



Unité des forces fondamentales et Symétries brisées...



Les ondes électromagnétiques – lumière, ondes radio ou TV, GSM, communications par satellite, se propagent à grande distance (nous recevons des photons des confins de l'Univers). C'est lié directement au fait que le photon n'a pas de masse.

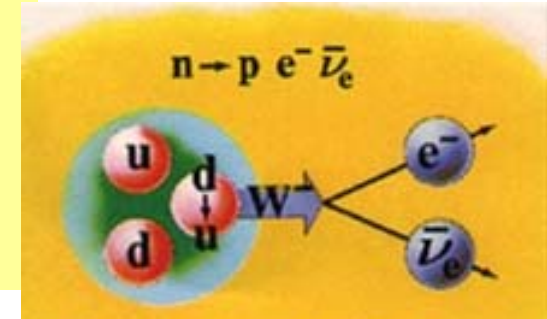
Les interactions fondamentales sont d'apparence très différentes, La plus connue, à part la pesanteur, est l'interaction électromagnétique, dont les vecteurs sont les photons.

Mais il existe d'autres forces fondamentales, comme l'interaction forte, responsable de la cohésion des noyaux, et l'interaction faible.



L'interaction faible intervient notamment dans les désintégrations radioactives et, de par sa portée très réduite (1 millionième de milliardième de millimètre) nous est bien moins connue.

Les particules intermédiaires W et Z y jouent un rôle équivalent à celui du photon.



Loin d'être sans masse, le boson W, l'analogue du photon possède une masse de l'ordre de 100 fois celle de l'atome d'hydrogène.

Désintégration du Neutron

L'approche théorique a toutefois montré que toutes ces forces sont directement apparentées, et trouvent leur origine dans une même théorie, et c'est l'un des grands succès de la physique moderne.

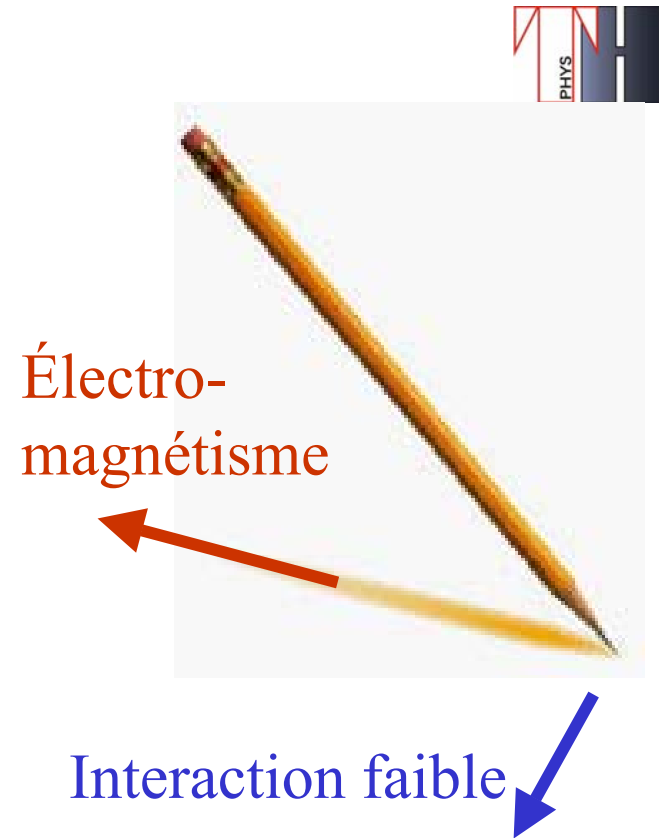


Ainsi, au début de l'Univers, n'y avait-il pas de différence entre interactions faibles, fortes et électromagnétiques...c'est ce que confirment les expériences menées à haute énergie, notamment au CERN. En outre, à cette époque initiale, tous les vecteurs d'interaction (photon, W,..) étaient sans masse .

La différence entre ces interactions est intervenue plus tard, par un mécanisme appelé brisure de symétrie, qui donne une masse aux vecteurs d'interaction W et Z, tout en épargnant le photon.

