

Recherche de nouvelle physique dans les désintégrations des mésons D^0

Robert MARIA, Isabelle Ripp-Baudot

Université de Strasbourg, IPHC, 23 rue de Loess, 67200 Strasbourg
robert.maria@iphc.cnrs.fr

L'expérience Belle II enregistrera dès 2018 les données du collisionneur e^+e^- SuperKEKB au Japon. Il s'agit d'une collaboration de près de 600 physiciens issus de 23 pays qui espèrent mettre en évidence des manifestations quantiques de particules au-delà du Modèle standard (MS) de la physique des particules. Cette expérience s'inscrit dans la continuité des expériences Belle et Babar qui ont joué un rôle important dans l'attribution du Prix Nobel de physique en 2008. En effet, leurs mesures ont permis de vérifier très précisément le mécanisme de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) suivant lequel la violation de CP est décrite dans le Modèle Standard par une unique phase des éléments de cette matrice.

Actuellement, malgré l'immense succès du MS, certaines observations expérimentales restent inexplicables. C'est notamment le cas de la disparition de l'anti-matière dans l'univers, qui implique l'existence d'une source additionnelle de violation de CP au-delà du MS.

La mesure de l'angle β_c du triangle unitaire c-u de la matrice CKM, grâce à l'étude des désintégrations des mésons charmés, est un référentiel intéressant pour rechercher une phase additionnelle de violation de CP et des manifestations de nouvelle physique. Jusqu'à présent, ce triangle unitaire n'a pas pu être étudié expérimentalement, car il est quasiment plat, et le MS prédit des effets très faibles de violation de CP dans le secteur du charme, de l'ordre de 10^{-3} seulement. Avec une mesure expérimentale en désaccord avec la prédiction théorique, la présence d'une physique au-delà du MS s'imposerait.

L'angle β_c peut être mesuré avec les données de l'expérience Belle II grâce à la mesure de l'asymétrie en fonction du temps des taux de désintégration des mésons D^0 et \bar{D}^0 vers des états finaux f_{CP} , états propres de CP et communs aux D^0 et \bar{D}^0 , qui s'exprime ainsi :

$$A(\lambda_f, t, \Delta M, \Delta \Gamma) = \frac{\Gamma(\bar{D}^0(t) \rightarrow f_{CP}) - \Gamma(D^0 \rightarrow f_{CP})}{\Gamma(\bar{D}^0(t) \rightarrow f_{CP}) + \Gamma(D^0 \rightarrow f_{CP})}$$
$$= 2 \cdot D \cdot e^{\frac{\Delta \Gamma \cdot t}{2}} \cdot \frac{(|\lambda_f|^2 - 1) \cos(\Delta M \cdot t) + 2 \operatorname{Im}(\lambda_f) \sin(\Delta M \cdot t)}{(1 + |\lambda_f|^2) h_+ + 2 h_- \operatorname{Re}(\lambda_f)}$$

Où D est un facteur de dilution qui quantifie la possibilité de se tromper sur la saveur du D^0 , $h_{\pm} = 1 \pm e^{\Delta \Gamma t}$, ΔM et $\Delta \Gamma$ décrivent les différences entre les masses et les largeurs des états propres physiques du système $D^0 - \bar{D}^0$. Enfin le paramètre décrivant la violation de CP est le suivant :

$$\lambda_f = \frac{q}{p} \cdot \frac{\bar{A}}{A}$$

Où q et p sont les paramètres définissant le mélange et A et \bar{A} sont les amplitudes pour D^0 ou \bar{D}^0 qui se désintègrent vers un état final f_{CP} . Si $|q|^2 \neq |p|^2$, la violation de CP s'effectue pendant le mélange entre D^0 et \bar{D}^0 , et si $|\bar{A}|^2 \neq |A|^2$, la violation de CP s'effectue directement durant la désintégration du méson. La mesure des parties réelles et imaginaires de λ_f met en évidence la combinaison de ces deux effets.

Pour déterminer l'angle β_c du triangle unitaire c-u de la matrice CKM, cette asymétrie en fonction du temps peut être mesurée avec deux états finaux différents, $D^0 \rightarrow K^+ K^-$ et $D^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$, pour lesquels respectivement $\arg(\lambda_f) = \varphi_{mix}$ et $\arg(\lambda_f) = \varphi_{mix} + 2\beta_c$.

Dans notre exposé, la première partie sera dédiée à une introduction aux mesures des effets de la violation de CP dans les désintégrations des mésons, puis nous nous concentrerons sur le secteur des mésons D^0 et présenterons un état des lieux des mesures expérimentales déjà effectuées. Dans une deuxième partie, nous présenterons une étude prospective estimant la sensibilité à l'angle β_c que permettront d'atteindre les données de l'expérience Belle II et discuterons les principales limitations et les possibilités d'amélioration.