td></td> <td>Top</td> </tr> <tr> <td>Strange</td> <td></td> <td>-1/3</td> <td>2/3</td> <td></td> <td>Charm</td> </tr> <tr> <td>Down</td> <td></td> <td>-1/3</td> <td>2/3</td> <td></td> <td>Up</td> </tr> </table> <p>each quark: <i>R</i>, <i>B</i>, <i>G</i> 3 colours</p>	Bottom		-1/3	2/3		Top	Strange		-1/3	2/3		Charm	Down		-1/3	2/3		Up	<p>Gravitationnelle</p> <p>Graviton ? </p> <p>Systeme solaire Galaxies Trous noirs </p>	<p>Faible</p> <p>Bosons (W,Z) </p> <p>Radioactivite beta Interactions neutrinos </p>
Bottom		-1/3	2/3		Top															
Strange		-1/3	2/3		Charm															
Down		-1/3	2/3		Up															

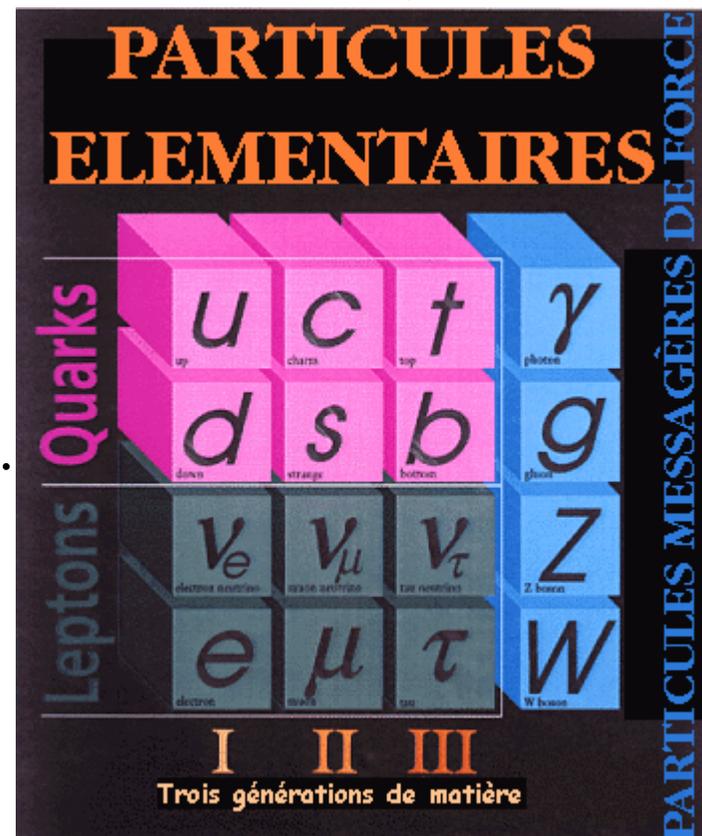
The particle drawings are simple artistic representations



Le Modèle Standard en bref...

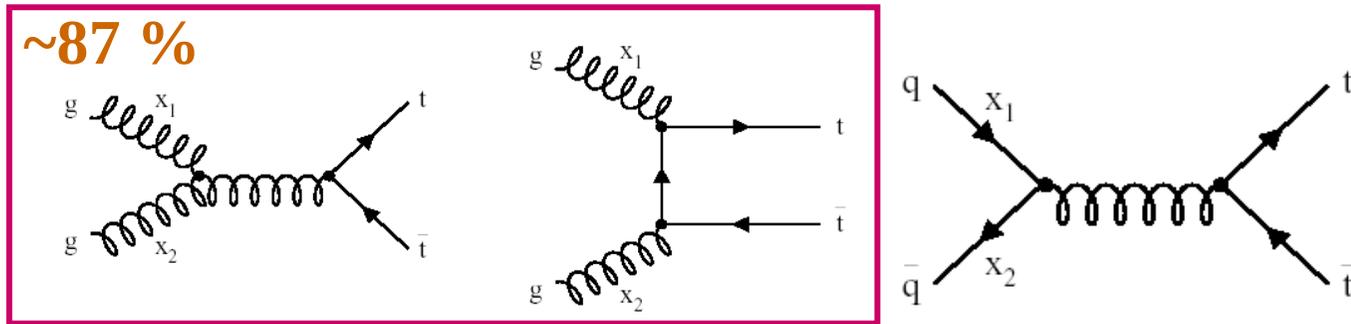
La place du quark top dans le MS :

- Définition :
 - Point de vue théorique :
 - Spin : $\frac{1}{2}$ et charge $Q : +\frac{2}{3}$
 - Partenaire $SU(2)_L$ d'isospin faible du quark b...
 - Point de vue expérimentale :
 - un très gros quark $m_t \sim 175 \text{ GeV}/c^2$
qui ne vit pas longtemps $\tau_t \sim 0.4 \cdot 10^{-24} \text{ s} \dots$
et donne, dans l'état final, un boson W et un quark b...



