

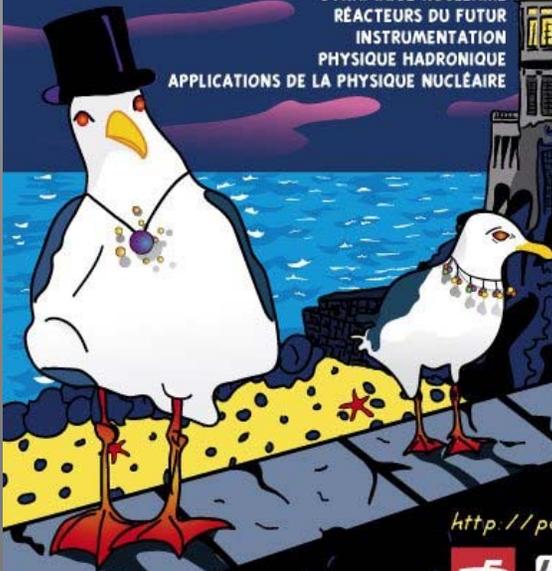
# JOURNÉES DE RENCONTRES JEUNES CHERCHEURS

"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>



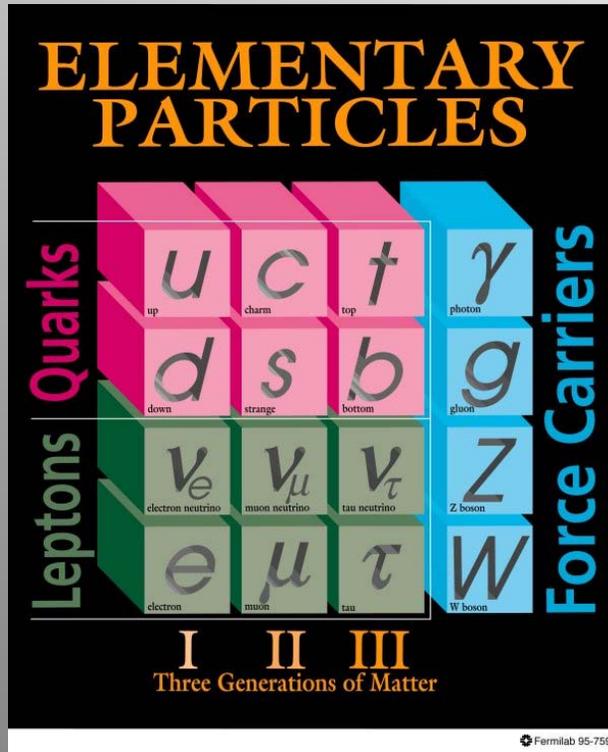
# Journées de Rencontre des Jeunes Chercheurs 2007

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 :

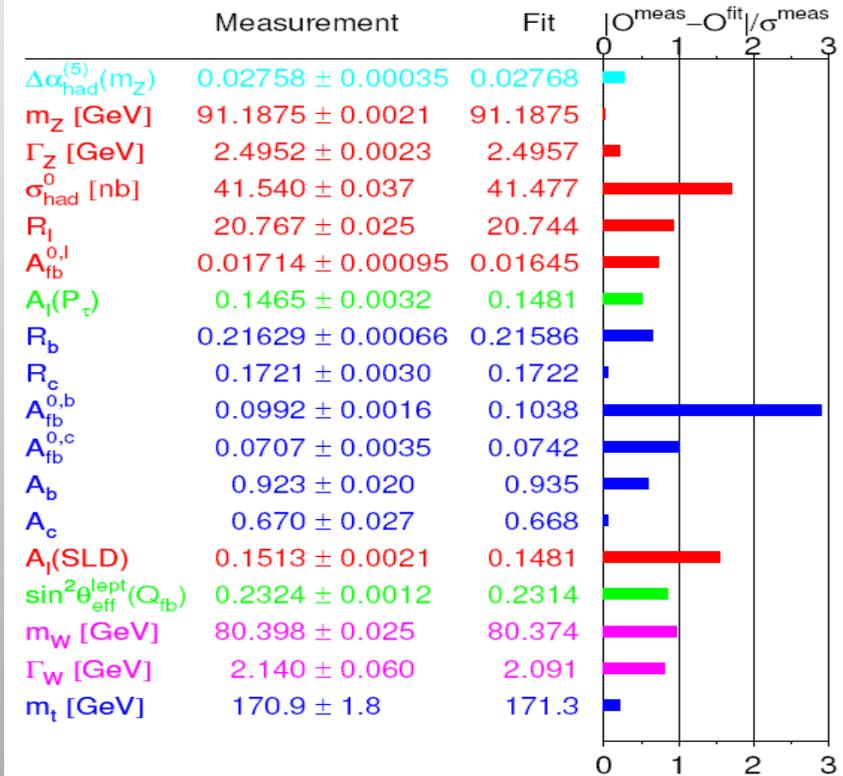
$$m(\text{top}) = 177 \pm 10 \text{ GeV}$$