C'est ce mécanisme qui vaut aujourd'hui à Robert Brout, François Englert et Peter Higgs la reconnaissance internationale du prix Wolf, venant après le prix de la société européenne de physique

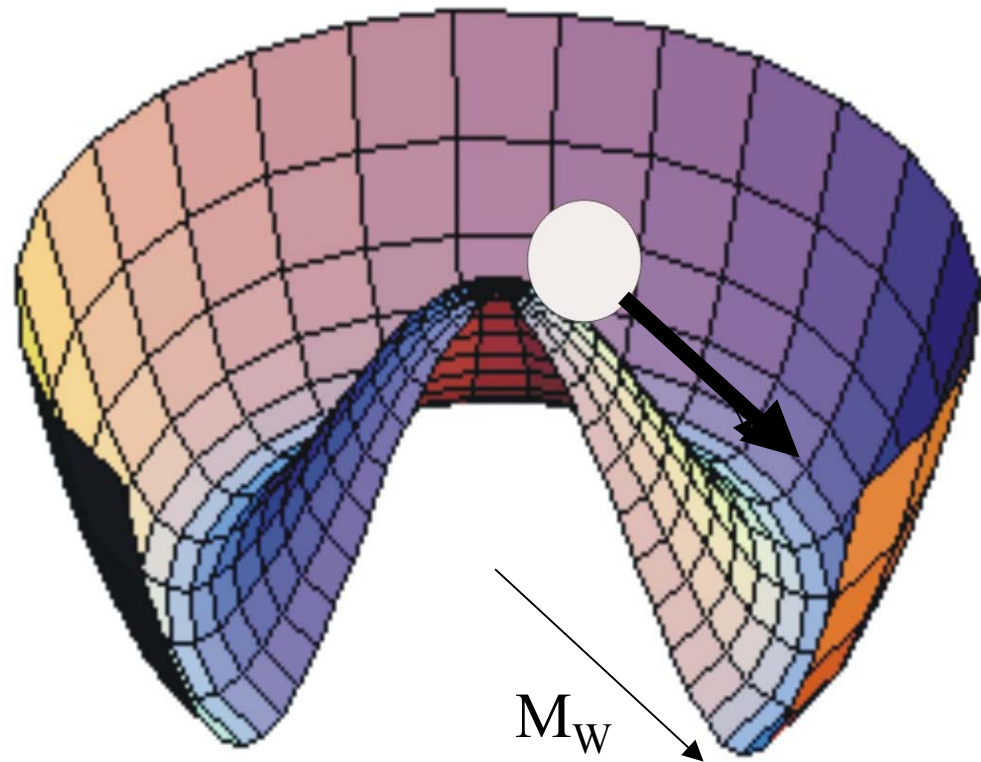
Une image simple d'une brisure spontanée de symétrie : un crayon sur sa pointe; il tombera, c'est sûr, mais toutes les directions de chute sont équivalentes. C'est la chute même (la brisure de symétrie) qui détermine par la suite une direction privilégiée,



Dans notre cas, les différentes orientations équivalentes correspondent aux différentes interactions (dites électrofaibles). La brisure de symétrie indique la direction privilégiée: l'électromagnétisme.

Une façon un peu plus détaillée: une bille sur un sombrero... ici aussi, elle tombera, ...Pour que le modèle soit cohérent, il faut que la bille reste à distance finie.

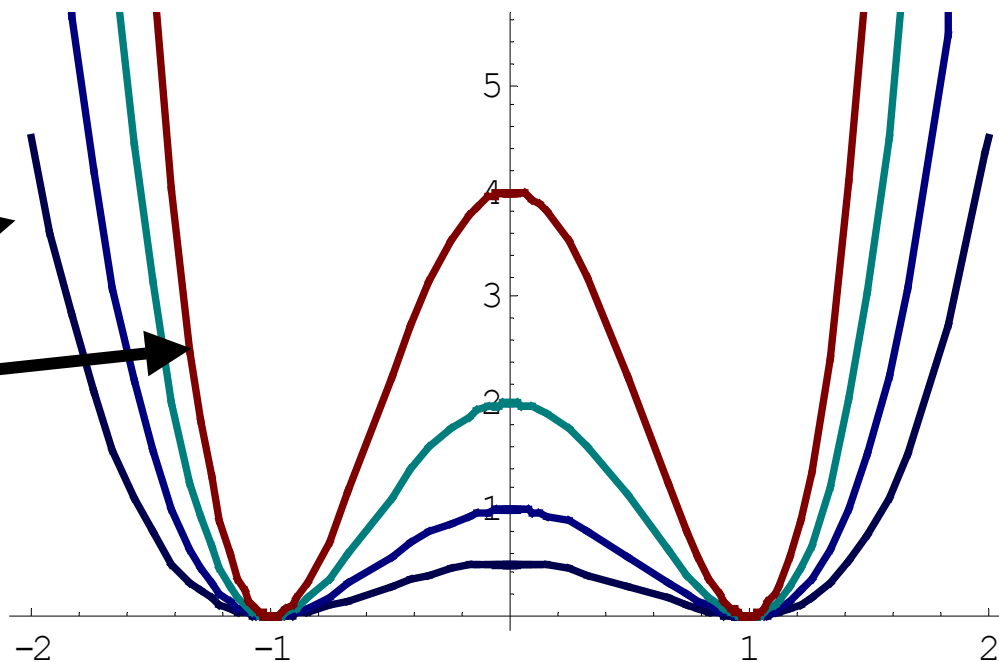
L'équivalent physique de cette distance a été mesuré avec grande précision, mais la forme détaillée du « sombrero » n'est pas connue.



