

(formés d'un quark d et d'un antiquark $\bar{b}$). On parle d'oscillations $K^0 \leftrightarrow \bar{K}^0$ et $B^0 \leftrightarrow \bar{B}^0$.

De façon plus générale, on représente mathématiquement le mélange de saveurs sous la forme d'une matrice, un tableau de 3×3 nombres *a priori* complexes. Notée V_{CKM} , sa fonction est de faire passer les représentants mathématiques des quarks dans l'espace des états quantiques de masse à l'espace des états quantiques

faible, le premier élément de la troisième colonne de la matrice V_{CKM} noté V_{ub} est mis en jeu. Si au lieu de considérer le cas des particules, on se penche sur les antiparticules, la transition de l'antiquark $\bar{b}$ vers un antiquark $\bar{u}$ met en jeu l'élément complexe conjugué V_{ub}^* . Comme l'élément V_{ub}^* est différent de V_{ub} (puisque qu'il s'agit d'un nombre complexe), la transformation $\bar{b} \rightarrow \bar{u}$ aura des caractéristiques différentes.

Les choses sont en fait un peu plus compliquées, cette différence ne se manifestant dans les résultats que si le processus mettant en jeu la transition $b \rightarrow u$ peut se produire de deux façons différentes (voir l'encadré page 69). C'est pourquoi on peut par exemple étudier les désintégrations du méson $B^- (b\bar{u}) \rightarrow K^- + \pi^0$ et celle du méson $B^+ (\bar{b}u) \rightarrow K^+ + \pi^0$. La comparaison des probabilités de ces désintégrations permet de déterminer la troisième colonne de la matrice V_{CKM} et d'évaluer l'accord entre le modèle standard et les mesures expérimentales.

De nombreux tests similaires à celui décrit ci-dessus ont été réalisés de façon extrêmement détaillée par deux équipes internationales au cours des dix dernières années. L'expérience BELLE a été réalisée à l'Accélérateur des hautes énergies de Tsukuba (K2K), au Japon, tandis que BABAR l'a été aux États-Unis à l'Accélérateur linéaire de Stanford (le SLAC). Afin de mesurer la violation de la symétrie CP, environ deux milliards de mésons B ont été produits, puis des désintégrations très rares (pour certaines, les mésons B avaient moins d'une chance sur un million de se désintégrer de cette façon) ont été étudiées.

Un seul paramètre décrit la violation

La violation de la symétrie CP dans le système des mésons B a ainsi été clairement mise en évidence, avec des taux de violation parfois supérieurs à dix pour cent dans certaines désintégrations. Par ailleurs, l'ensemble des résultats montre que l'ajustement des quatre paramètres de la matrice V_{CKM} suffit à rendre compte de façon satisfaisante des résultats expérimentaux. En d'autres termes, le modèle standard, une fois de plus, triomphe.

Ainsi, il semble bien que dans le cadre du modèle standard, un seul paramètre – la partie imaginaire d'un élément de la matrice V_{CKM} – rende compte de la viola-

de saveur. V_{CKM} doit satisfaire à une condition dite d'unitarité, qui traduit le fait que l'on se cantonne aux transitions entre quarks à l'intérieur des trois familles connues du modèle standard. Cela limite le nombre de ses paramètres indépendants, de sorte que les 18 paramètres réels de la matrice V_{CKM} se réduisent à quatre paramètres inconnus seulement.

La matrice V_{CKM} porte le nom de matrice de Cabbibo-Kobayashi-Maskawa en l'honneur de N. Cabibbo et des physiciens Makoto Kobayashi et Toshihide Maskawa qui, en 1973, ont proposé une explication de la violation de la symétrie CP dans le cadre de la théorie de l'interaction faible. Ils ont montré que la violation de CP équivaut à la présence d'un coefficient complexe à la partie imaginaire non nulle dans la matrice de mélange des saveurs de quarks.

En 1973, seules deux familles de quarks étaient connues. Or on peut montrer que s'il n'y a que deux familles de quarks, la matrice de mélange à deux dimensions correspondante ne comporte que des éléments réels, ce qui empêche la théorie de décrire une violation de CP.

Pour résoudre cette difficulté, M. Kobayashi et T. Maskawa ont postulé l'existence d'une troisième famille de quarks, ce qui fut confirmé expérimentalement quelques années plus tard. Le schéma CKM est alors devenu une composante essentielle du modèle standard de la physique des particules. La violation de la symétrie CP y apparaît comme une possibilité offerte par la présence de six saveurs de quarks organisées en trois familles.

Si l'on considère la transition d'un quark b vers un quark u via l'interaction

LA VIOLATION DE LA SYMÉTRIE CP EST DÉCRITE par un paramètre du modèle standard de la physique des particules et est liée à l'existence de trois familles de quarks.

✓ BIBLIOGRAPHIE

M. S. Sozzi, *Discrete Symmetries and CP violation*, Oxford University Press, 2008.

M.-A. Bouchiat et D. Lhuillier, *Les particules au crible de l'asymétrie miroir*, *Pour la Science*, n° 362, décembre 2007.

✓ SUR LE WEB

<http://lhcb-public.web.cern.ch/lhcb-public/>

http://www.dailymotion.com/video/x6vc8a_14-marie-helene-schune-lhc-collisio_tech