

JOURNÉES DE RENCONTRES JEUNES CHERCHEURS

"Sir Noyau et Miss Particule dans
l'affaire du manoir"

DU 9 AU 15 DÉCEMBRE 2007
DINARD

THÈMES

INTERACTION FORTE
MODÈLE STANDARD ÉLECTROFAIBLE
AU-DELÀ DU MODÈLE STANDARD
NEUTRINOS
ASTROPARTICULES
COSMOLOGIE
ASTROPHYSIQUE NUCLÉAIRE
DYNAMIQUE NUCLÉAIRE
RÉACTEURS DU FUTUR
INSTRUMENTATION
PHYSIQUE HADRONIQUE
APPLICATIONS DE LA PHYSIQUE NUCLÉAIRE



SECRÉTARIAT
ISABELLE COSSIN
LPNHE (TOUR 33)
4 PLACE JUSSIEU
75252 PARIS CEDEX 05
+33 1 44 27 68 95

<http://polywww.in2p3.fr/jrjc07>



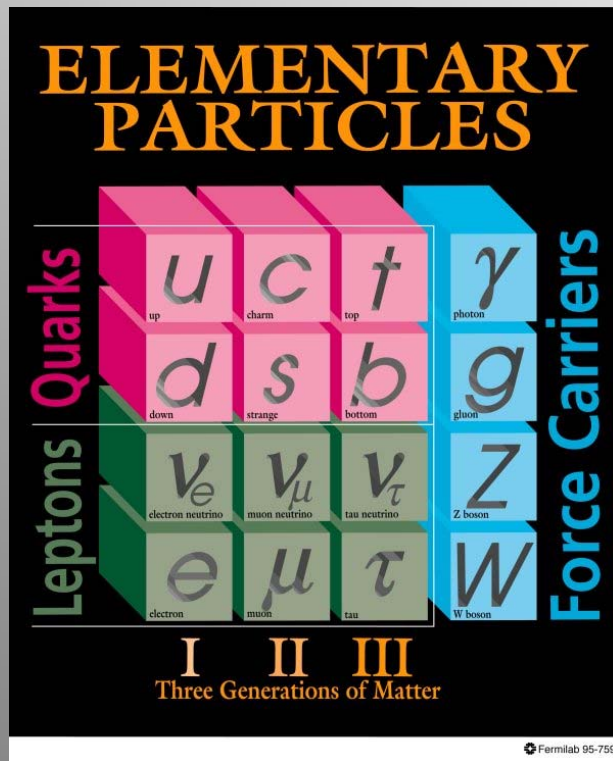
Journées de Rencontre des Jeunes Chercheurs 2007

Dinard - 10/12/2007

Session au-delà du Modèle Standard ...

Anne-Catherine Le Bihan IPHC - Strasbourg

Les particules du Modèle Standard



4 familles de bosons véhiculant les interactions électromagnétique, faible et forte.

→ gravité non incluse dans le modèle

(+ *anti-quarks et anti-leptons*)

Trois familles de quarks et leptons possédant les mêmes nombres quantiques sous transformation des groupes de jauge.

Mais de masses très différentes : $m(\mu)/m(e) \sim 200$, $m(\tau)/m(\mu) \sim 20$, $m(t)/m(e) \sim 10^5$!

Succès du Modèle Standard

Le MS est testé avec grande précision :
excellent accord entre ajustements et valeurs
mesurées au CERN, Fermilab, SLAC des
observables électrofaibles

Pouvoir prédictif du modèle Standard :
Exemple - masse du quark top estimée à :