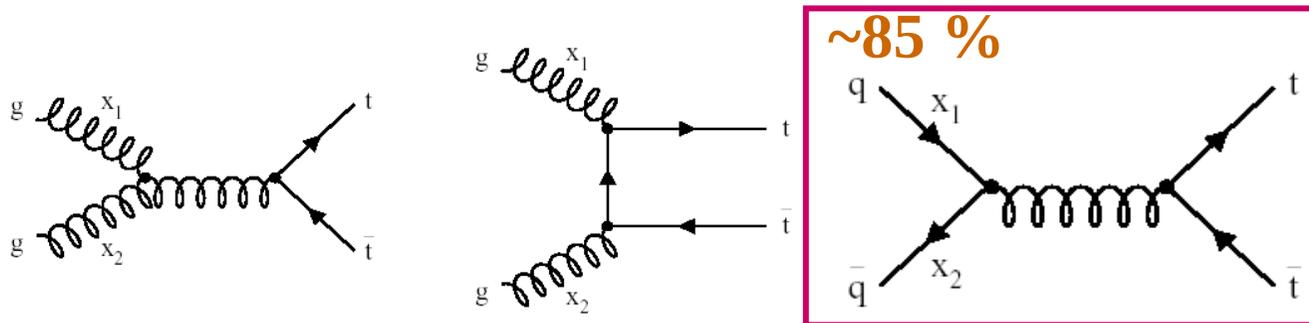
Mode de production du quark top :

LHC :



$$\sigma(\text{NLO}) = 833 \text{ pb @ } 14 \text{ TeV, } \sim 400 \text{ pb @ } 10 \text{ TeV}$$

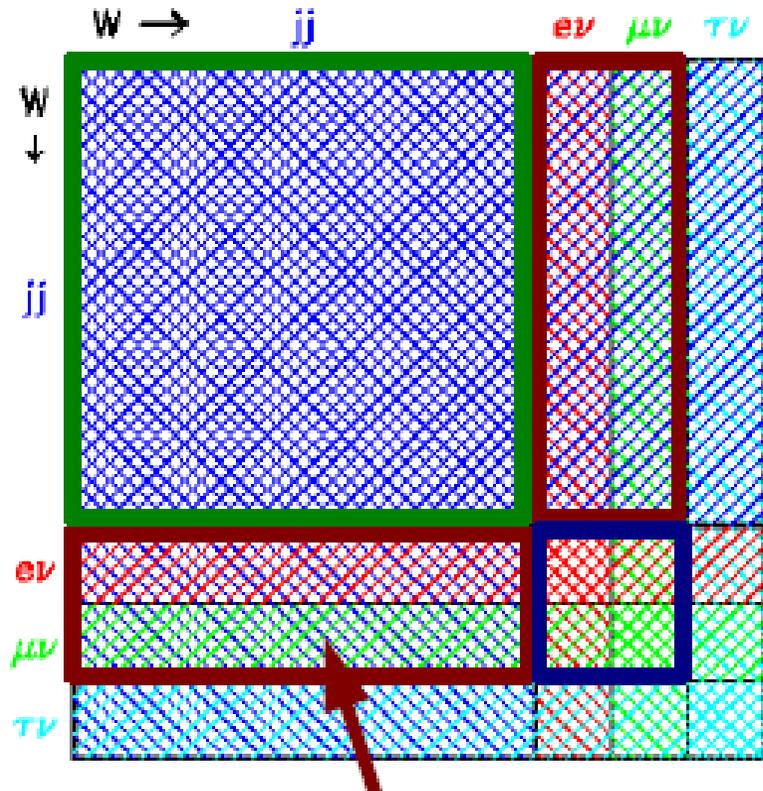
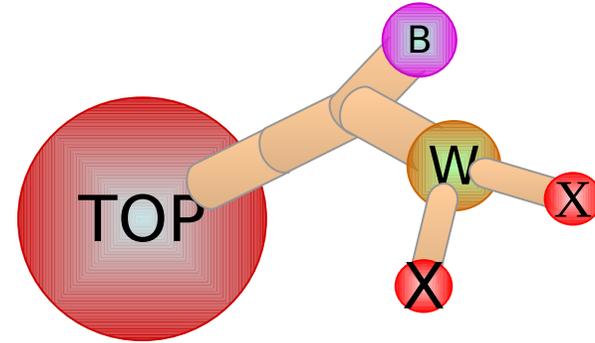
Tevatron :



$$\sigma = 6.3 \pm 0.8(\text{stat.}) \pm 0.7(\text{syst}) @ 1.98 \text{ TeV}$$

Mode de désintégration du quark top :

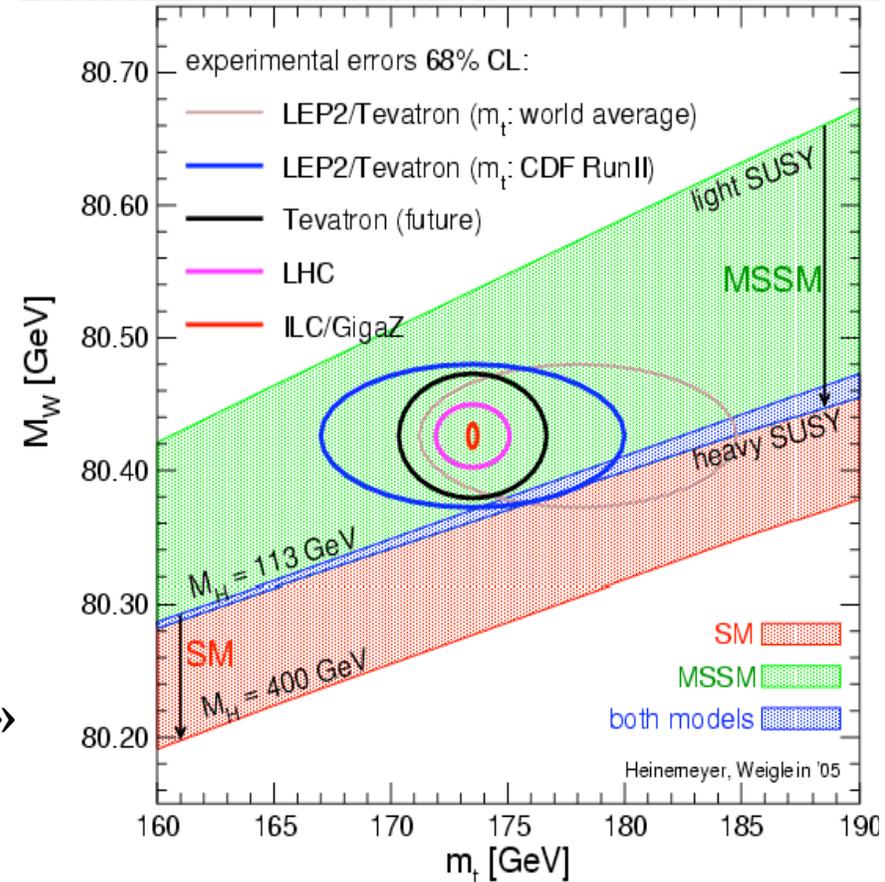
MS : $t \rightarrow Wb \sim 100\%$, i.e. $V_{tb} \sim 1$



