

Au delà du modèle standard - une brève introduction -

**Journées Jeunes Chercheurs
1 Décembre 2008**

Julien Donini, LPSC Grenoble – CNRS/IN2P3

- **Le Modèle standard ?**

- C'est ca ...

$$\begin{aligned}\mathcal{L}_{SM} = & -\frac{1}{4g'^2}B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} - \frac{1}{2g^2}\text{Tr}(W_{\mu\nu}W^{\mu\nu}) - \frac{1}{2g_s^2}\text{Tr}(G_{\mu\nu}G^{\mu\nu}) \\ & +\bar{Q}_i i\not{D}Q_i + \bar{L}_i i\not{D}L_i + \bar{u}_i i\not{D}u_i + \bar{d}_i i\not{D}d_i + \bar{e}_i i\not{D}e_i \\ & +(Y_u^{ij}\bar{Q}_i u_j \tilde{H} + Y_d^{ij}\bar{Q}_i d_j H + Y_l^{ij}\bar{L}_i e_j H + \text{h.c.}) \\ & +(D_\mu H)^\dagger (D^\mu H) - \lambda(H^\dagger H)^2 - m^2 H^\dagger H + \frac{\theta}{32\pi^2}\epsilon^{\mu\nu\rho\sigma}\text{Tr}(G_{\mu\nu}G_{\rho\sigma}).\end{aligned}$$

- Cadre théorique des **interactions électrofaible et forte**

- Bosons de gauge W, Z/gamma, gluons
- 3 familles de quarks et de leptons
- Un champ scalaire: boson de Higgs
- 20aine de paramètres libres...

- Décrit avec **succès** la physique des particules depuis des décennies

- En fait il ne manque que **le boson de Higgs ...**

- **Mais**
 - Théorie souvent considérée **incomplète** et faisant partie d'une **théorie plus globale**
 - Difficulté à intégrer certaines **évidences expérimentales**
 - Problèmes “esthétiques”: **hiérarchie**

Raisons pour regarder au delà du MS

- **Raisons empiriques: le modèle est incomplet**
 - Matière non-baryonique: **matière 'noire'**
 - **Energie noire**: accélération de l'expansion de l'univers
 - Masse des **neutrinos**
 - Asymétrie **matière/antimatière**
- **Raisons 'esthétiques' et philosophiques**
 - En particulier **problème de hiérarchie**
 - Contribution divergentes a la masse du boson de Higgs
 - Corrections dues au boucles: ex contribution top-antitop
 - Le MS n'est pas applicable en dessous des **10^{-17} cm**
 - Sauf si
 - Tuning des paramètres: peu naturel
 - **Modèles au delà du MS (BSM)**

Exemples de Modèles BSM

- **Supersymétrie**
 - Résous le pb de hiérarchie en introduisant des **particules supplémentaires**
 - Superpartenaires, candidat matière noire (LSP)
 - Nombreux modèles: MSSM, NMSSM, ...
 - Pas encore observés
- **Modèles de Higgs composé**
 - Higgs de dimensions finies: **composé de particules élémentaires**
 - Technicouleur
 - Modèle 'little Higgs'
- **Dimensions supplémentaires**
 - Et si effectivement la physique quantique s'arrêtait à 10^{-17} cm ?
 - Théorie des cordes, dimensions supplémentaires
 - **Effet de gravitations** deviennent important bien avant l'échelle de Planck (10^{-33} cm)

Comment chercher la nouvelle physique ?

