

LHC : 7 Md€ pour un si petit boson

Aux origines de la masse

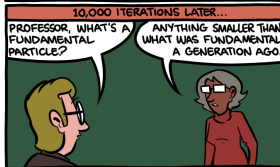
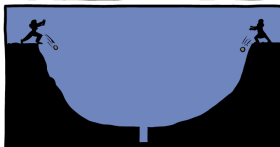
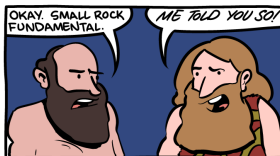
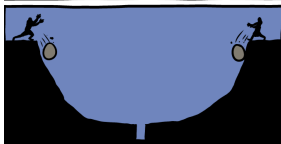
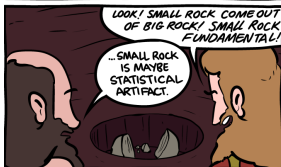
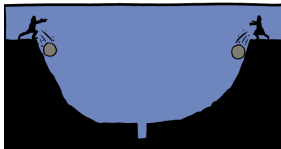
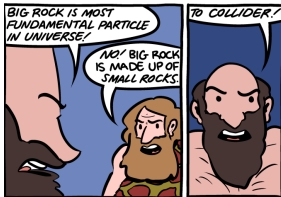
Raphaël-David Lasserri¹

¹rlasserri@in2p3.fr

Sciences Croustillantes, 15 Décembre 2014

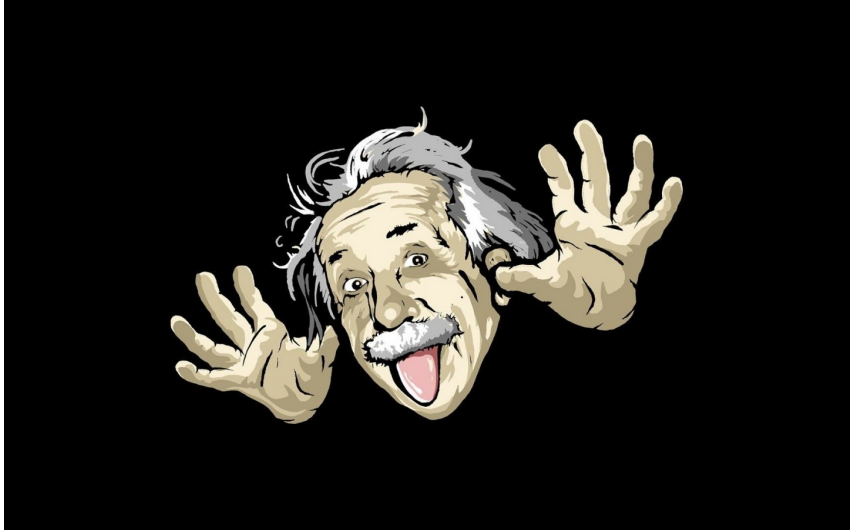
“The history of atomism is one of reductionism – the effort to reduce all the operations of nature to a small number of laws governing a small number of primordial objects.”

Leon Lederman (Nobel Prize Winner 1988)



Smbc-comics.com

Un soupçon de relativité...



$$E = mc^2$$

$$E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$$

Où :

- E est l'**énergie** de la particule
- p l'**impulsion** de la particule
- m sa **masse**
- c la vitesse de la lumière

La masse est une propriété **intrinsèque** à une particule.

$$\frac{1}{\sqrt{2}}|\text{chat assis}\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\text{chat couché}\rangle$$

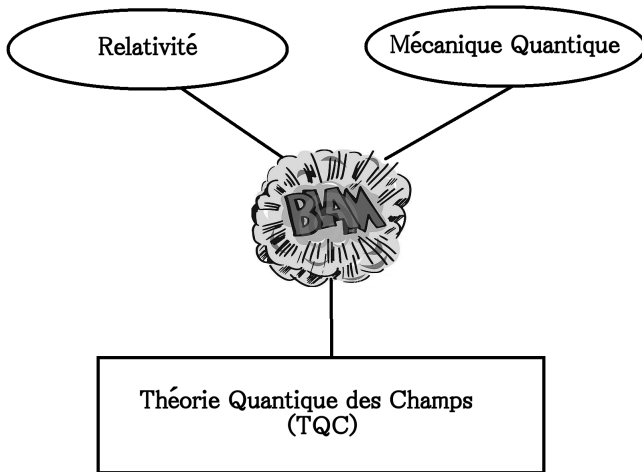
La dualité onde-particule implique :

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Avec :

- λ l'échelle spatiale de la particule
- p l'impulsion de la particule
- h la constante de Planck

Will it blend ?

