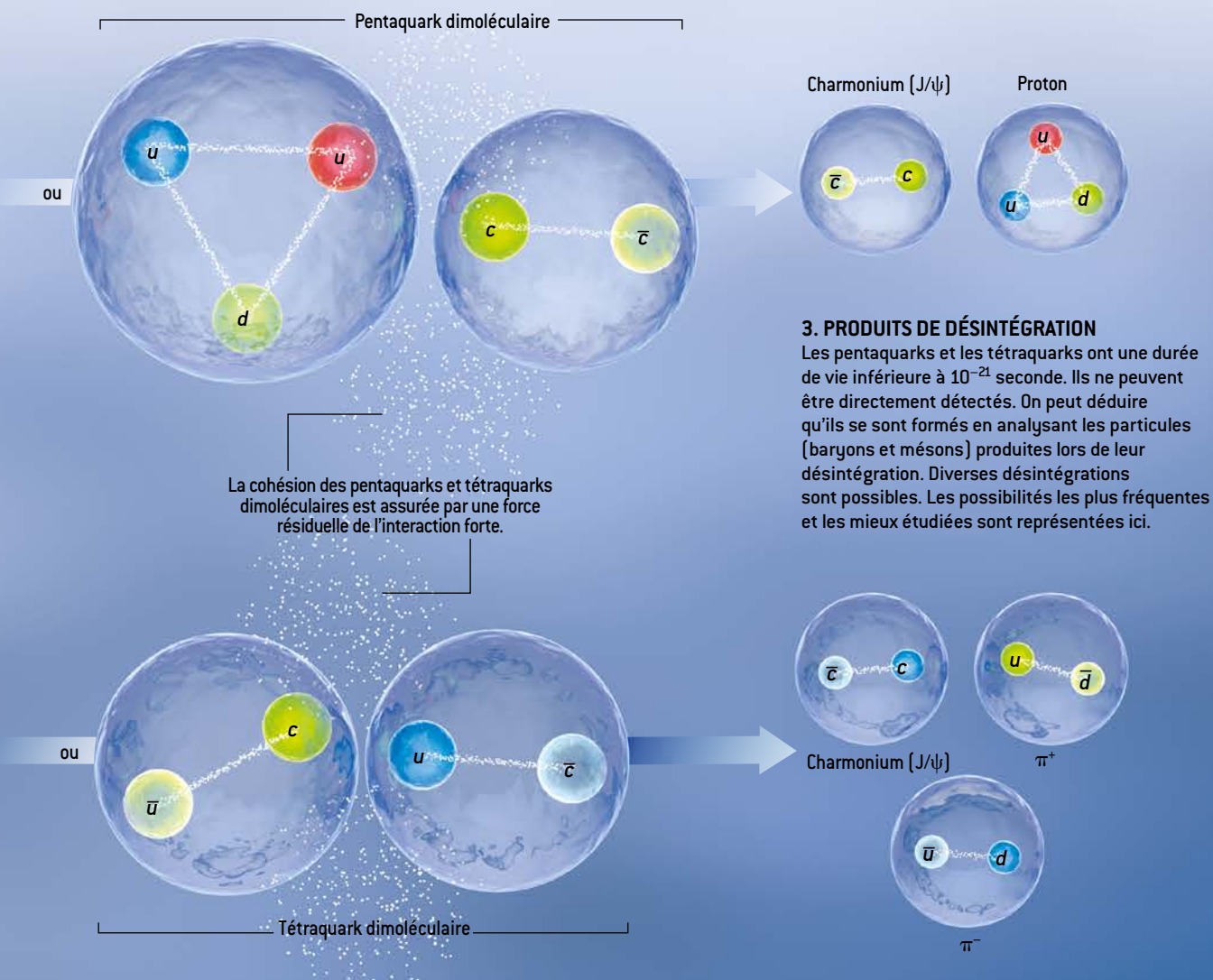
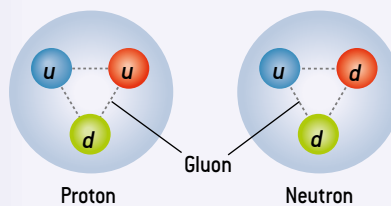