- Canaux de désintégration des paires $t\bar{t}$:
 - Di-leptonique :
 - Bruit de fond réduit, - de jets...
 - Semi-leptonique :
 - Trigger, bruit de fond modéré
 - Hadronique :
 - Trop de jets... Dommage!

Intérêt de la physique du quark top (I)

- Compléter le puzzle du MS :
 - Mesures de ses propriétés
 - masse, spin, charge, ..
 - Contraindre la masse du Higgs
- Outil :
 - Calibration des jets
 - Mesure de l'efficacité de « b-tagging »
 - etc...



Heinemeyer, Weiglein '05



Au-delà du Modèle Standard...

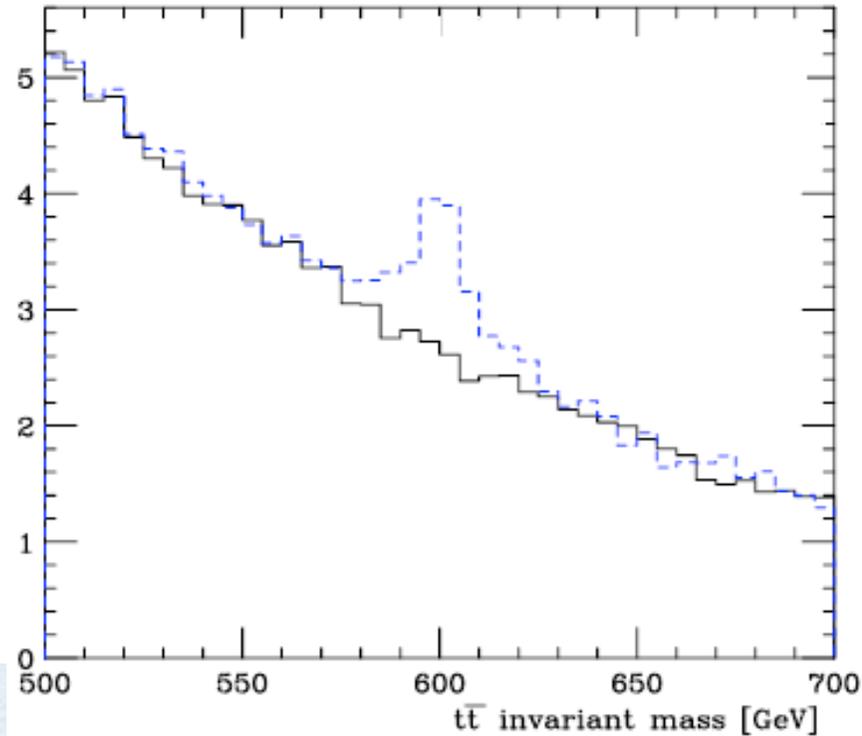
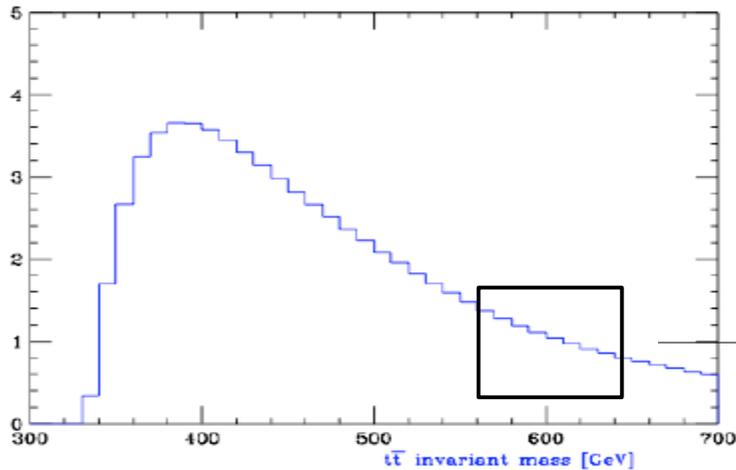


Intérêt de la physique du quark top (II)

- Sonder la physique au delà du Modèle Standard :
 - Questions sans réponse du Modèle Standard :
 - Hiérarchie des masses, mécanismes de masse ad-hoc...
 - Candidat à la matière sombre??? Et la gravitation dans tout ça?
 - Extensions du MS :
 - SUSY, GUT, ED...
 - $m_t \sim EWSB$, sensible aux déviations par rapport aux prédictions du MS
 - De nombreux modèles fournissent des extensions du MS avec un rôle particulier pour le quark top... Ex : TopColor

Signes d'une nouvelle physique (I)

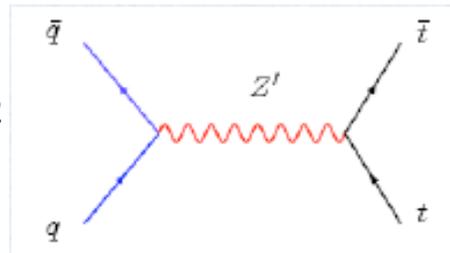
Ex : masse invariante top/anti-top



- Un pic ?