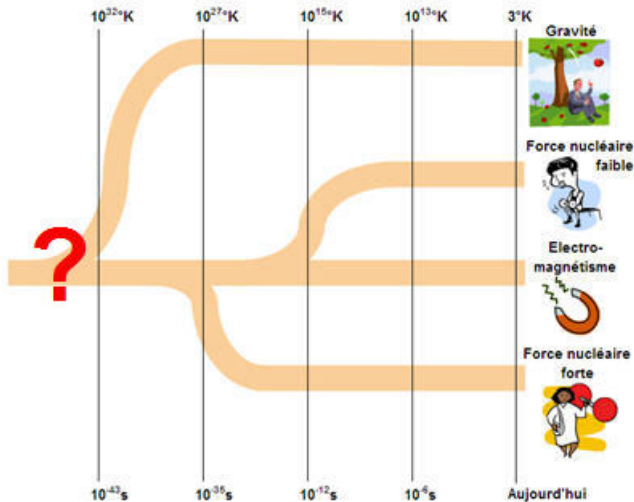




”Théorie quantique des chants”

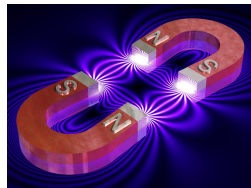
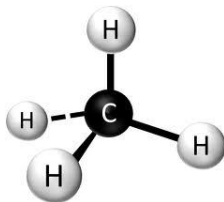
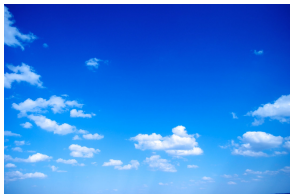
A quoi ça sert ?

Décrire l'Univers !



L'interaction électromagnétique :

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu}$$



La théorie quantique des champs

On rajoute l'interaction forte...

$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi}_i(i\gamma^\mu D_\mu)_{ij} - m\delta_{ij})\psi_j - \frac{1}{4}(\partial_\mu A_\nu^a - \partial_\nu A_\mu^a + gf^{abc}A_\mu^b A_\nu^c)(\partial^\mu A_a^\nu - \partial^\nu A_a^\mu + gf_{abc}A_b^\mu A_c^\nu)$$



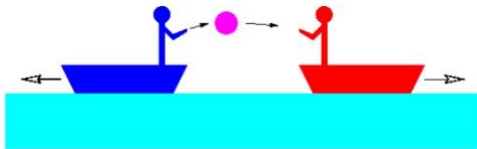
La théorie quantique des champs

Et l'interaction faible

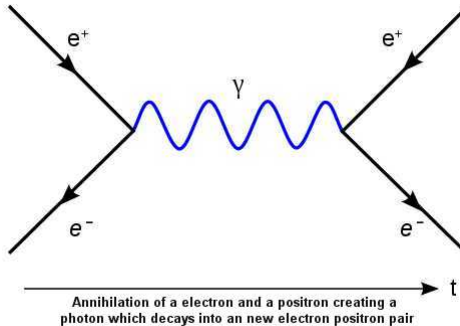
$$\mathcal{L} = \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi}_i i(\gamma^\mu D_\mu)_{ij} - m\delta_{ij})\psi_j - \frac{1}{4}(\partial_\mu \mathcal{A}_\nu^a - \partial_\nu \mathcal{A}_\mu^a + gf^{abc}\mathcal{A}_\mu^b \mathcal{A}_\nu^c)(\partial^\mu \mathcal{A}_a^\nu - \partial^\nu \mathcal{A}_a^\mu + gf_{abc}\mathcal{A}_b^\mu \mathcal{A}_c^\nu) + \bar{Q}_i i \not{D} Q_i + \bar{L}_i i \not{D} L_i - \frac{1}{4}W_a^{\mu\nu}W_{\mu\nu}^a - \frac{1}{4}B^{\mu\nu}B_{\mu\nu}$$



Principe : Les interactions sont médiées par des particules de matière !