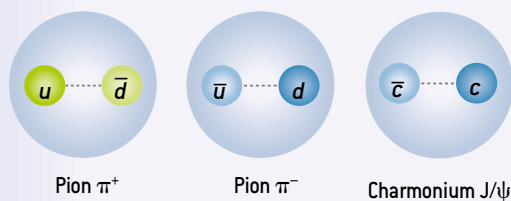
HADRONS

Les particules sensibles à l'interaction forte sont nommées hadrons et sont composées de quarks. Les baryons sont constitués de trois quarks. Les plus connus et les plus légers sont les constituants des noyaux atomiques : le proton (stable) et le neutron (dans un noyau atomique, il est stable, mais à l'état libre sa durée de vie est d'environ 880 secondes). Les autres baryons ont une durée de vie bien plus courte (10^{-8} seconde au plus). Il en est de même pour les mésons, particules formées d'un quark et d'un antiquark. Tant les baryons que les mésons peuvent provenir de toutes les combinaisons de quarks possibles. Ils doivent juste suivre les règles du jeu de la chromodynamique quantique et être de couleur totale neutre. Les quarks n'existent pas à l'état libre dans la nature car leur attraction mutuelle, due à l'interaction forte, augmente avec la distance qui les sépare.

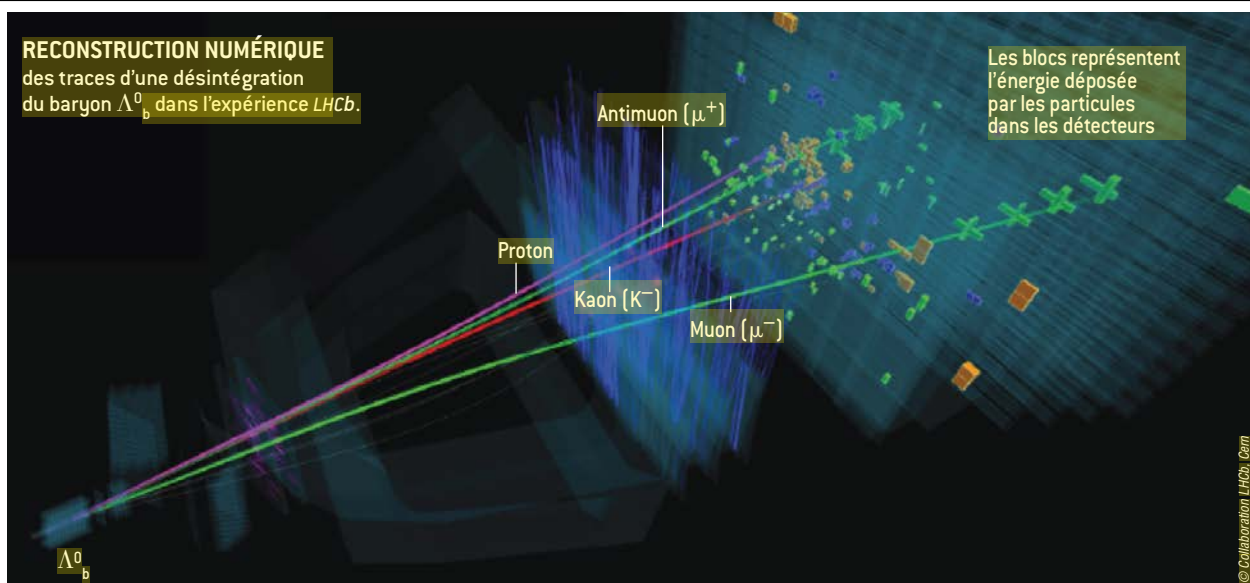
BARYONS



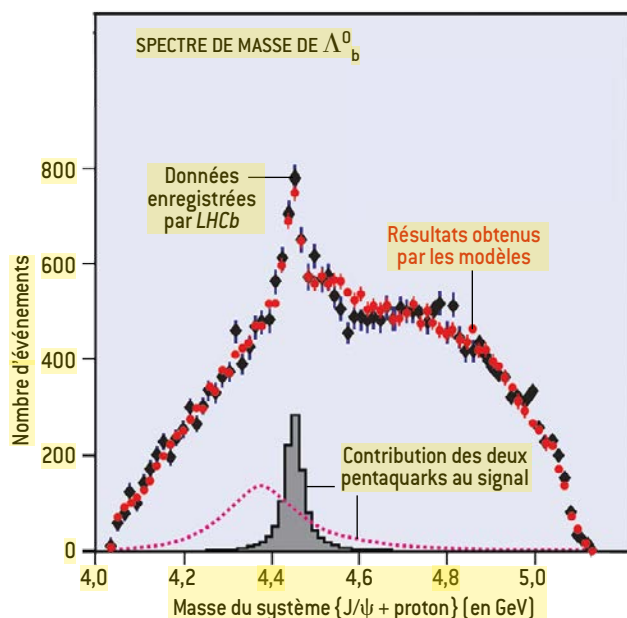
MÉSONS



RECONSTRUCTION NUMÉRIQUE
des traces d'une désintégration
du baryon Λ_b^0 dans l'expérience *LHCb*.



Les collisions proton-proton au LHC ont permis d'observer pour la première fois dans l'expérience *LHCb* la désintégration d'un baryon Λ_b^0 [composé de quarks u , d et b] en trois particules : un kaon K^- , un méson J/ψ [qui se désintègre très vite en deux muons de charges opposées] et un proton. Dans l'expérience *LHCb*, un champ magnétique dévie les particules en fonction de leur masse, leur énergie cinétique et leur charge électrique (en haut). Divers détecteurs enregistrent ces données pour permettre l'identification des particules. Le processus principal de désintégration du baryon Λ_b^0 suppose d'abord une désintégration en un méson J/ψ et un baryon instable Λ^* , qui se désintègre à son tour en un proton et un kaon. Une autre voie possible de désintégration est d'abord la formation d'un kaon et d'un pentaquark, qui se désintègre en un proton et un méson J/ψ . Pour vérifier que ce pentaquark se forme parfois, les physiciens étudient le nombre de désintégrations de Λ_b^0 en fonction de la masse du système J/ψ -proton détecté (à droite). En unités d'énergie, le pic, ou résonance, survient vers 4,45 gigaélectronvolts [GeV]. Il est compatible avec la formation de l'un ou l'autre de deux états pentaquarks ($u\bar{c}\bar{c}ud$, de charge +1) lors de la désintégration du baryon Λ_b^0 .