– Résonance lourde :

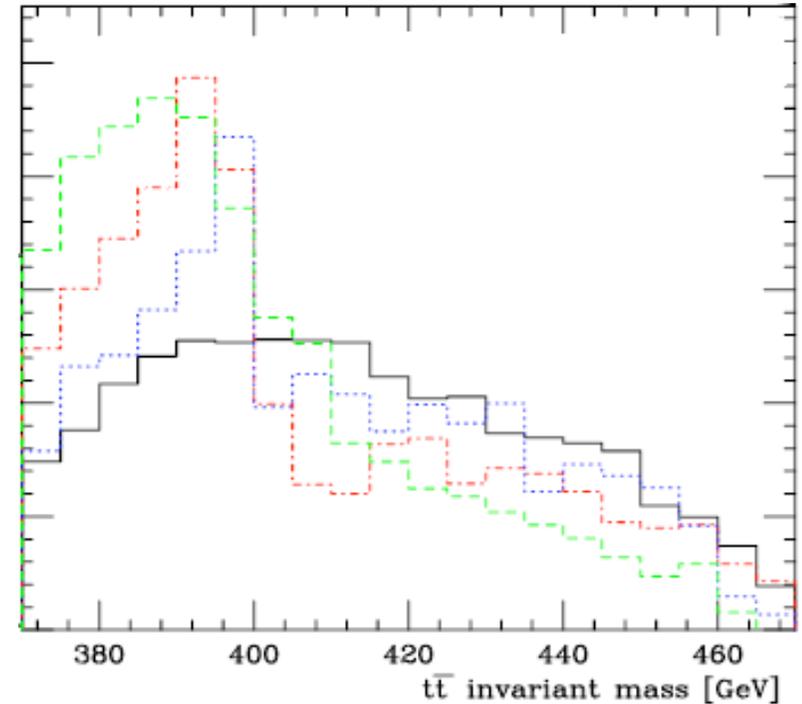
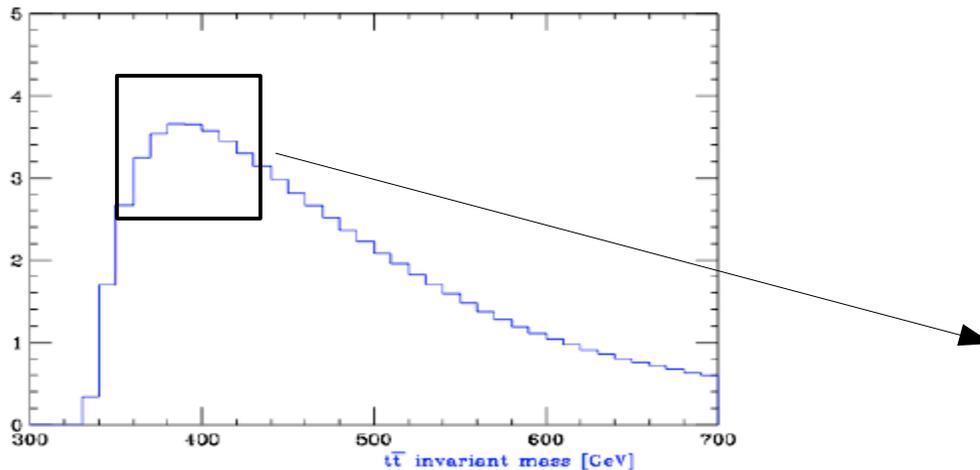
GUT : Z' @ $600\text{GeV}/c^2$



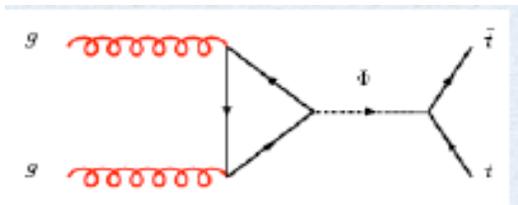
F. Maltoni & R. Frederix, CP3

Signes d'une nouvelle physique (II)

Ex : masse invariante $t\bar{t}$



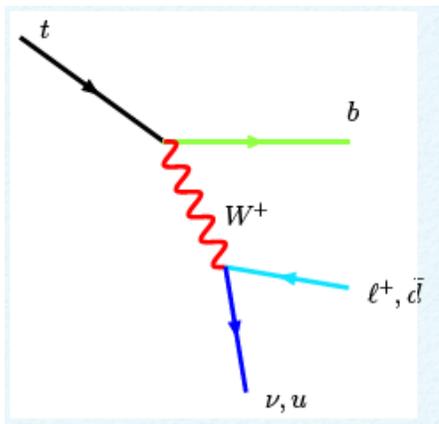
- Parfois plus qu'un simple pic...
 - M2DH (nécessaire au MSSM...)



