

Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

Titre de la thèse : proposé pour la période Octobre 2021-Septembre 2024

“Etude de la violation de CP dans les désintégrations B^- en $D^0\{K^0_s\pi^+\pi^-\pi^0\} K^-$ à LHCb”

Directeur de thèse : **Vincent TISSERAND**

Unité de rattachement : **LPC Clermont UMR 6533**

Equipe : **LHCb et CKMfitter**

Etablissement de rattachement : **UCA**

Courriel et téléphone : vincent.tisserand@clermont.in2p3.fr et tel 0473407377

Co-encadrant éventuel :

Unité de rattachement :

Etablissement de rattachement :

Résumé & description du travail de thèse proposé :

Importance et situation de la mesure de l'angle CKM γ

La mesure précise de l'angle γ du triangle de l'unitarité de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) est un sujet central dans les expériences de physique de saveur. Sa détermination dans les désintégrations de hadrons beaux en charme ouvert s'effectue par l'intermédiaire de transitions à l'arbre et est théoriquement propre. Elle fournit le point de référence standard pour les mesures sensibles aux nouveaux effets de la physique potentiellement accessibles par des tests de cohérence globale du mécanisme KM (prix Nobel de physique 2008), par rapport aux prévisions du Modèle Standard de la Physique des Particules (MS).

En plus des résultats des usines B qui ont fonctionné dans la décennie 2000-2010 (c.-à-d. BaBar à SLAC en Californie et Belle à KEK au Japon), diverses mesures récentes de l'expérience LHCb au CERN permettent de déterminer la valeur de l'angle γ avec une incertitude d'environ 4° . Si la métrologie de ce paramètre fondamental est en soi d'un grand intérêt, une précision bien inférieure à 1° est hautement souhaitable afin de donner accès aux échelles d'énergie de la physique au-delà du MS (BSM) au-dessus de 20 TeV, quel que soit le scénario BSM (c.-à-d. inaccessible par des recherches directes au LHC par les expériences ATLAS et CMS). Cependant, actuellement aucune mesure ne domine à elle seule totalement la moyenne mondiale sur la détermination de la valeur de cet angle, car les mesures les plus précises ont une précision d'environ 5° à 20° . La mesure la plus précise vient d'être présentée cet été par LHCb à la conférence ICHEP 2020 avec le mode B^- en $D^0 K^-$, où le D se désintègre en $K^0_s \pi^+ \pi^-$.

Des méthodes alternatives sont donc importantes pour améliorer la précision de la moyenne mondiale. Parmi elles, une analyse de la désintégration B^- en $D^0 K^-$, où le D se désintègre en $K^0_s \pi^+ \pi^- \pi^0$, peut avoir un impact significatif. Récemment, en 2019, la collaboration Belle a publié une mesure de l'angle γ avec une sensibilité de l'ordre de 12° en utilisant un modèle effectif pour la désintégration du méson D issu de l'expérience CLEO-c. Durant les mois de mai à juillet 2020, j'ai démontré avec un stagiaire de M1 du Magistère de

Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

Physique Fondamentale d'Orsay, que LHCb dispose d'ores et déjà avec les données 2011-2018 d'un échantillon de mésons beaux dans cette désintégration 1.5 fois plus grand que celui Belle et dont pureté supérieure à 80% quand celle de Belle ne dépasse pas 60%.

C'est sur ces canaux que nous nous proposons de travailler au cours de cette thèse.

Description du sujet de thèse et de son environnement

Au sein du groupe LHCb du LPC de Clermont Ferrand, sous ma direction, et en collaboration étroite avec 5 collègues de LHCb (4 d'Oxford, dont l'ancien porte-parole de LHCb, le professeur G. Wilkinson qui est également l'auteur de l'étude de CLEO-c et 1 collaboratrice du groupe LHCb de Marseille auteure de l'analyse de Belle, citées plus haut), le(la) doctorant(e) mènera dans un premier temps la mesure de l'angle γ avec la désintégration $B^- \rightarrow D^0 K^-$ avec D^0 en $K^0_S \pi^+ \pi^- \pi^0$ avec toutes les données de 2011 à 2018 de LHCb et les données 2022-2023.

