

Relation entre les masses des particules du modèle standard et G, la constante de Fermi

Jean Pestieau¹

UCL-IRMP

14 mai 2013

À partir du point de vue de la matrice S (les observables sont sur leur couche de masse), nous proposons, utilisant les données² des collaborations CMS et ATLAS ainsi que la *Review of Particle Physics 2012*³, un modeste développement du modèle standard électrofaible. Il s'agit d'interpréter de manière nouvelle ce qu'est la valeur moyenne dans le vide du boson scalaire (Higgs) en partant de la relation phénoménologique suivante

$$m^2(W) + m^2(Z) + m^2(H) + m^2(t) + m^2(b) + m^2(c) + m^2(\tau) + \dots = v^2 \quad (1)$$

où v^2 est le carré de la valeur moyenne dans le vide du champ scalaire⁴ de Brout-Englert-Higgs (BEH) H, exprimée en terme de la constante de Fermi G.

$$v^2 = 1/[\sqrt{2}G] = (246.22 \text{ GeV})^2 \quad (2)$$

L'équation (1) est très bien satisfaite avec⁵

$$m(H) = 125.7 \pm 0.4 \text{ GeV}^6$$
$$m(t) = 173.52 \pm 0.88 \text{ GeV}$$

Dans le membre de gauche de l'équation (1), les bosons W,Z et H contribuent pour moitié et les fermions — avant tout le quark top — également pour moitié

L'inverse de la constante G (introduite par Fermi en 1933⁷) est donc proportionnel à la somme des carrés des masses de toutes les particules « fondamentales » : W, Z, H, gluons, graviton, leptons et quarks)

Les couplages des différentes particules « fondamentales », i , au H sont proportionnels à $m^2(i)/v^2$ ou à $m(i)/v$, et la somme des $m^2(i)/v^2$ est égale à 1. Cette règle de somme porte un autre regard sur v (introduit par Weinberg en 1967⁸) ou sur G. Le minimum du potentiel du H, v , est ainsi donné par l'équation (1). Précisons que G était une constante phénoménologique ad hoc de 1933 à 1967. En 1967, elle est devenue un paramètre dimensionnel fondamental de la physique électrofaible.

¹ Attaché à l'Inem, 68, rue de la Caserne, 1000 Bruxelles, www.marx.be.

² ATLAS and CMS Collaborations, « Birth of a Higgs Boson », cerncourier.com/cws/article/cern/53086, 26 avril 2013 ; ATLAS Collaboration, *Phys.Lett. B* (2012), [1207, 7214] ; CMS Collaboration, *Phys.Lett. B*(2012),[1207, 7235].

³ J. Beringer et al. (Particle Data Group), *Phys. Rev. D* 86, 010001, 2012R, <http://pdg.lbl.gov>.

⁴ F. Englert and R. Brout, *Phys. Rev. Lett.* **13**, 32, 1964 ; P.W. Higgs, *Phys.Lett.* **12**, 132, 1964) ; *Phys. Rev. Lett.* **13**, 508, 1964.

⁵ The Gfitter Group, <http://arxiv.org/pdf/1209.2716v2.pdf>, 25 septembre 2012.

⁶ Il est intéressant de se rappeler que début janvier 2012, J.Erler avait évalué, à partir des peu de données existant alors, que $m(h) = 124.5 \pm 0.8 \text{ GeV}$, arXiv:1201.0695 [hep-ph].

⁷ <http://microboone-docdb.fnal.gov/cgi-bin/RetrieveFile?docid=953;filename=FermiBetaDecay1934.pdf;version=1>

⁸ S. Weinberg, *Phys. Rev. Lett.* **19**, 1264 (1967)

À noter

1. que le potentiel du lagrangien du H (avant brisure)

$$V(\phi) = \lambda (\phi^* \phi - v^2/2)^2 \quad (3)$$

avec $m^2(H)/v^2 = \lambda/2$

et v^2 donné par l'équation (1)

2. les relations⁹ entre les bosons du modèle standard.

$$m(Z) = e.m(H)/(\sin \theta.\cos \theta) \quad (4)$$

$$\cos \theta = m(W)/m(Z)$$

avec

$$\alpha = e^2/(4\pi) = 1/137.0359991$$

On obtient de l'équation (4)

$$m(H) = 125.4 \text{ GeV}$$

Conclusion

Il est bon de faire un parallèle avec la relativité générale.

La relativité générale est fondée sur des bases fondamentalement différentes de celles de la gravitation de Newton. Elle affirme que la gravitation n'est pas la manifestation d'un champ de force, mais la manifestation de la courbure de l'espace-temps, courbure elle-même produite par la distribution de l'énergie/masse.

Alors que le modèle électrofaible de Glashow de 1961¹⁰ introduit les masses des particules « fondamentales » à la main comme dans la mécanique de Newton, le modèle électrofaible de Weinberg en 1967 fait surgir les masses des particules « fondamentales » de l'interaction avec un champ scalaire, le champ de Brout-Englert-Higgs qui a une valeur moyenne non nulle dans le vide. C'est cette valeur moyenne non nulle, v , qui structure le vide électrofaible. L'équation (1) propose que v est en retour « produit » par l'ensemble des masses des particules « fondamentales », dont la masse de chacune est plus petite que v . C'est ce « bootstrap¹¹ » entre v et les masses des particules « fondamentales » qui est, en quelque sorte, parallèle à la dialectique entre courbure de l'espace-temps et l'énergie/masse en relativité générale.

Une fois l'équation (1) admise, le secteur « pur » du boson de Higgs — équation (3) — n'est plus indépendant des autres secteurs (vecteurs bosons et fermions) du lagrangien électrofaible.

⁹ Voir les équations (11) et (21) qui relient les masses du W, Z et H dans <http://www.d-meeus.be/physique/bosonGSWmodel.pdf>.

¹⁰ S.L. Glashow, *Nucl. Phys.*, **22**, 579 (1961), avec l'amélioration apportée par J.Pestieau et P.Roy, *Phys. Rev. Lett.*, **23**, 349, 1969, <http://www.d-meeus.be/physique/lepton-sym.pdf>; voir également : <http://www.d-meeus.be/physique/Pestieau-Roy.pdf>.

¹¹ Bootstrap model (cfr. G. Chew in the 1960's) means that every particle consists of all other particles. It must not be imagined, however, that each of them contains all the others in a classical, static sense. Particles are not separate entities but interrelated energy patterns in an ongoing dynamic process. These patterns do not 'contain' one another but rather 'involve' one another in a way that can be given a precise mathematical meaning. (<http://answers.yahoo.com/question/index?qid=20090904130835AAgT34h>).