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

Actuellement :

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

Été 2007



# Questions ouvertes du Modèle Standard

- La matière ordinaire est constituée des particules de la 1<sup>ère</sup> 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 :

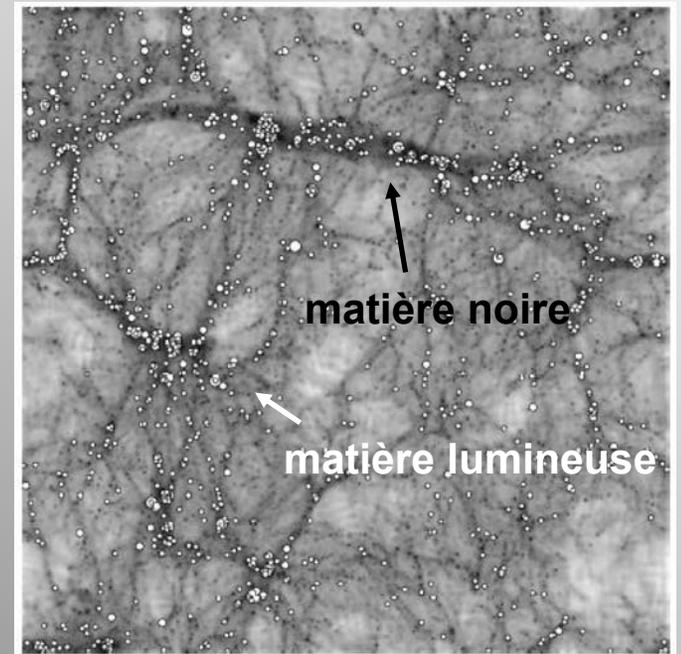
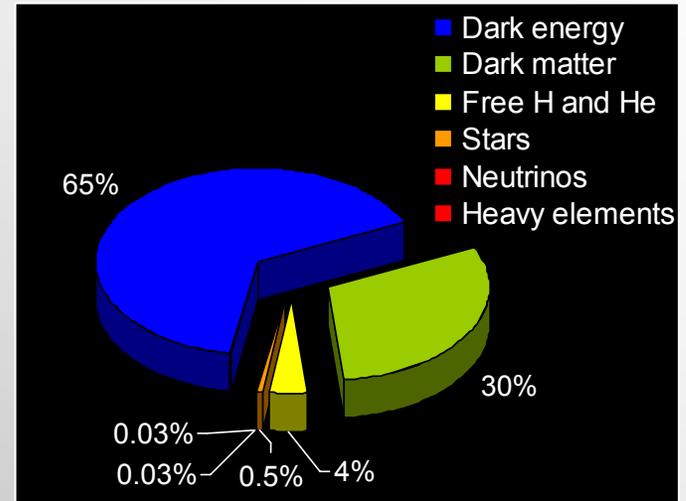
65 % d'énergie noire

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

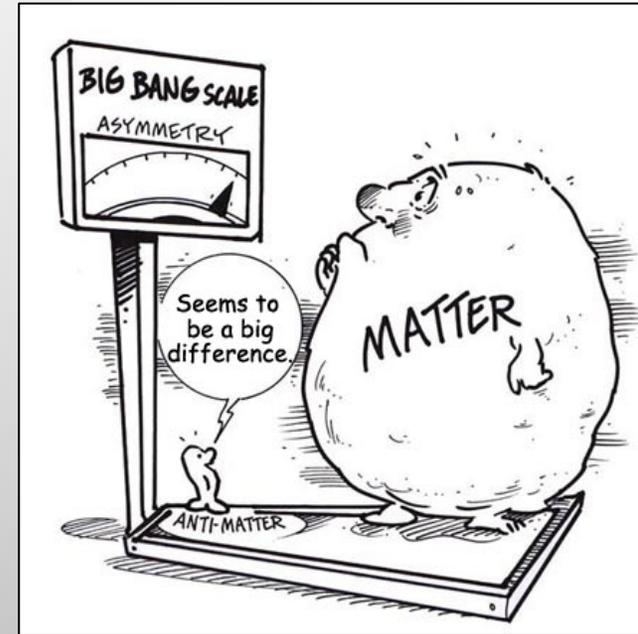
Distribution de galaxies  
300 M a.l. x 300 M a.l.  
Galics, Hatton et al. 2003



