

Approches cosmologiques au problème de la hiérarchie électrofaible

Projet de stage M2 en physique théorique au-delà du modèle standard

Dans le modèle standard de la physique des particules élémentaires, l'échelle de la brisure de la symétrie électrofaible est très sensible aux corrections quantiques apportées par toute nouvelle physique dans l'ultraviolet. On s'attendait longtemps que la solution de ce "problème de la hiérarchie" serait fourni par une nouvelle symétrie à une échelle d'énergie accessible par le collisionneur LHC, par exemple par une extension de la symétrie de l'espace-temps (comme la supersymétrie) ou bien des symétries internes du modèle standard (comme dans les modèles du boson de Higgs composé). Si cette symétrie était réalisée proche de l'échelle électrofaible, elle pourrait effectivement protéger cette dernière des effets de la physique aux distances courtes, venant par exemple de la grande unification ou de la gravité quantique. Mais les modèles qui résolvent le problème de la hiérarchie par des nouvelles symétries prédisent toujours des nouvelles particules au-delà du modèle standard avec des masses autour de l'échelle TeV, et aucune nouvelle particule ni des indications convaincantes pour son existence ont été trouvées pendant la première phase d'opérations du LHC. Maintenant les solutions du problème de la hiérarchie à l'échelle du TeV sont très contraintes.

Pour ce projet de stage M2 on va alors supposer que l'échelle électrofaible n'est pas déterminée par une nouvelle symétrie mais plutôt par la dynamique cosmologique. On va étudier des propositions récentes pour réaliser ce scénario en couplant le boson de Higgs du modèle standard à des nouveaux champs dont la valeur de fond évolue avec l'évolution de l'univers. Il pourrait s'agir, par exemple, d'un champ scalaire très léger avec un potentiel quasi-périodique [1], d'une forme différentielle de rang 3 avec un flux quantifié [2] ou d'un champ scalaire avec une masse légèrement tachyonique [3]. Le but du stage sera de mieux comprendre cette classe de modèles et d'éventuellement trouver des nouveaux exemples, pour ensuite étudier la phénoménologie et les contraintes expérimentales. Selon les préférences du stagiaire, on pourra se concentrer plutôt sur les aspects phénoménologiques ou plutôt sur les aspects théoriques.

Le/la candidat/e apportera un fort intérêt pour la physique fondamentale, des très bonnes capacités analytiques et des bonnes connaissances en physique théorique et en mathématiques. En particulier, des connaissances en théorie quantique des champs, physique des particules, relativité générale et cosmologie seront souhaitables.

La durée du stage sera de trois mois (éventuellement adaptable si nécessaire). Il se déroulera au Laboratoire Univers et Particules de Montpellier au sein de l'équipe IFAC (Interactions Fondamentales, Astroparticules et Cosmologie). Pour des questions et clarifications, n'hésitez pas de contacter Felix Brümmer (felix.bruegger@umontpellier.fr).

References:

- [1] P. W. Graham, D. E. Kaplan and S. Rajendran, “Cosmological Relaxation of the Electroweak Scale,” *Phys.Rev.Lett.* 115 (2015) 22, 221801, arXiv:1504.07551.
- [2] G. Dvali and A. Vilenkin, “Cosmic attractors and gauge hierarchy,” *Phys. Rev. D* **70** (2004), 063501, arXiv:hep-th/0304043; G. Giudice, A. Kehagias and A. Riotto, “The Selfish Higgs,” *JHEP* **10** (2019), 199, arXiv:1907.05370 [hep-ph]; N. Kaloper and A. Westphal, “A Goldilocks Higgs,” arXiv:1907.05837.
- [3] C. Cheung and P. Saraswat, “Mass Hierarchy and Vacuum Energy,” arXiv:1811.12390; A. Strumia and D. Teresi, “Relaxing the Higgs mass and its vacuum energy by living at the top of the potential,” *Phys. Rev. D* **101** (2020) no.11, 115002, arXiv:2002.02463.