F. Maltoni & R. Frederix, CP3

Signes d'une nouvelle physique (III)

Ex : 4ème génération de quarks...



$$R = \frac{\Gamma(t \rightarrow Wb)}{\Gamma(t \rightarrow Wq)} = \frac{|V_{tb}|^2}{|V_{td}|^2 + |V_{ts}|^2 + |V_{tb}|^2}$$

Rapport mesuré par CDF et D0 : 0.991 ± 0.085 (stat+sys)

Si unitarité de la matrice CKM relâchée, $|V_{tb}| > 0.096 @ 95\%$

Permet seulement de conclure $V_{tb} \gg V_{td}, V_{ts} \dots$

- Seule mesure directe : observation du « single top »...

Ex : FCNC, courant neutre de changement de saveur...

- Fortement supprimé dans le cadre du MS
- Rendu possible par certains mécanismes BSM...



Au-delà du Modèle Standard...



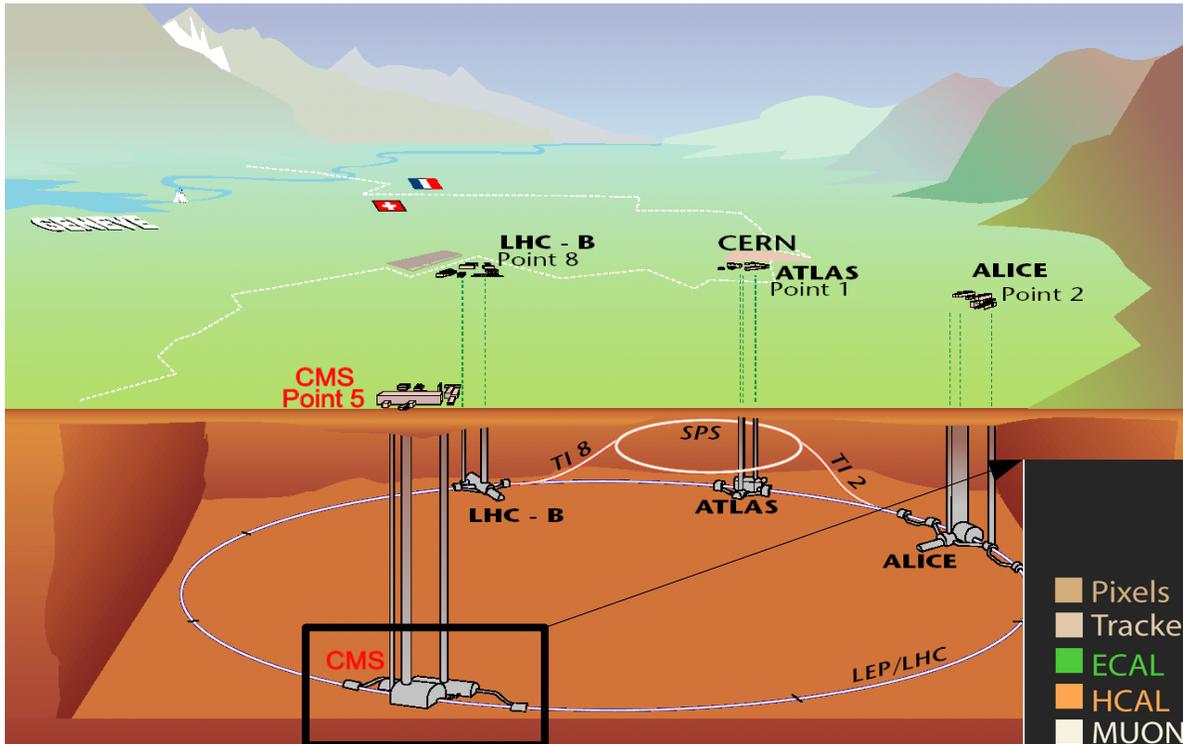
Jusqu'ici, tout va bien ?

(Question surtout destinée à nos amis théoriciens?)



CMS et le LHC...

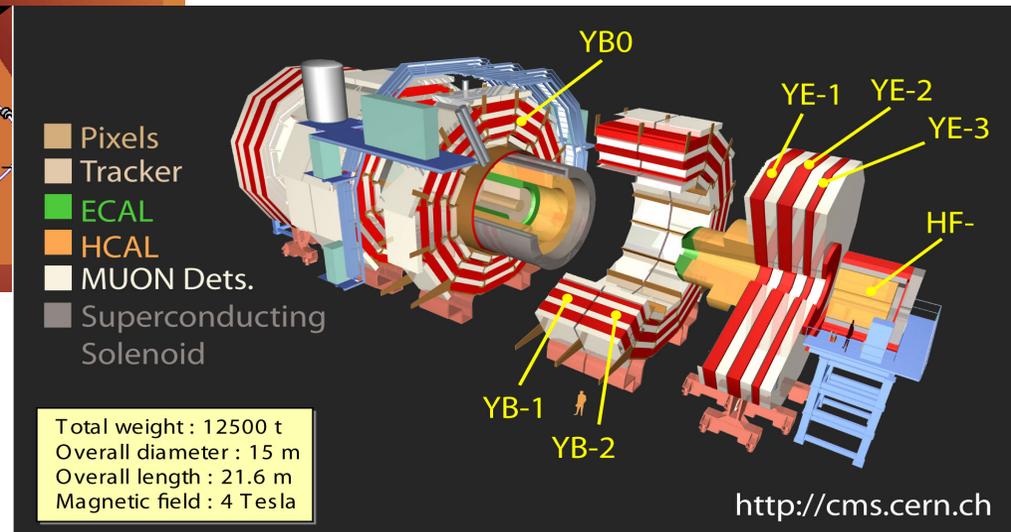
- Outils de la recherche de signes d'une nouvelle physique :