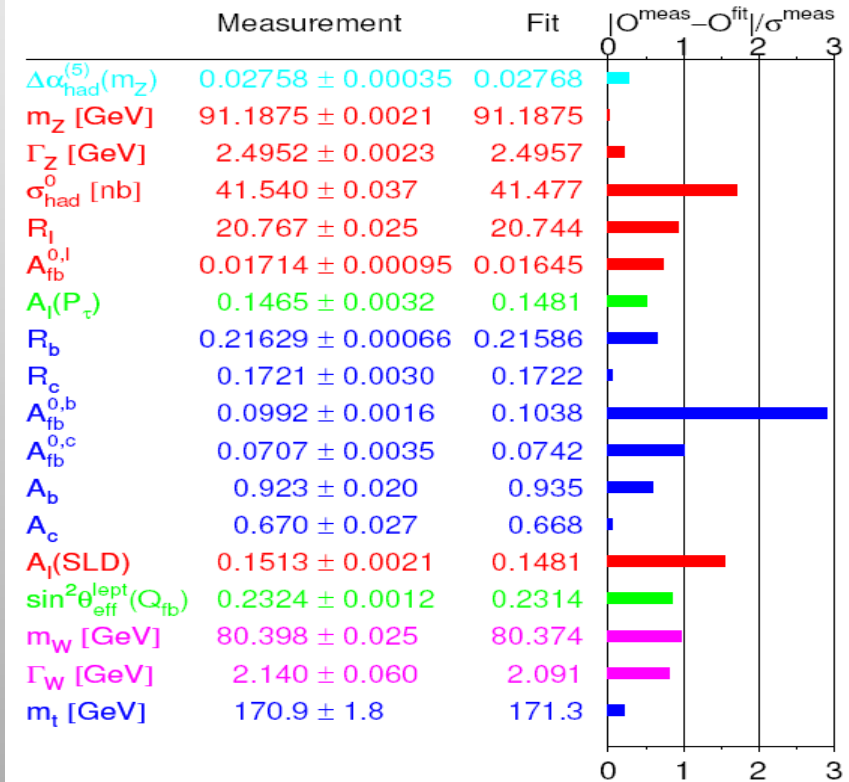
$$m(\text{top}) = 177 \pm 10 \text{ GeV}$$

(1994, combinaison des observables LEP et
SLC avant la découverte du top)

Actuellement :

$$m(\text{top}) = 170.9 \pm 1.8 \text{ GeV} \text{ (D0+CDF 2007)}$$

Été 2007



Questions ouvertes du Modèle Standard

- La matière ordinaire est constituée des particules de la 1^{ère} famille de constituants.
Pourquoi existe-t-il 3 familles de constituants élémentaires ?
Les quarks sont-ils des constituants ultimes ?
- Décrire l'origine de la masse des particules (i.e. trouver le boson de Higgs ?)
Expliquer la hiérarchie des masses (entre les familles et au sein d'une même famille).
- Comment décrire les neutrinos massifs ?
- Inclure la gravité

Nécessité d'une extension du MS :

- (1) aspects expérimentaux
- (2) aspects théoriques

(1) : l'existence de matière noire

Densité d'énergie de l'Univers actuel :

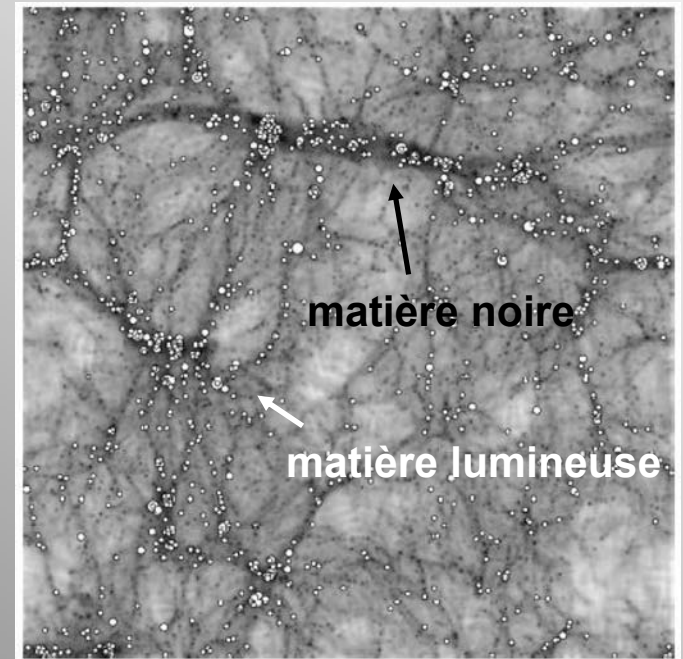
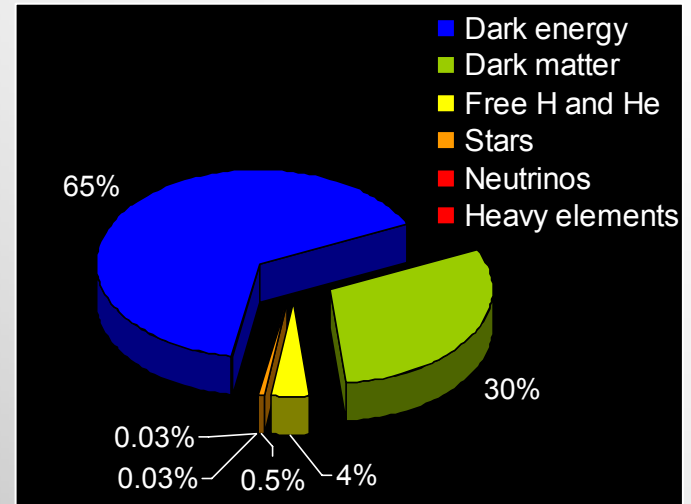
65 % d'énergie noire