Principe : Les interactions sont médiées par des particules de matière !



Par construction notre théorie est invariante selon certaines transformations, ici :

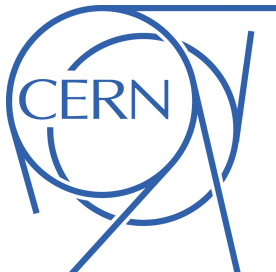
$$SU(3)_{couleur} \otimes SU(2)_{spin} \otimes U(1)$$

La théorie est dite **invariante de jauge**

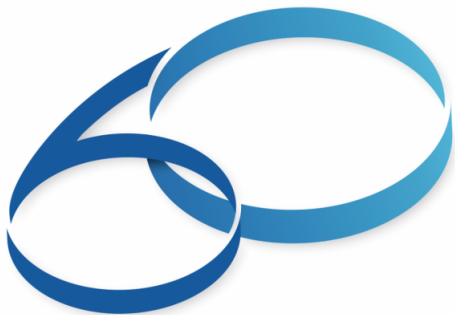
Les symétries de ce modèle permettent de classer toutes les particules de la nature.

Dans ce cadre on peut prédire de nombreuses variables observables :

- Probabilité d'observer une particule à un instant donné
- Durée de vie d'une particule
- Interactions de la particule
- ...



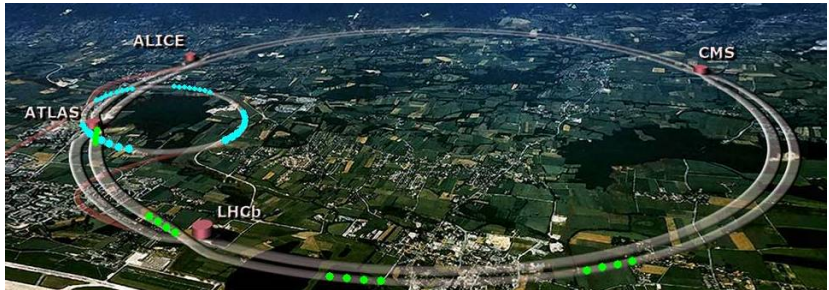
Le **C**onseil **E**uropéen pour la **R**echerche **N**ucléaire
Le plus grand centre de physique des particules au monde!



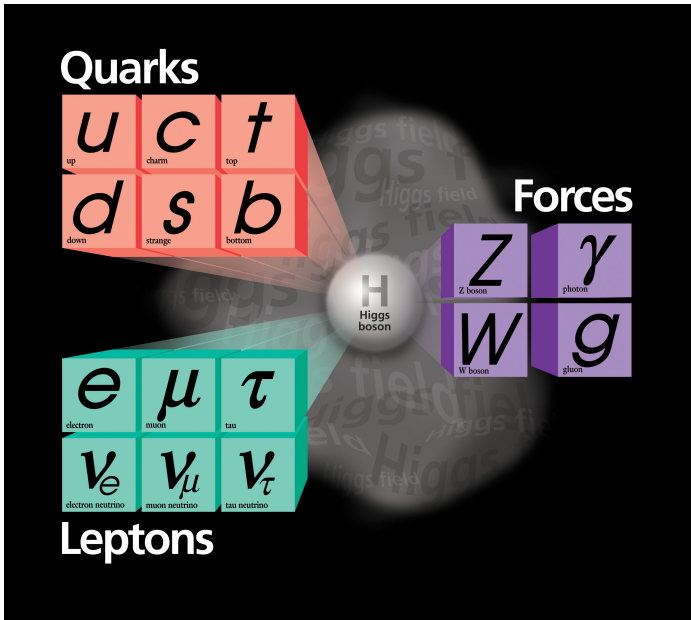
YEARS/ANS **CERN**

Happy 60th Birthday CERN!