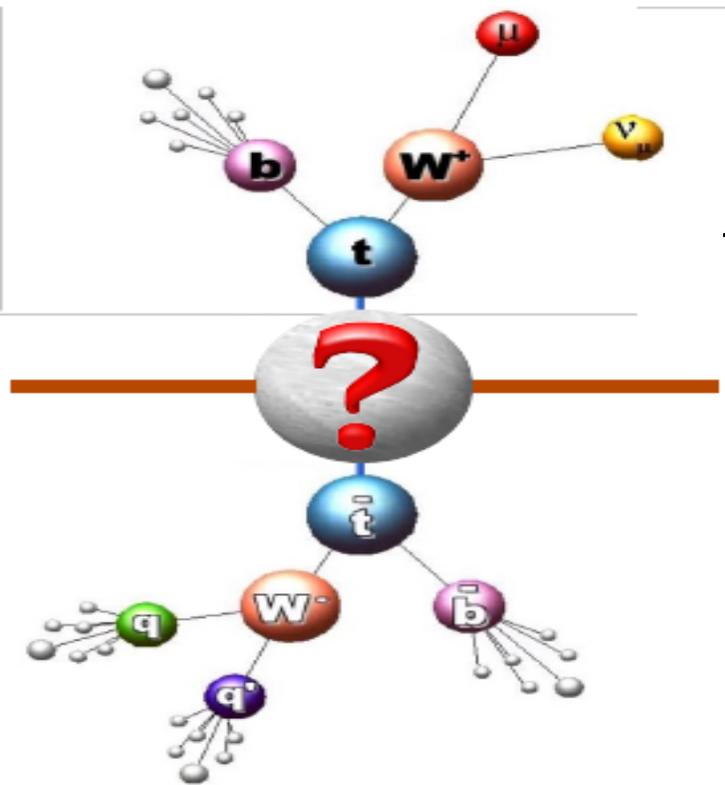


LHC : *Large Hadron Collider*
proton-proton @ 14 TeV...

- Démarrage : 10 sept. 2008
- Incident : le 19 sept. 2008

CMS : Cosmic muon solenoid
Avec 300M de « cosmic »,
le travail continue.



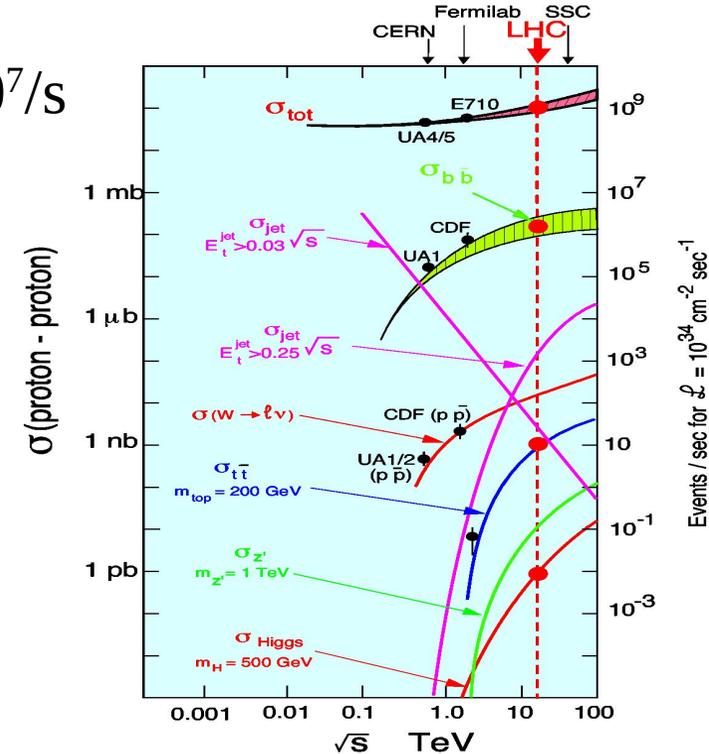


Quark? Connais pas... Mais un jet oui...

- Observation des paires de quarks top passe par la reconstruction de :
 - 4 jets, 1 muon et E_T manquante...



- Au LHC, tout est « large »!
 - 10^{33} @ 14 TeV, W : 200/s, Z : 50/s et QCD 10^7 /s
 - « Seulement » 1 tt/s
- Nécessité de contrôler le bruit de fond
 - Si possible à partir des données...
 - Pourquoi?
 - Le quark top a été découvert deux fois!!!
 - 1984 : UA1 $pp \rightarrow W \rightarrow tb$,
 - 9 evts obs/0.2 evts att., compatible avec $m_t \sim 40 \text{ GeV}/c^2$
 - Démenti en 1988 : bruit de fond W+jets sous-estimé...





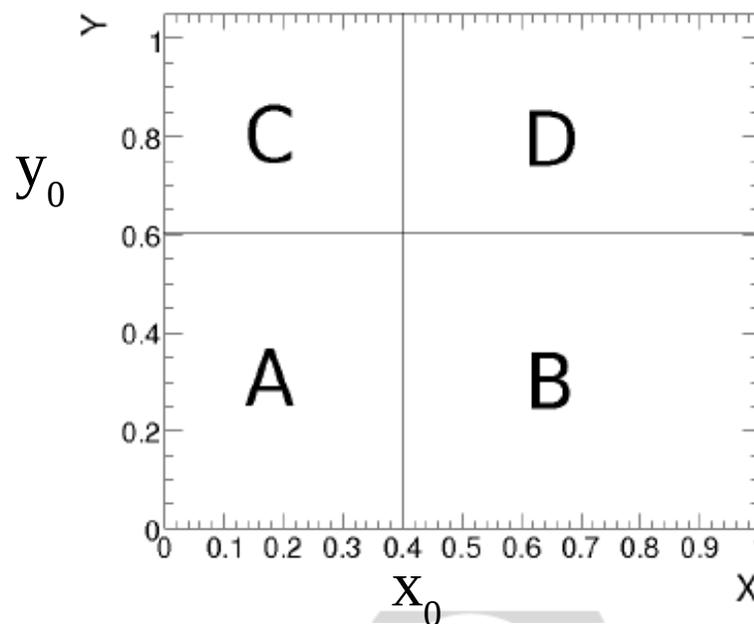
Estimation du bruit de fond QCD

- But : estimer à partir des données elle-même la contamination du bruit de fond QCD (« multi-jets »)

