

UNIVERSITE DES FRERES MENTOURI- CONSTANTINE 1
FACULTE DES SCIENCES EXACTES
DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

Physique du LHC et extensions du modèle standard

Résumé Etendu du Thèse de doctorat

Présenté Par

Taibi Hamza

Bien qu'il réussisse très bien à décrire une grande variété de phénomènes physiques au niveau subatomique, le modèle standard (MS) ne parvient pas à expliquer la matière noire, l'énergie noire et l'asymétrie du baryon dans l'univers. De plus, le MS souffre d'incohérences théoriques comme le problème de réglage fin provenant de la grande différence entre l'échelle de la plank et l'échelle électrofaible. Ces lacunes du modèle ont provoqué la recherche d'une nouvelle physique au cours des 50 dernières années. Des modèles basés sur de nouvelles symétries, qui apparaissent à haute energies, ou de nouveaux degrés de liberté, comme la supersymétrie, les dimensions supplémentaire, ont été explorées. Bien qu'il n'existe pas jusqu'aujourd'hui des preuves expérimentales qui valide ces modèles, ils ont, néanmoins, fourni des solutions à certains problèmes théoriques comme le problème de la hiérarchie des physique des particules. Dans notre travail, nous nous concentrons sur deux modèle au delà du modèle standard, le modèle unparticle et le modèle symétrique gauche droite. Unparticles, tel que proposé par Georgi en 2007, est la manifestation à basse énergie d'un secteur invariant d'échelle (champs bank-zaks (BZ)) interagissant avec des particules du MS à haute énergie via l'échange d'une particule messenger de masse M_U . À cause des effets de renormalisation, le secteur BZ perd sa symétrie d'échelle mais pour certaines valeurs de l'espace des paramètres des champs BZ, la constante de couplage atteint un point fixe aux basses énergies (Λ_U), point pour lequel la fonction bêta s'annule et la symétrie conforme est récupérée. Les champs invariants d'échelle correspondants sont appelés unparticle en raison de la forme non

habituelle de leur espace de phase qui ressemble à celui d'un nombre non entier des particules sans masse. Les unparticles peuvent se coupler aux particules MS de manière très intéressante. Ils peuvent se coupler sous forme de scalaires, de vecteurs, de tenseurs ou de spineurs. Jusqu'à présent, il n'y a aucune preuve directe de l'existence des unparticles. Cela suggère que la symétrie conforme doit être brisée à un échelle de basse énergie $\Lambda_{\mathcal{U}}$ en dessous de laquelle les unparticles se comportent comme un secteur de particules ordinaires. La brisure de symétrie peut être mise en œuvre via des interactions avec les champs de higgs, ce qui est une interaction pertinente (elle devient d'autant plus importante que l'énergie diminue). L'interaction produit un tadpol, qui a une dimension de masse non nul, dans le secteur unparticles, brisant ainsi l'invariance d'échelle. Les unparticle telle que définies par Georgi ne respectent pas l'invariance de jauge, ce qui signifie qu'elles ne portent pas de nombres quantiques comme la charge de couleur ou les nombres quantiques électrofaibles. Dans notre travail, nous avons construit un modèle unparticle invariant de gauge chargé sous le groupe électrofaible $SU(2)_L \times U(1)_Y$. Ensuite, nous avons calculés son contribution aux observables électrofaibles représentées par les paramètres obliques S et T . Nous avons ensuite utilisé les données de précision electro faibles qui provient des expériences LEP et Tevatron pour contraindre l'espace des paramètres unparticle qui consistent principalement en la dimension d'échelle $d_{\mathcal{U}}$ et l'échelle de brisure de symmetrie conforme (CBS) m . Pour les unfermions, nous avons trouvé que les valeurs de m supérieures à 200 Gev sont complètement exclues par l'expérience. En même temps, les valeurs inférieures à 100 Gev ne sont pas valides. Nous avons donc trouvé une limite inférieure à la taille de la fenêtre conforme (la gamme d'énergies pour laquelle unparticle existent comme particle reels). Une analyse similaire a été effectuée pour les unparticles scalaires et dans ce cas nous avons trouvé que la dimension d'échelle doit être supérieure à $d = 1.6$. Le CBS m doit être inférieur à 350 Gev pour être compatible avec l'expérience. Ces résultats impliquent que les effets des unparticles doivent être détectables dans la gamme d'énergie $m \leq 200 \text{ Gev} \leq E \leq \Lambda_{\mathcal{U}}$ pour les unfermion et $m \leq 350 \text{ Gev} \leq E \leq \Lambda_{\mathcal{U}}$ pour les unparticles scalaires. Dans cette thèse, nous avons aussi calculés la contribution des unparticles scalaires virtuelles chargées à l'évolution des couplages de jauge des MS, et nous avons recherchés les valeurs des paramètres des unparticles qui permettent d'atteindre l'unification entre les trois forces fondamentales aux hautes énergies. Il faut noter que des travaux similaires ont été effectués pour les unparticle scalaire, mais dans ces traveaux, les unparticle portent juste la charge de couleur $SU(3)_C$, et reste singlet sous le groupe électrofaible. Dans notre travail, nous avons considéré des unpartcules scalaire chargée sous les trois groupes de jauge. Nous avons trouvés que l'unification peut