Large Hadron Collider!



- Collisionneur protons-protons.
- Quatre points d'interaction pour quatre expériences (ALICE, LHCb, ATLAS et CMS)
- Un anneau de 27 km à 100 m de profondeur
- Un budget de plus de 7 milliards d'€



L'*invariance de jauge* \Rightarrow Les bosons vecteurs sont **tous** de masse nulle...



Higgs ? Who's that ?



Peter Higgs

Higgs ? Who's that ?



Peter Higgs, François Englert (Nobel 2013) Robert Brout.

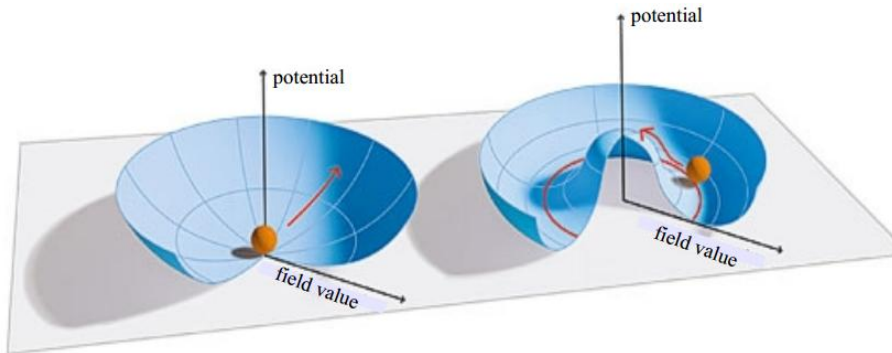
Higgs ? Who's that ?



Brout-Englert-Guralnik-Hagen-Higgs-Kibble (1964)

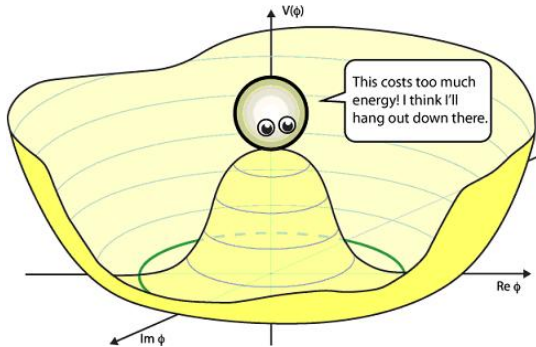
Comment ça marche ?

C'est une modification de la structure du vide quantique :



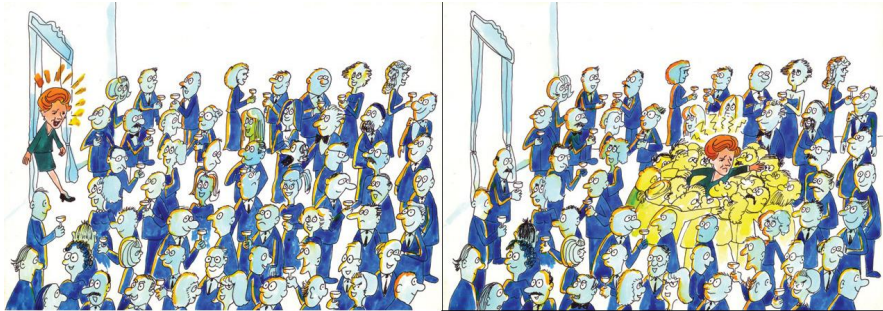
Comment ça marche ?

Cette modification permet une **brisure spontanée de symétrie** :



Mais encore ?