Méthode dite « ABCD » :

- 2 variables X et Y :
- Si les variables sont non corrélées,

$$N_C^{\text{bckgd}}/N_D^{\text{bckgd}} = N_A^{\text{bckgd}}/N_B^{\text{bckgd}}$$



Si A, C et D dominées par le bruit de fond et B dominée par le signal :

$$N_B^{\text{bckgd}} = N_A * N_D / N_C$$

- Choix des variables :

- Discriminantes entre bdf et signal...
- Précision dépend des corrélations

- Ex : H_T vs p_T^μ

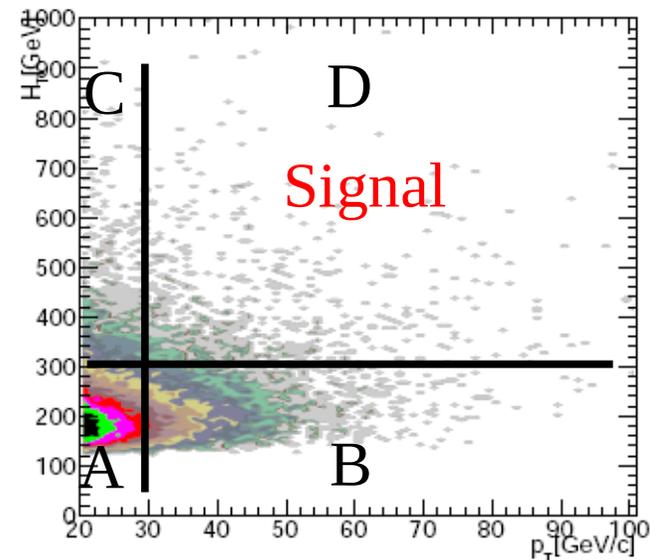
	$p_T^\mu < 30 \text{ GeV}/c$	$p_T^\mu > 30 \text{ GeV}/c$
$H_T > 300 \text{ GeV}$	3297 ± 57	336 ± 18 Estimation : 70 ± 3
$H_T < 300 \text{ GeV}$	25778 ± 161	545 ± 23

- Sous-estimé par un facteur 5...

- Jeu :

- Comprendre la topologie tt et chercher des variables peu corrélés...
- Ou alors de prendre les corrélations en compte..

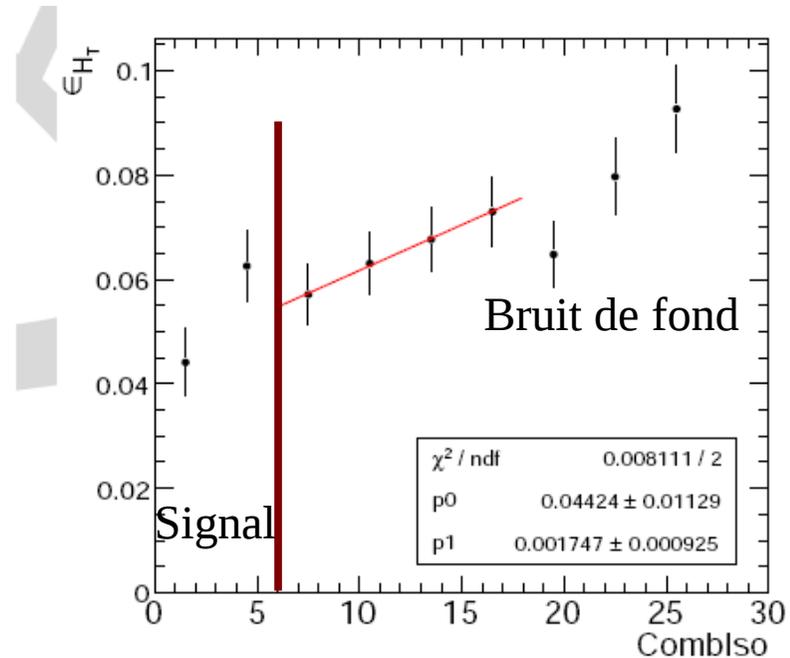
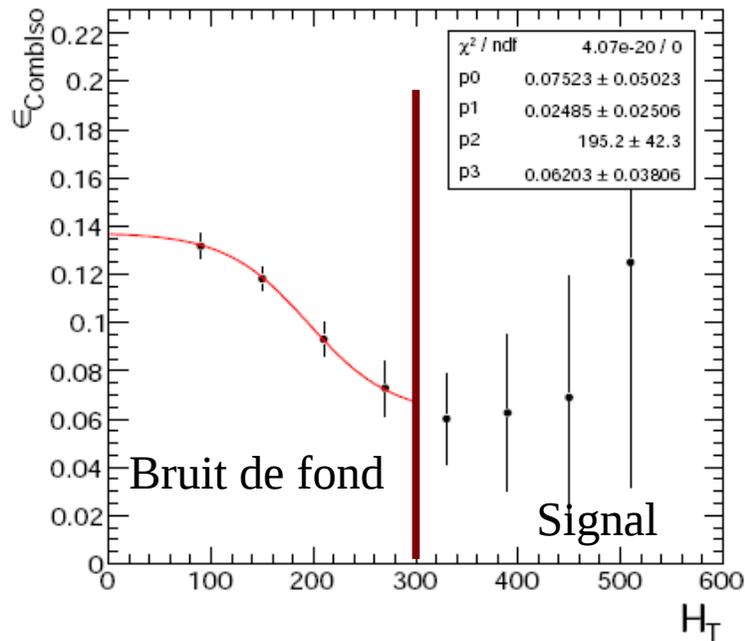
QCD