A l'aide du mode compagnon $B^- \rightarrow D^0 \pi^-$ avec D^0 en $K^0_S \pi^+ \pi^- \pi^0$, plus abondant, une analyse d'amplitude sera menée pour étudier la phénoménologie et la spectroscopie de cette désintégration charmée. Cette analyse permettra de mesurer précisément la valeur du rapport d'embranchement D^0 en $K^* \rho^+$ qui constitue la réplique des états excités du mode bien connu D^0 en $K^- \pi^+$ (depuis 1976) et non encore connue à ce jour. Une étude préliminaire menée lors d'un stage de Master 1 en 2020, a montré que le rapport d'embranchement de cette désintégration est de l'ordre de 7 %, avec une précision statistique relative de 5% (6 fois meilleure que la mesure qui date de 1992 avec l'expérience Mark III de Stanford en Californie et qui n'était pas suffisamment précise pour observer cette désintégration sans ambiguïté). Cette étude menée avec les données $B^- \rightarrow D^0 \pi^-$ avec D^0 en $K^0_S \pi^+ \pi^- \pi^0$, se fera en lien avec les collègues d'Oxford qui ont la charge de la même étude avec le mode complémentaire charmé $D^{*-} \rightarrow D^0 \pi^-$ avec D^0 en $K^0_S \pi^+ \pi^- \pi^0$. Le ou la doctorant(e) mènera à la fois une étude sur la phénoménologie de la désintégration D^0 en $K^0_S \pi^+ \pi^- \pi^0$, qui débouchera sur une publication commune avec le groupe LHCb d'Oxford et celle liée à la mesure de la phase de violation de CP de la matrice CKM dans le mode $B^- \rightarrow D^0 K^-$ avec D^0 en $K^0_S \pi^+ \pi^- \pi^0$ qui mènera à 1, voire 2 publications, avec les données existantes et celles à venir.

Le ou la candidat(e) améliorera donc ensuite ces mesures en se servant des données du Run3 du LHC (probablement les données 2022-2023), qui permettront de multiplier d'un facteur au moins 5 la statistique actuellement disponible. Un tel gain sera permis par la mise en route fin 2021 d'une nouvelle version « *upgradée* » du détecteur LHCb. Parmi les facteurs clés pour l'amélioration de ces mesures, l'efficacité de reconstruction du trajectographe est essentielle, et en son cœur l'excellent fonctionnement du sous-détecteur à fibres scintillantes SciFi. Le mode $B^- \rightarrow D^0 h^-$ avec D^0 en $K^0_S \pi^+ \pi^- \pi^0$ a une forte multiplicité de traces chargées dans l'état final de désintégration : pas moins de 5 traces ! Le groupe du LPC est impliqué dans la construction de ce sous détecteur. L'étudiant(e) participera de façon très active, dès son arrivée, à la fin de la construction, à la qualification et mise en route et au suivi du fonctionnement de ce sous détecteur en rythme de croisière jusqu'à l'automne 2024. Pour cela, il (elle) travaillera au sein du groupe LHCb du

Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

LPC avec une autre doctorante qui a débuté sa thèse en octobre 2019 et deux postdoctorants, l'une finissant en mai 2022 et l'autre entamant son contrat de 2 ans en septembre 2021 (financement attribué par le CNRS IN2P3). Le nouveau postdoctorant collaborera sur le projet d'analyse et le projet instrumental de mise en service du nouveau trajectographe SciFi, qui est une forte responsabilité pour le groupe LHCb du LPC et regroupe des chercheurs et des ITs. Avec la doctorante actuelle et le futur postdoctorant, sous ma coordination et celle de Pascal Perret, responsable du groupe LHCb du LPC, le ou la nouvelle doctorante contribuera à la qualification du trajectographe SciFi et à la reconstruction des premières données collectées par ce détecteur.

Pour ce faire et pour assurer une bonne visibilité du groupe de Clermont Ferrand au sein de la collaboration internationale LHCb il serait bon que l'étudiant(e) puisse effectuer un ou plusieurs séjours d'assez longue durée au CERN. Fort(e) de cette expérience, l'étudiant(e) pourra prendre la responsabilité d'expert SciFi au sein du groupe d'analyse de physique de LHCb B2OC (désintégration des hadrons beaux en charme ouvert). C'est dans le cadre de ce groupe que se feront les analyses liées aux désintégrations $B^- \rightarrow D^0 h^-$ avec D^0 en $K_S^0 \pi^+ \pi^- \pi^0$.

Vincent Tisserand,
Aubière, les Cézeaux, le 9 février 2020.

Contacts :

-  : vincent.tisserand@clermont.in2p3.fr
-  : 04.73.40.73.77
- Lauréat du [grand prix Joliot Curie 2019 de la Société Française de Physique \(SFP\)](#) pour des travaux menés sur ces sujets de recherche.