→ 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

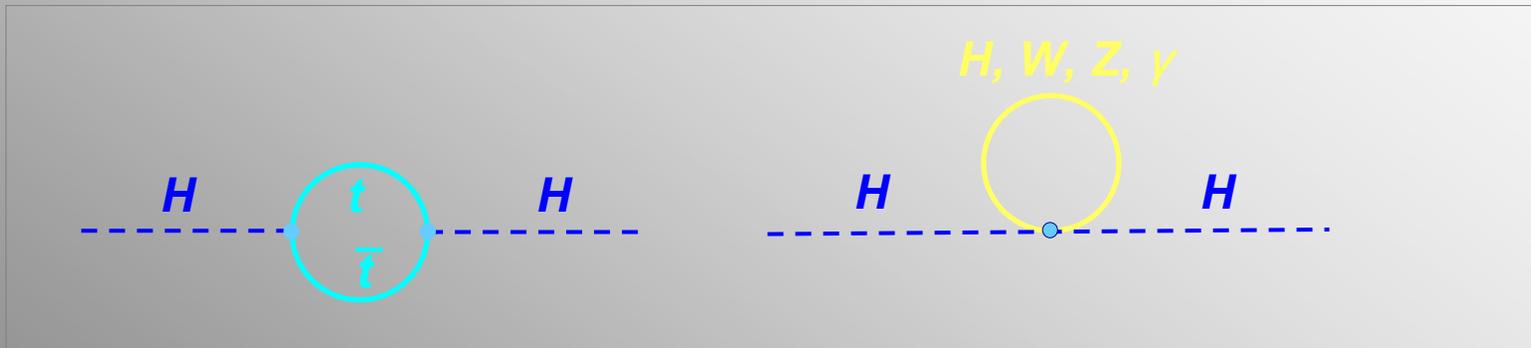
Mais ...

- (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 !



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

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

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

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

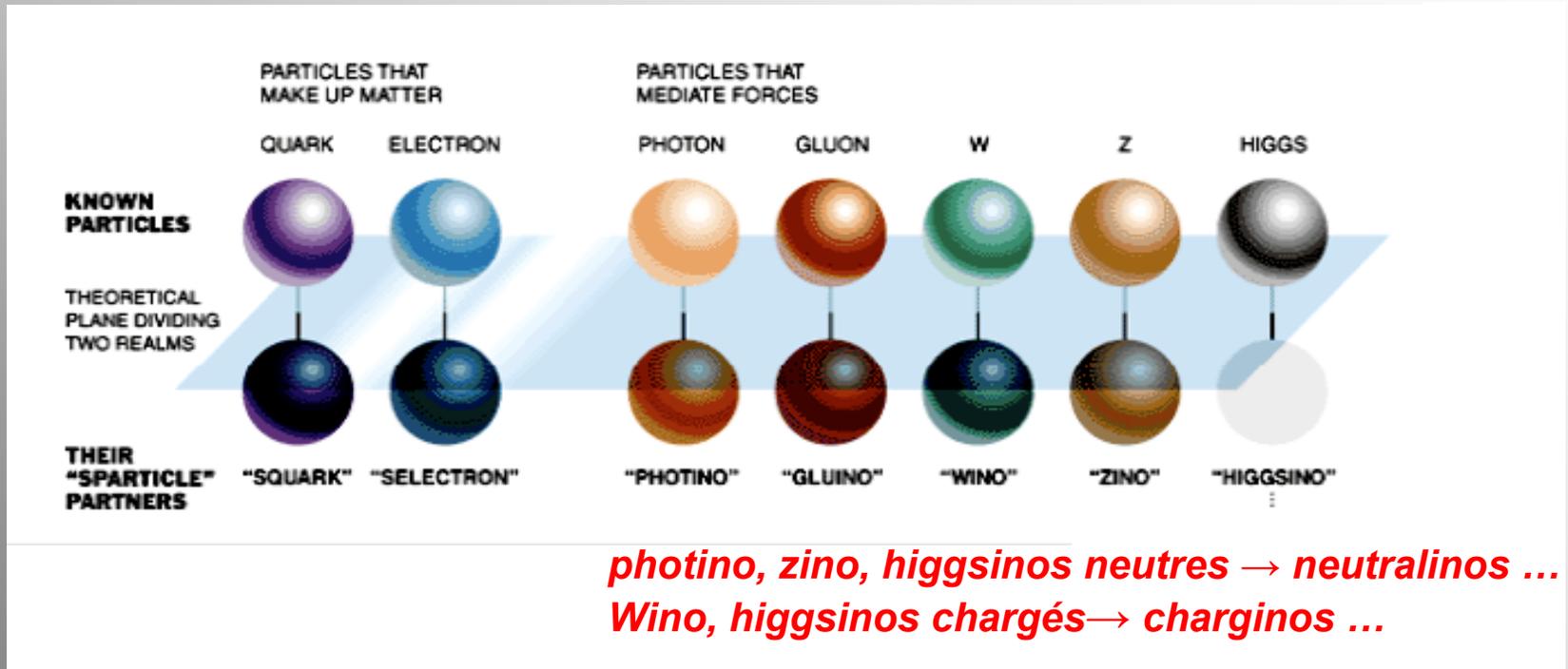
→ si  $m(\text{Higgs})$  est contrôlé par  $\Lambda_{cut-off}$ , pourquoi les échelles d'énergie de la brisure électro-faible et  $\Lambda_{cut-off}$  sont elles si différentes ?