Estimation du bruit de fond QCD

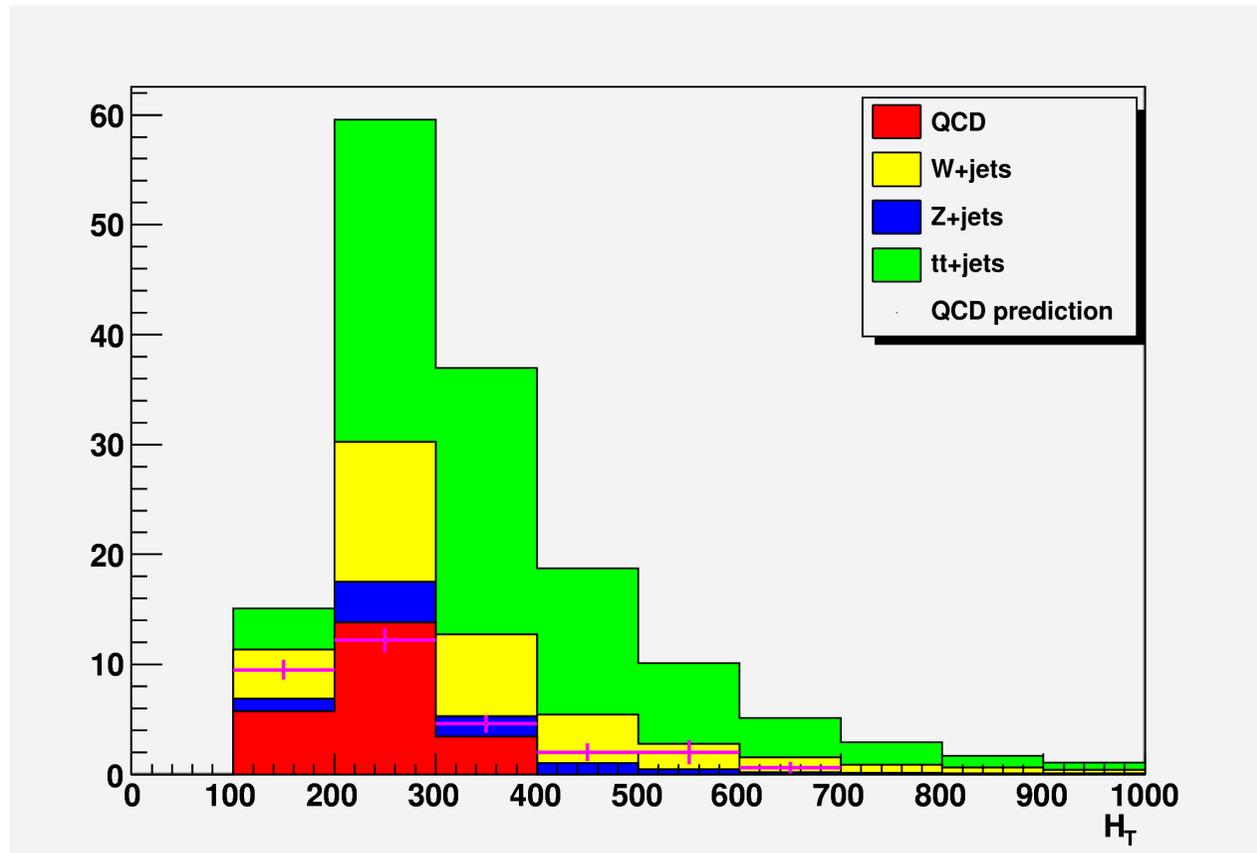
- And the winner is ... peu importe!
 - Pas de sens de valider le choix d'un couple de variables à partir de MC
 - Idée :
 - Prendre en compte les corrélations entre variables (si possible...)





Estimation du bruit de fond QCD

- L'important c'est ...
 - Prédire les formes des variables cinématiques que l'on cherche à observer..
 - Ex : H_T





Conclusions...

- Physique du top, importante :
 - Compléter notre connaissance du MS (propriétés du top, Higgs,...)
 - Sonder l'existence d'une physique au-delà du MS :
 - Grande variété de modèle : SUSY, GUT, ED, Technicolor,...
 - Dans de nombreuses directions :
 - Résonances lourdes : Z' , ...
 - Génération de quark supplémentaire : V_{tb}
 - FCNC...



Conclusions...

- Physique du top au LHC...
 - C'est pas gagné...
 - Signature complexe, nécessite la compréhension de nos détecteurs..
 - LHC : Quelle énergie? Quelle luminosité?
 - Et en plus, tout le monde utilise le b-tagging alors que $V_{tb}=1$?
 - i.e. Pessimistes :On est tous foutus! Optimistes : « Challenging !! »
 - Toutefois,
 - Conditions inhérentes au démarrage d'une expérience (i.e. Le Tevatron l'a fait alors pourquoi pas nous?)