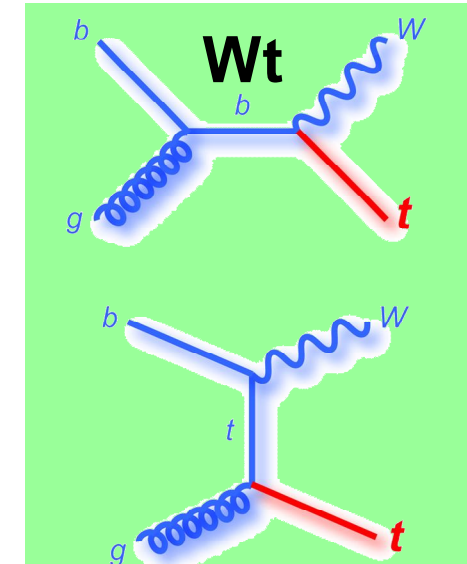
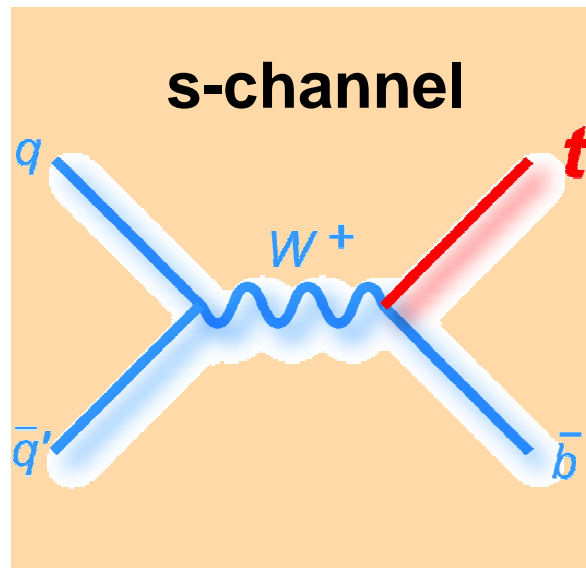
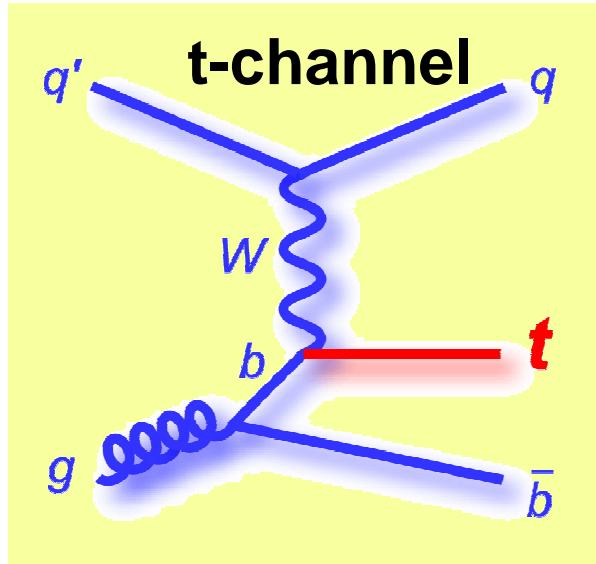
- **Observation directe de phénomènes nouveaux**
 - Et donc ne faisant pas partie du MS
 - Un bon exemple: **la matière noire**
 - **Evidence expérimentale**
 - vitesse de rotation des galaxies,
 - anisotropie du fond cosmique (CMB)
 - nucléosynthèse Big Bang (BBN)
 - **20%** de l'univers est composé de matière non standard et pratiquement indétectable (WIMPS)
 - Nature de cette matière noire reste encore inconnue

Comment chercher la nouvelle physique ?

- **Recherche de déviations par rapport au MS**
 - Le MS est une théorie bien rodée
 - L'observation de **déviations importantes** par rapport au paramètres de MS
 - (clair) signal de nouvelle physique
 - Exemple: étude du single top quark