Dans le cas présent, la courbure du chapeau correspond, dans la réalisation la plus simple du mécanisme, à la masse d'une particule nouvelle: **le boson scalaire (de Brout-Englert-Higgs)**

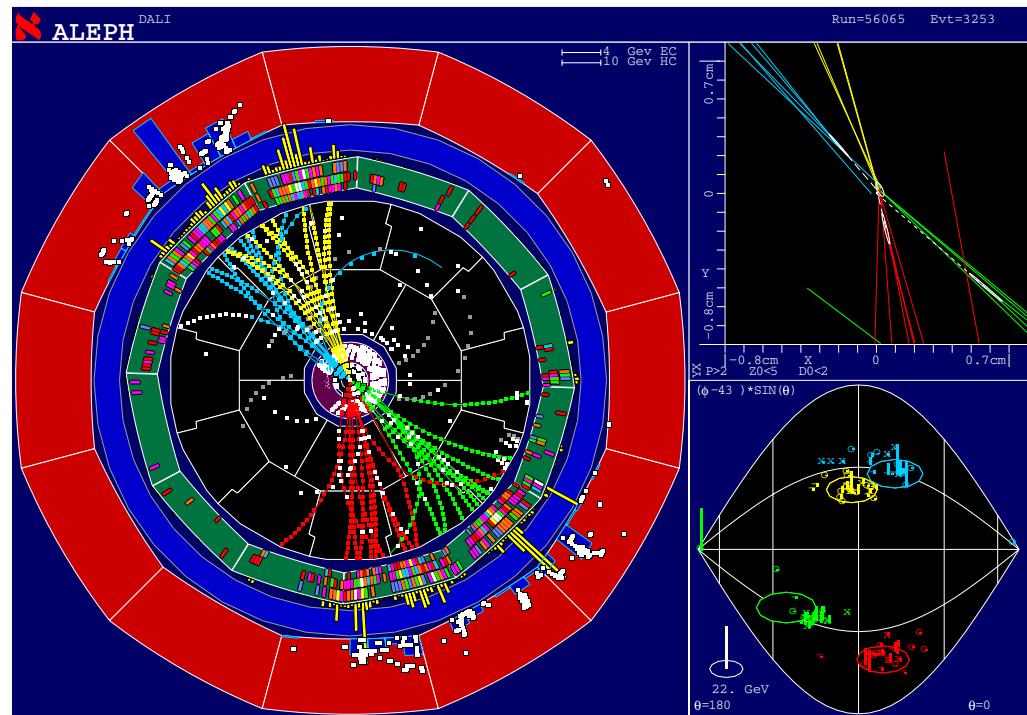


On s'attend à une masse comprise entre 100 et 1000 fois celle de l'atome d'hydrogène.



Et de cette masse, dépend sa production aux accélérateurs, et la date de sa découverte future!

Un espoir de découverte au LEP en 2000 n'a pu être confirmé (ni infirmé) suite à la fermeture de cet accélérateur, qui doit laisser la place au LHC, lequel devrait nous donner la réponse définitive.