35 % de matière { 5% d'origine baryonique
30% de matière noire

Preuves expérimentales de matière noire :

- Cinématique des galaxies
- Lentilles gravitationnelles
- Anisotropies observées dans le fond diffus cosmologique

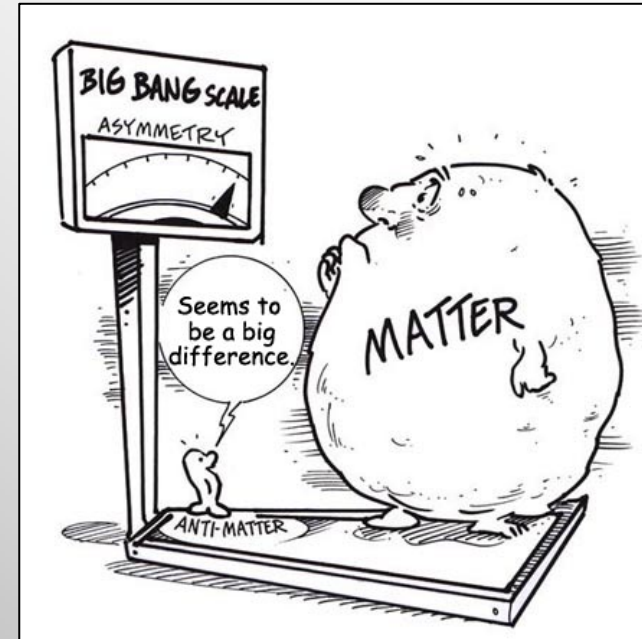
Distribution de galaxies
300 M a.l. x 300 M a.l.
Galics, Hatton et al. 2003



→ Quelle particule(s) pour décrire la matière noire ?

(1) : l'asymétrie matière/ antimatière

L'anti-matière a quasiment disparu de notre Univers actuel ...



Trois conditions pour expliquer une production asymétrique de matière anti-matière dans l'Univers primordial (Sakharov 1967) :

- (1) processus violant le nombre baryonique
- (2) processus violant C et CP
- (3) rupture de l'équilibre thermique

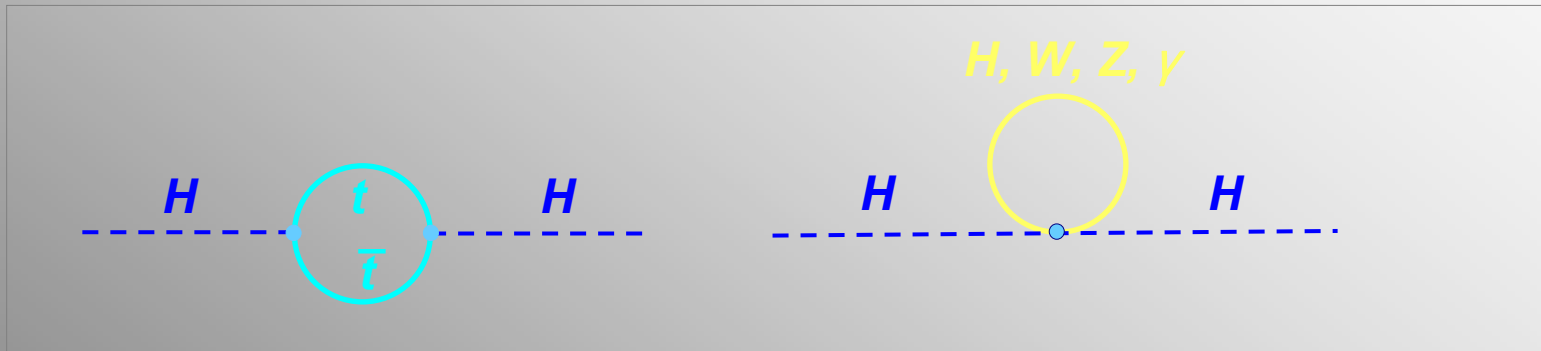
Mais ...