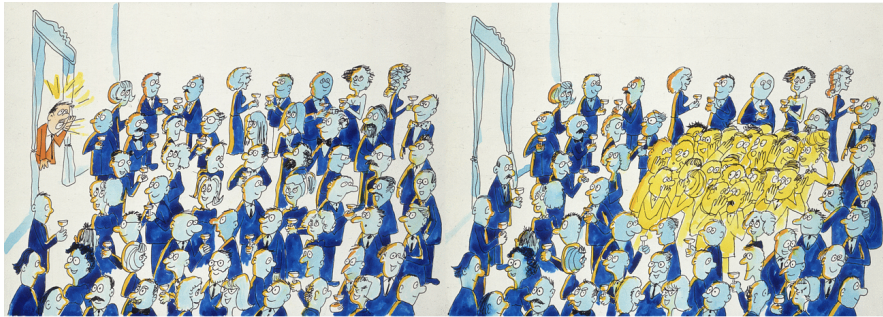
Toute particule se "propage" dans le champs de Higgs



La masse d'une particule est fonction de sa "célébrité" !

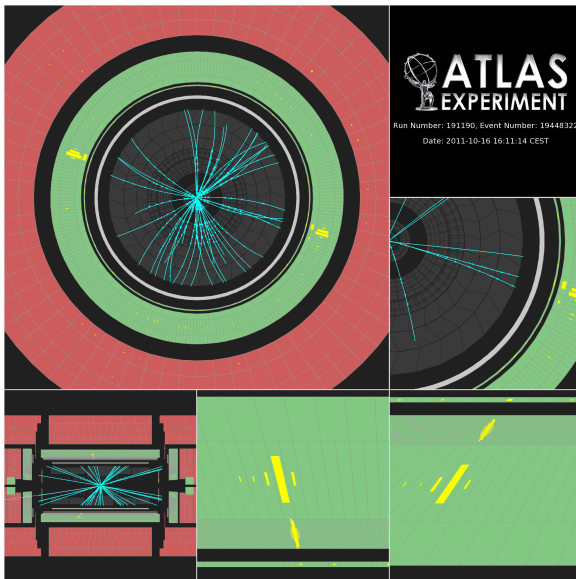
Et le boson dans tout ça ?

Le théorème de Goldstone stipule qu'une brisure de symétrie *continue* se traduit par l'apparition d'une nouvelle particule (un boson)

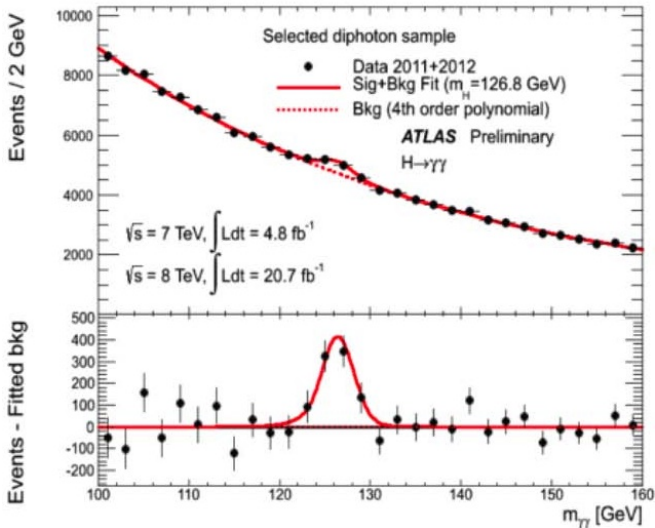


Le grand moment

Le 4 Juillet 2012 : L'annonce officielle !



Le grand moment



REACTIONS TO THE LATEST HIGGS BOSON ANNOUNCEMENT...

MAYBE WE WILL
BEGIN TO
UNDERSTAND
HOW MATTER
HOLDS
TOGETHER!



SCIENTISTS

MAYBE WE CAN
DEVELOP A
NEW GENERATION
OF WEAPONS!



MILITARY

GOSH, I
WONDER
WHAT KIM
KARDASHIAN
IS DOING
RIGHT NOW.



THE PUBLIC

© PHILIPPE
CHATELAIN
can
http://www.can.com

La physique des hautes énergies pose encore de très nombreuses questions :

- Asymétrie matière/antimatière
- Le problème de hiérarchie de jauge
- L'oscillation des neutrinos
- Gravitation quantique
- Matière noire/Énergie noire
- ...

Questions ?