Quelle extension au Modèle Standard ?

Exemple la supersymétrie ...

# La Supersymétrie ...

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



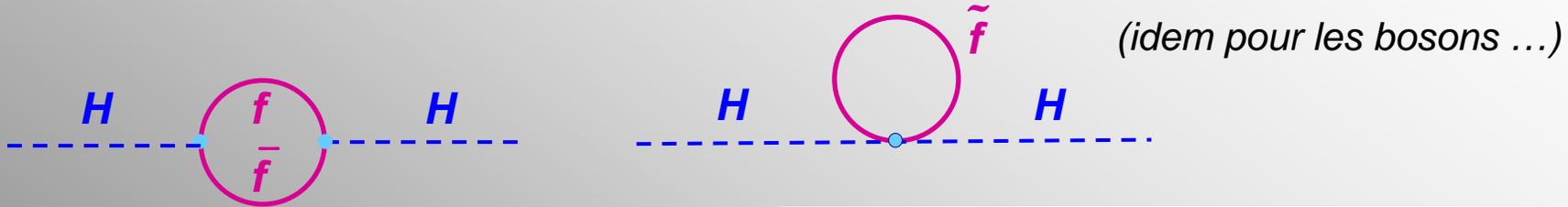
Le contenu en particules du Modèle Standard est doublé.  
Et **cinq bosons de Higgs** sont introduits :  $A$ ,  $H^+$ ,  $H^-$ ,  $h$ ,  $H$ .

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

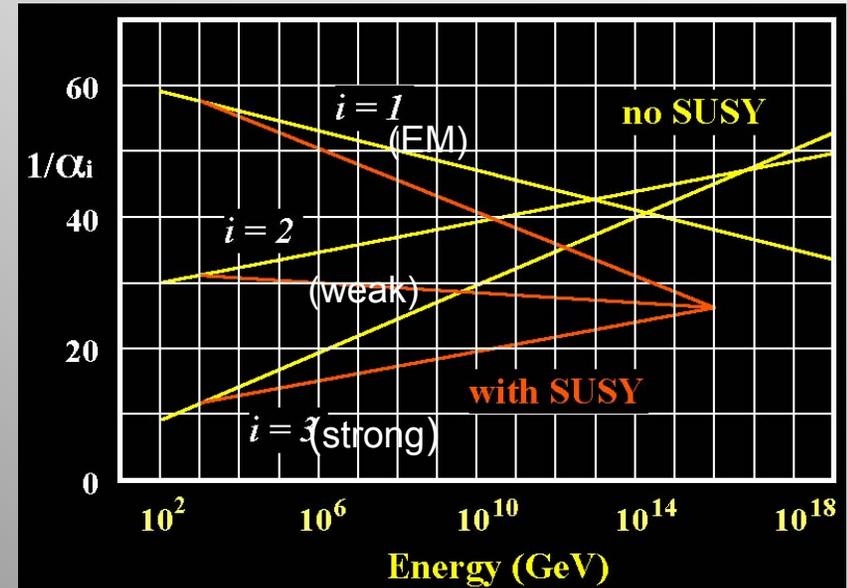
- **Stabilisation de la masse du boson de Higgs :**

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  $\sim 100$  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 ... !