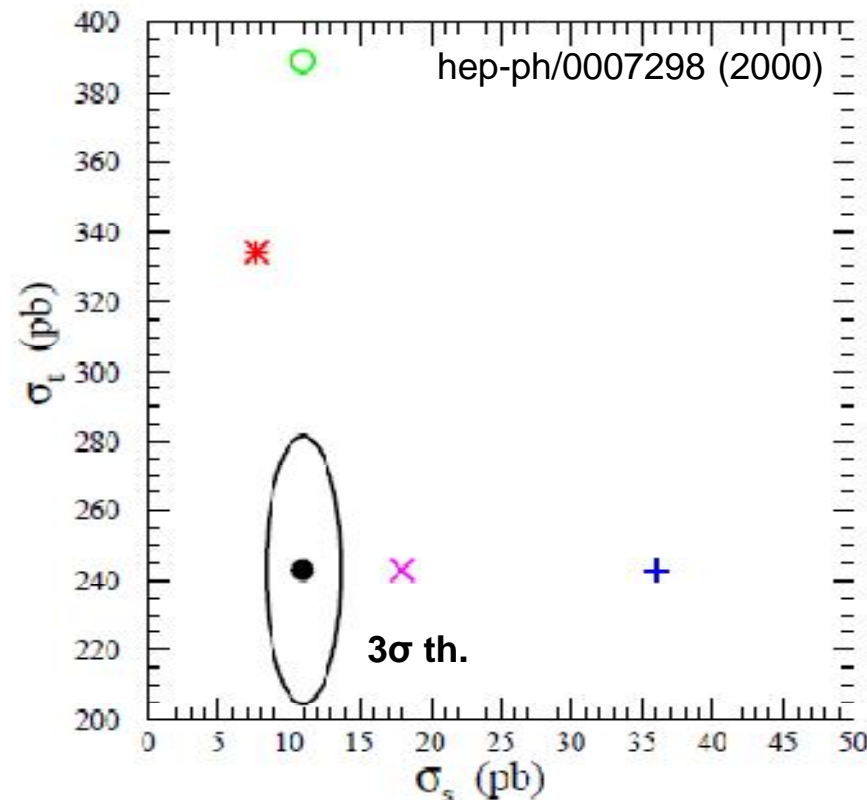
Exemple du single-top

- **Production de quarks top**
 - Grand **collisionneurs hadroniques** (Tevatron, LHC): production **paires top-antitop** par interaction forte
 - Production faible également possible dans le MS: **single top**
 - Processus plus rare et plus difficile à identifier
 - Tevatron: évidence expérimentale



Intérêt du single top

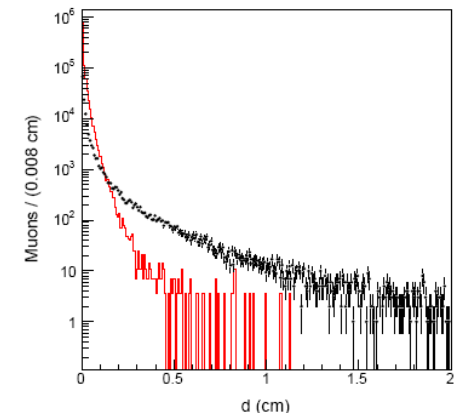
- Fenêtre vers la nouvelle physique
 - Section efficace directement proportionnelle à $|V_{tb}|^2$
 - Sensible à tout phénomène non standard susceptible de modifier le couplage faible du top



- LHC SM
- x Top-flavor
($m_Z=1$ TeV)
- o FCNC Z-t-c
- + Top-pion
($m_\pi=450$ GeV)
- 4th quark
($V_{ts}=0.55$)

Quelles évidences de NP aujourd'hui ?

- **Quelques résultats récents (2008)**
 - **Physique du B_s** : larges déviations observées par rapport au MS
 - M. Bona et al., hep-ph/0803.0659v1
 - Extra-dimensions ?
 - **Taux anormaux** de désintégration $D_s \rightarrow l\nu$ ($l = \mu$ ou τ)
 - B. Dobrescu, A. Kronsfeld, hep-ph/0803.0512v2
 - Higgs charge ? Leptoquarks ?
 - Événements **multimuons**
 - Collaboration CDF, hep-ex/0810.5357v2
 - ??? Nouvelle physique? Biais expérimental subtil?
- **Conclusion**
 - Le MS commence à montrer des faiblesses
 - Encore trop tôt pour avoir des certitudes
 - Avancées théoriques et expérimentales cruciales



Talks session BSM

- **Aujourd'hui**
 - **CONDEESCU, Cezar:** Théorie des Cordes et Applications
 - **BOUCHART, Charles:** Introduction aux modèles a dimension supplémentaire de type Randall-Sundrum et leur phénoménologie
 - **VELTEN, Philippe:** Mesure du paramètre de corrélation angulaire bêta-neutrino dans la désintégration de ^6He utilisant un piège de Paul.
- **Mardi**
 - **HAMMAD, Gregory:** Recherche de nouvelle physique dans la production de paires de quarks top à CMS
 - **CHARAF, Otman:** Recherche de résonances massives avec le détecteur CMS
 - **CHAFAQ, Aziz:** Recherche de résonance top antitop dans les collisions proton-proton à ATLAS