



Laboratoire Leprince-Ringuet

ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Institut Polytechnique de Paris

Résumé

Thèse de doctorat en Physique

Le méson B_c^+ et les partons de haute énergie dans le plasma de quarks et gluons des collisions d'ions lourds dans le détecteur CMS au LHC.

by Guillaume FALMAGNE

Cette thèse traite de l’hadronisation des quarks lourds, et des interactions partoniques en général, et de leur modification par le plasma de quarks et gluons (QGP), un milieu chaud et dense créé dans les collisions d’ions lourds au LHC. Des données du détecteur CMS sont analysées pour réussir la première observation de mésons B_c^+ en collisions d’ions lourds. Deux lois d’échelle sont aussi mises en évidence à partir d’un modèle de pertes d’énergie radiatives des partons dans le QGP.

L’analyse de données CMS en collisions proton-proton (2017) et plomb-plomb (PbPb, 2018) à une énergie au centre de masse de 5.02 TeV par paire de nucléons mène à l’observation de désintégrations $B_c^+ \rightarrow (J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-) \mu^+ \nu_\mu$, et à la mesure du facteur de modification nucléaire du méson B_c^+ en deux *bins* (domaines) d’impulsion transverse du trimuon ($p_T^{\mu\mu\mu}$) ou de la centralité de la collision PbPb. Trois bruits de fond principaux sont décrits, soit par simulation, soit par des méthodes fondées sur les données. Une de ces méthodes est spécifique à cette analyse, et décrit les J/ψ combinés avec des muons ne venant pas du même processus: elle pivote le dimuon J/ψ par différents angles avant de l’associer avec un troisième muon du même événement. Un arbre de décision amélioré (BDT) est entraîné sur les candidats sélectionnés du signal et des bruits de fond. Un *likelihood template fit* (ajustement d’histogrammes en probabilités) est opéré pour ajuster sur les données les modèles de signal et de bruits de fonds, séparés en bins de BDT, de masse invariante du trimuon, et de $p_T^{\mu\mu\mu}$ ou de centralité. Des paramètres de nuisance dans le fit prennent en compte les incertitudes sur les formes des bruits de fond.

L’acceptance et l’efficacité du déclenchement, de la reconstruction et de la sélection, sont évaluées de manière itérative, dans chaque bin de $p_T^{\mu\mu\mu}$ ou de centralité, avec le signal simulé dont le spectre en $p_T^{\mu\mu\mu}$ est préalablement corrigé par le spectre mesuré dans une analyse préliminaire. L’efficacité des muons dans la simulation est corrigée par une méthode de tag-and-probe utilisant la résonance en masse du J/ψ , dont l’étude en collisions proton-proton est présentée en détail. L’incertitude sur la correction d’acceptance et efficacité appliquée au signal observé propage les autres sources d’incertitude à la correction du spectre en $p_T^{\mu\mu\mu}$ de la simulation. Ce dernier est en effet varié dans les incertitudes de la mesure de l’analyse préliminaire, résultant en autant de variations de la correction d’acceptance et d’efficacité, qui représentent alors l’incertitude associée à cette correction.

Moins de suppression est observée pour le méson B_c^+ que pour les autres saveurs lourdes ouvertes et fermées, excepté le méson B_s^0 . Un probable adoucissement du spectre en p_T est mis en évidence. Ces résultats pourraient indiquer que la recombinaison de quarks lourds contribue significativement à la production de mésons B_c^+ dans le QGP.

À haut p_T ($\gtrsim 10 - 15$ GeV), la perte d’énergie radiative devrait dominer la suppression des hadrons dans le QGP. Un modèle de perte d’énergie radiative partonique existant, fondé sur le spectre gluonique BDMPS induit par le milieu, prédit une dépendance universelle en p_T du facteur de modification nucléaire. Cette forme est confirmée par des mesures dans des systèmes de différentes géométries et énergies; elles sont collectées et ajustées à ce modèle, pour extraire la perte d’énergie moyenne correspondante. Cette dernière est incluse dans une nouvelle loi d’échelle, qui la décrit comme dépendant uniquement de la taille et la géométrie du milieu et de la multiplicité en particules chargées. Différentes approches de la longueur de parcours du parton dans le milieu sont comparées. L’ajustement à des données de suppression hadronique en collisions PbPb et xenon-xenon permet d’extraire des propriétés d’expansion et de diffusion du milieu. Le coefficient de flot elliptique à haut p_T peut aussi être prédit.