Hambourg, dans l'expérience *PETRA*. Lors de collisions électron-positron à haute énergie, les chercheurs produisaient des paires quark-antiquark, chaque particule s'échappant dans une direction différente. Or, comme un quark ne peut être ainsi isolé, l'énergie de la collision produisait un grand nombre d'autres quarks et d'antiquarks qui se combinaient avec les premiers pour former des hadrons. Dans les détecteurs, les chercheurs observaient donc deux jets de hadrons, chacun correspondant au quark ou à l'antiquark initial. Mais parfois, un troisième jet survenait – signe qu'une particule supplémentaire participait à la

réaction. Des analyses plus précises ont montré qu'il s'agissait d'un gluon.

Ainsi, les quarks se révélaient bien réels et s'associaient en duos ou en trios pour former respectivement les mésons et les baryons. Mais d'autres associations étaient-elles possibles ? Aussi bien George Zweig que Murray Gell-Mann avaient déjà prédit en 1964 la possibilité de systèmes constitués de quatre quarks (deux couples quark-antiquark) ou de cinq quarks (trois quarks et un couple quark-antiquark). En d'autres termes : des tétraquarks et des pentaquarks. Du point de vue théorique, ces systèmes multi-quarks sont tout à fait

compatibles avec le modèle standard de la physique des particules.

Les calculs théoriques indiquent que ces états ont une durée de vie très courte, inférieure à 10^{-21} seconde. Ils sont donc impossibles à détecter directement dans des expériences. Ils se désintègrent en d'autres particules moins éphémères, que les détecteurs sont en mesure d'enregistrer. À partir de l'angle de diffusion de ces particules, de leur énergie, etc., il est possible de déterminer si un tel système multi-quarks s'est formé et, si oui, d'en déduire certaines propriétés telles que sa masse, son spin et sa parité (c'est-à-dire