- (1) non observé à ce jour
- (2) observé dans le cas des kaons neutres et mésons beaux mais d'amplitude insuffisante

→ **Nécessité d'une nouvelle physique !**

(2) : Aspects théoriques

La découverte d'un boson de Higgs achèverait de compléter le Modèle Standard ...
Mais entraînerait des divergences quadratiques dans le calcul de sa masse !



$$m_H^2 = m_0^2 - \delta m_H^2 \quad \text{ou :} \quad \delta m_H^2 \propto \text{cste} \times \Lambda_{\text{cut-off}}^2$$

$\Lambda_{\text{cut-off}}$: limite de validité du MS

→ en l'absence de nouvelle physique, $\Lambda_{\text{cut-off}} \sim$ échelle de Planck, 10^{19} GeV

→ problème de naturalité : ajustement fin des paramètres (m_0 , cste) pour observer $m(\text{Higgs}) < \text{TeV}$

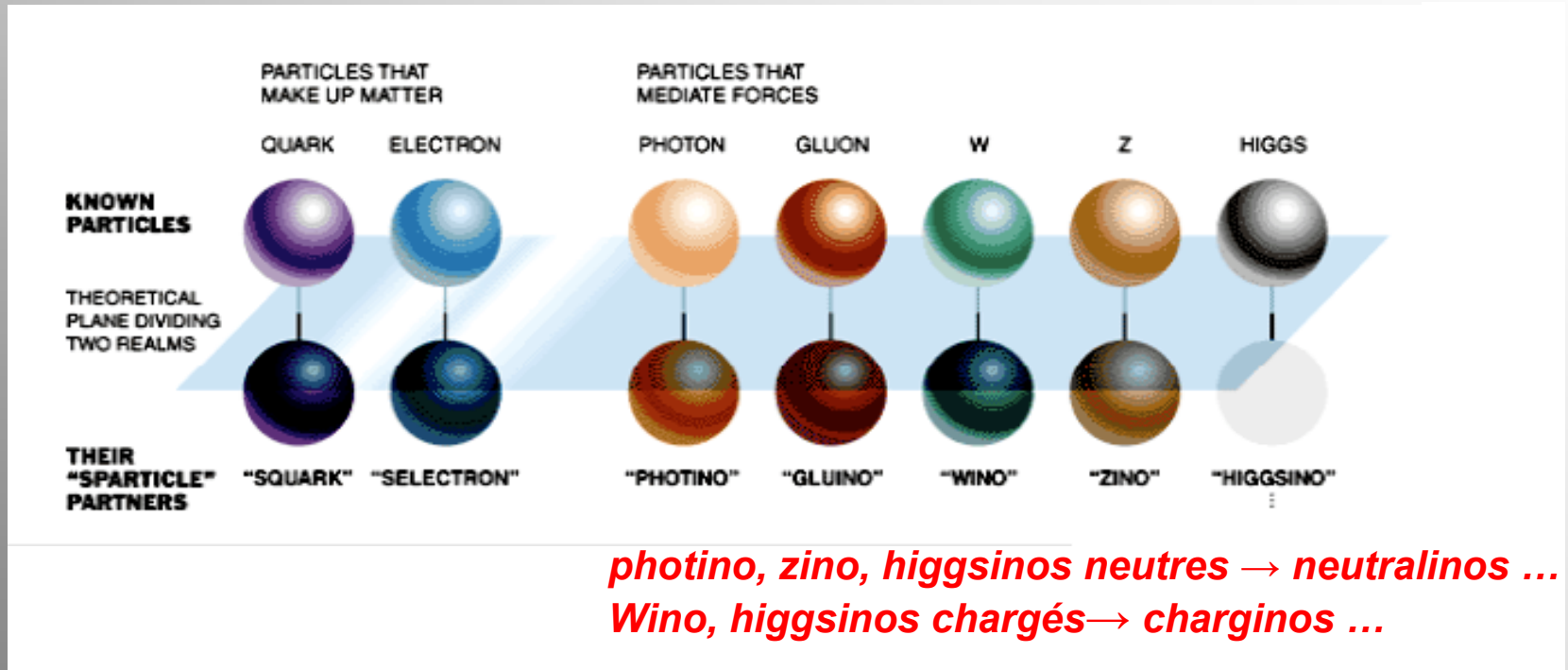
→ si $m(\text{Higgs})$ est contrôlé par $\Lambda_{\text{cut-off}}$, pourquoi les échelles d'énergie de la brisure électrofaible et $\Lambda_{\text{cut-off}}$ sont elles si différentes ?

Quelle extension au Modèle Standard ?

Exemple la supersymétrie ...

La Supersymétrie ...

Une symétrie qui à chaque **fermion** associe un **boson** et vice versa ...