Le « suspense » reste entier,

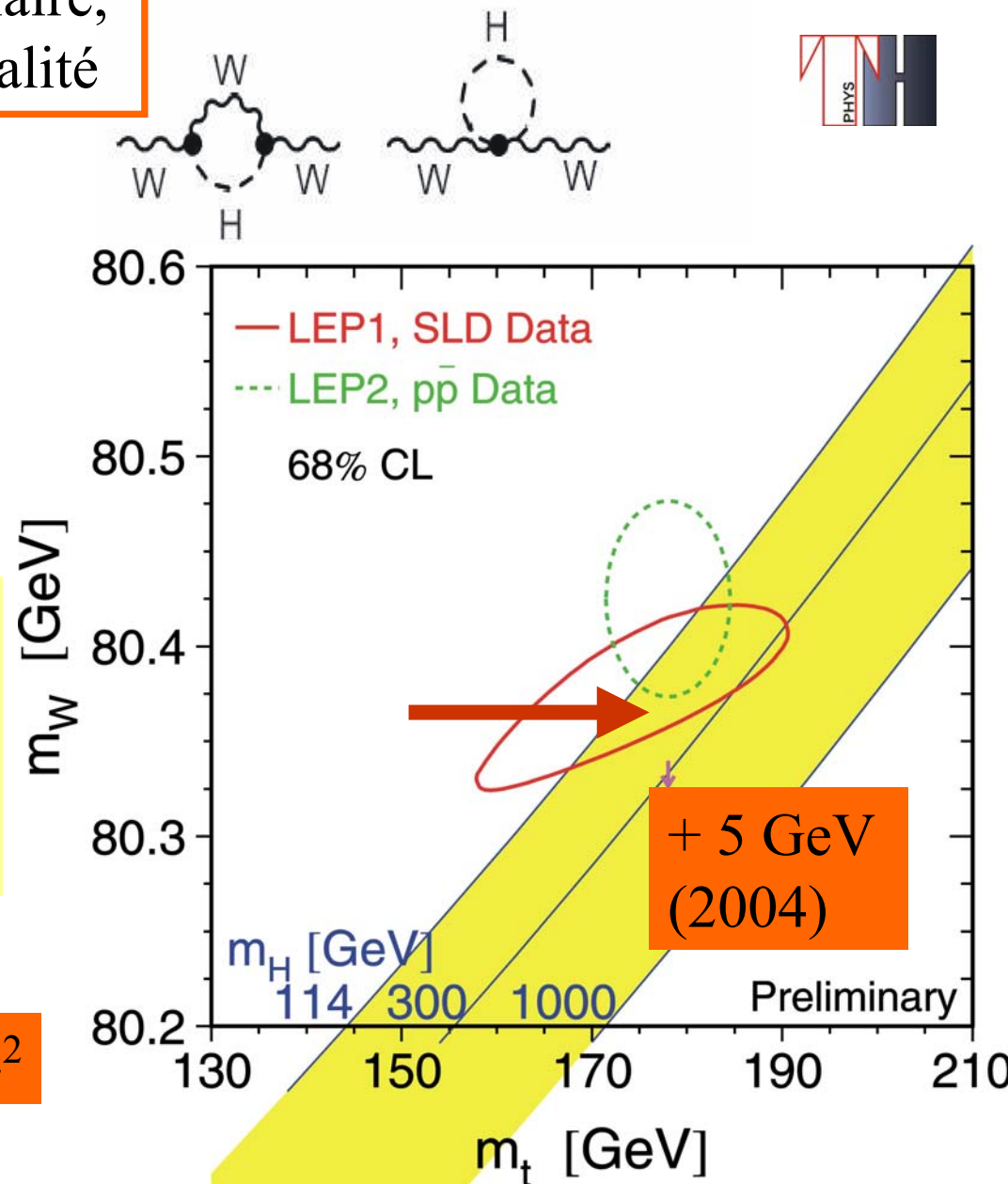
Candidat scalaire observé au LEP en 2000

Même sans avoir produit ce scalaire, nous pouvons cerner sa personnalité

M. Veltman a montré que des particules, même encore jamais observées, influençaient la masse des particules connues.

Une mesure précise de la masse du W et du quark « top » fournit des indications précieuses sur la masse de la particule recherchée (ici notée m_H)