être atteinte pour un certain nombre de saveurs des unparticles $n_s = 9$ et qui possèdent une dimension d'échelle $d = 1.5$. Dans le dernier chapitre de cette thèse, nous résumons notre calcul du moment magnétique anomal du muon (MMA) dans le modèle symétrique gauche-droite (MSGD). L'étude du MMA représente un test très sensible du MS au niveau de la boucle et permet l'investigation du physique au de la du MS. Le moment magnétique est défini comme $\mu = g(e/2m)s$, où g est le rapport gyromagnétique. La déviation du moment magnétique par rapport à la valeur de la particule ponctuelle de Dirac ($g = 2$) est induite par les interactions des leptons avec des particules virtuelles qui se couplent au champ électromagnétique. Alors que l'anomalie électronique fournit la mesure la plus précise de la constante de structure fine, l'anomalie du muon est plus sensible aux bosons de jauge virtuels. Dans notre travail, nous utilisons le MSGD pour essayer de trouver une interprétation à l'anomalie. Le MSGD est une extension du SM introduit par Pati, Salam et Mohapatra qui a suggéré d'utiliser le groupe de symétrie chirale $SU(2)_L \times SU(2)_R$ pour implémenter la symétrie de parité à haute énergie, au-dessus de l'échelle électrofaible, et d'utiliser le mécanisme de brisure spontanée de la symétrie pour expliquer la non conservation de la parité à basse énergies. Dans ce modèle, la brisure de symétrie se déroule en deux étapes. Dans la première étape, un triplet scalaire droitier Δ_R est utilisé pour briser la symétrie gauche droite au symétrie du MS. Dans la deuxième étape, un bidoublet scalaire Φ est utilisé pour briser la symétrie électrofaible du MS au symétrie électromagnétique. Dans cet processus, des masses sont générées pour les bosons de jauge et les Higgs associés aux groupes de jauge et le sector Higgs du modèle. Enfin, nous avons deux bosons de jauge faible supplémentaires chargés W_R^\pm et un boson de jauge neutre supplémentaire Z_R , deux bosons de Higgs chargés $H_{1,2}^-$, deux higgs doublement chargés $H_{1,2}^{--}$ et deux scalaires neutres $H_{1,2}^0$ et deux pseudo scalaires neutres $\varphi_{1,2}^0$. En utilisant les bosons de jauge supplémentaires et le secteur de Higgs étendu du modèle, nous avons essayé d'expliquer la disparité entre la prédiction du MS pour l'anomalie du muon, calculée jusqu'à l'ordre de la quatrième boucle, a_μ et les résultats expérimentaux accumulés au cours du temps. Il est important de noter que l'écart entre la théorie et l'expérience a été davantage confirmé par l'expérience muon $g - 2$ menée à Fermi Leb en 2021. Notre calcul a réussi à réduire la différence de $\Delta a_\mu = (26.1 \pm 8) \times 10^{-10}$ à $\Delta a_\mu = (25.7 \pm 8) \times 10^{-10}$ ce qui est significatif mais pas suffisant pour résoudre le problème du muon $g - 2$. Nous devons explorer d'autres théories telles que le modèle standard supersymétrique gauche droite (MSSGD).

Mots-clés: unparticles, modèle de jauge, paramètres obliques, symétrie droite gauche, anomalie du muon