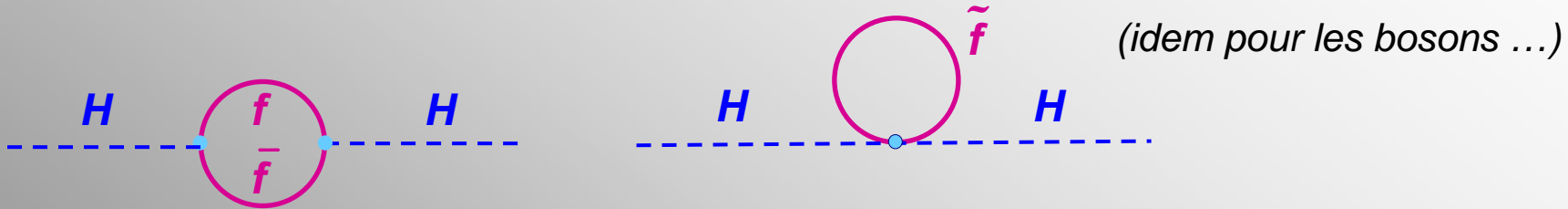
Le contenu en particules du Modèle Standard est doublé.
Et **cinq bosons de Higgs** sont introduits : A , H^+ , H^- , h , H .

Il s'agit d'une **symétrie** dite **brisée** : les particules susy possèdent les mêmes nombres quantiques que les particules du MS (sauf le spin et la R-parité) mais des masses plus élevées.

Arguments en faveur de la supersymétrie

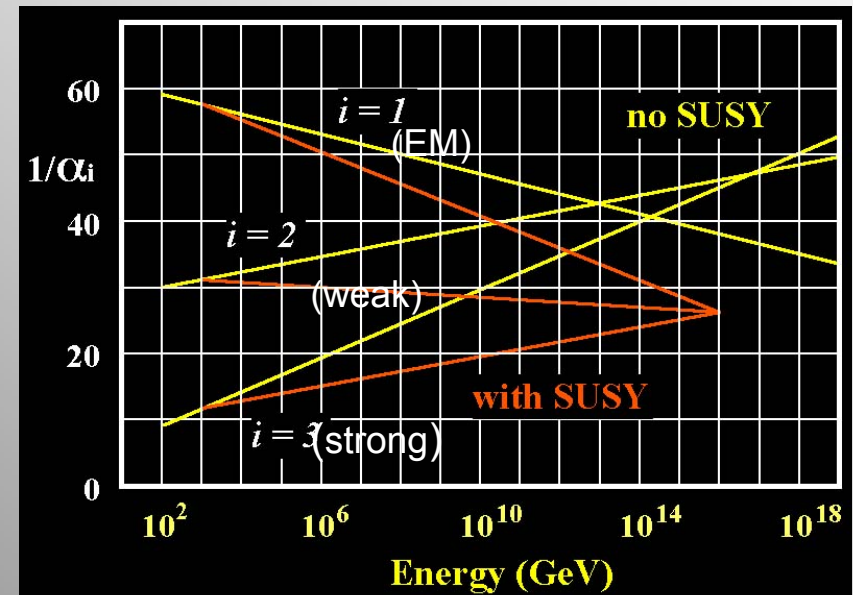
- **Stabilisation de la masse du boson de Higgs :**

Les boucles de fermion et de boson présentent des contributions de signes opposés et s'annulent si leur couplage au Higgs est identique → (quasiment) vérifié en susy !



- **Unification des 3 constantes de couplage** autour d'une énergie de 10^{16} GeV.

(argument esthétique, cf analogie avec l'unification des forces électromagnétique et faible à ~ 100 GeV)



- Le **neutralino** le plus léger ou le **gravitino** sont des candidats à la matière noire (si la symétrie dite de la R-parité est conservée)

L'agenda !

Présentations théoriques

Conséquences à basses énergie des réalisations du Seesaw (*Florian*)

Neutrinos massifs

Présentation du modèle GNMSSM (*Charles-Christophe*)

Quel modèle susy ?

Gravitino matière noire et nucléosynthèse primordiale (*Sean*)

Susy et matière noire

Recherche de nouvelle physique au LHC (ATLAS)

Le quark up de 4eme génération (*Pierre-Olivier*)

3 familles élémentaires ?

Recherche d'un boson de Higgs chargé (*Rémy*)

susy

Recherche de résonance de haute masse dans le canal dimuon (*Clément*)

extra-dim

Neutrons ultra froids

L'expérience GRANIT: mesure des états quantique du neutron dans le champ de pesanteur (*Guillaume*)

Et la gravité ?

La comagnétométrie mercure pour la mesure du moment électrique dipolaire du neutron (*Stéphanie*)

Moment dip. él. neutron
→ violation de CP ?



Bonne session ... !