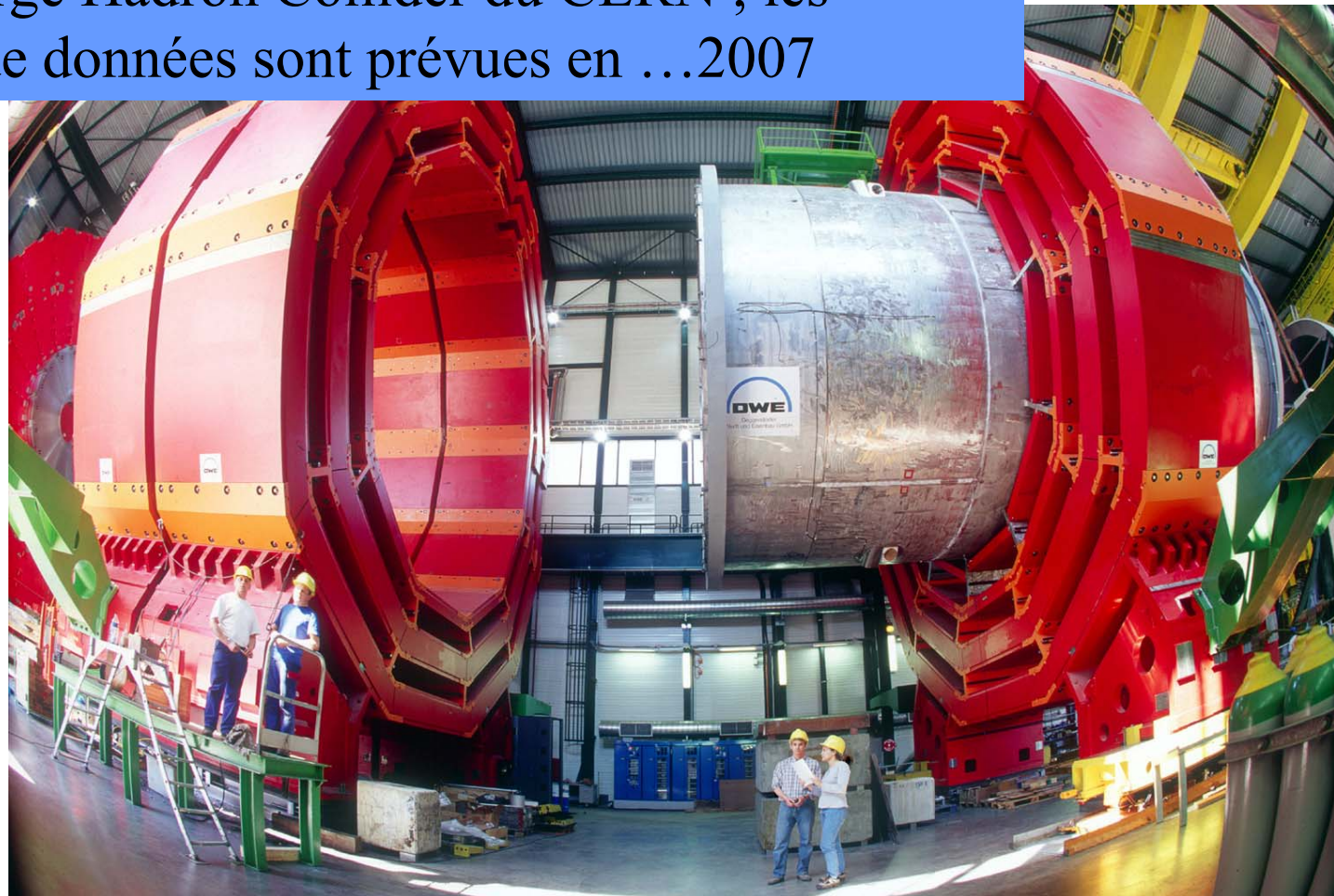
Limite actuelle : $< 251 \text{ GeV}/c^2$



Des mesures sont en cours au laboratoire Fermi (Chicago), mais la puissance de la machine est relativement faible.



De nombreuses équipes, dont les groupes expérimentaux belges, contribuent à la construction des énormes détecteurs qui opéreront au Large Hadron Collider du CERN ; les premières prises de données sont prévues en ...2007



Le détecteur CMS en construction au CERN



Quelques dates



1964 brisure spontanée de la symétrie

...1967 Modèle unifié des interactions
électromagnétiques et faibles,

1971 Cohérence mathématique

1973 Première confirmation expérimentale
(courants neutres)



L'un des premiers événements prouvant l'existence de courants neutres

Chambre à bulles Gargamelle, cliché mesuré à l'IIHE,
Un neutrino muonique (par le bas de l'image, sans trace visible réagit en collision élastique avec un électron atomique, qu'il projette vers le haut de l'image.

Quelques dates



1964 brisure spontanée de la symétrie

...1967 Modèle unifié des interactions électromagnétiques et faibles,

1971 Cohérence mathématique

1973 Première confirmation expérimentale (courants neutres)

1983 Découverte des bosons W et Z (CERN)

Nobel 1979 S. Weinberg
S. Glashow, A. Salam

Nobel 1984 C. Rubbia-
S. van der Meer

Nobel 1999 M. Veltman
G 't Hooft

Prix Wolf 2004 R. Brout, F. Englert, P. Higgs