

Et ça continue... Cette année, tous les mois ou presque, nous avons eu à diffuser de nouvelles informations en liaison avec la découverte, en novembre dernier, d'une particule au synchrotron de Brookhaven et à l'anneau de stockage SPEAR de Stanford. L'équipe Brookhaven-MIT l'a appelée « J » alors que l'équipe Berkeley-Stanford la baptisait « psi » (ψ).

début de septembre, dans une brillante conférence présentée au CERN et intitulée « ψ chologie », H. Harari a analysé la situation actuelle.

Il a fait part des dernières informations recueillies lors d'une conférence exceptionnelle tenue à Stanford les 27 et 28 août (Colloque international 1975 sur les interactions des leptons et des photons aux hautes énergies), au cours de laquelle ont été annoncées les découvertes de plusieurs autres particules, dont l'une risque à elle seule d'ouvrir une large brèche dans l'édifice de la physique des hautes énergies. La fièvre a traversé l'Atlantique sans s'atténuer pour autant, et au CERN un auditorium plein à craquer et bourdonnant (du point de vue acoustique, s'entend...) a pris connaissance des nouveaux résultats et de leurs interprétations possibles.

Voici une brève récapitulation... La particule J/ψ a une masse de 3,1 GeV, soit le triple de celle du proton. Pour un objet aussi lourd, elle est exceptionnellement stable et sa désintégration est mille fois plus lente que celle de toute autre particule de masse comparable. Selon l'explication actuellement en faveur, cette particule serait formée d'un nouveau type de quark et de son antiquark; ce quark posséderait une propriété spéciale appelée charme. Si cette particule vit si longtemps c'est parce qu'elle ne peut pas facilement se débarrasser du charme par désintégration en particules bien connues. Depuis la découverte de l'état de 3,1 GeV nous avons signalé dans notre dernier article que des particules analogues, ψ' et ψ'' , ayant des masses de 3,7 GeV et 4,1 GeV avaient été découvertes à Stanford; il s'y ajoutait une particule apparentée, de

3,5 GeV, découverte avec l'anneau de stockage DORIS, à DESY.

Nouvelles informations sur les particules J/ψ

A la conférence, Stanford a pu annoncer l'identification de ψ''' à 4,45 GeV. DESY et Stanford ont observé la particule de 3,5 GeV dans de nombreuses voies de désintégration, et certaines des données de Stanford suggèrent l'existence de deux particules proches l'une de l'autre, au voisinage de cette masse. Stanford a de plus découvert un état de 3,4 GeV qui est analogue à la ou les particules de 3,5 GeV et finalement DESY a mis en évidence une particule différente, mais apparentée, à 2,8 GeV.

Il y a quelques mois, à la suite d'une expérience de photoproduction, le Laboratoire Fermi a publié une mesure de la probabilité d'interaction de J/ψ . Elle est de 1 mb ce qui indique que la particule est un hadron subissant l'interaction forte. Cette interprétation se trouve maintenant renforcée étant donné que nous avons actuellement affaire à une famille de sept ou huit particules qui rappelle exactement une famille typique de hadrons. A de plus faibles énergies, nous connaissons bien des groupes de particules ayant des propriétés analogues, telles que les mésons π et les mésons K ou les nucléons et les hypérons. Ces groupes constituent des familles de hadrons et les similitudes inhérentes à ces familles ont été attribuées à l'existence de trois types d'objets encore plus fondamentaux, appelés quarks.

Tous les hadrons connus peuvent être construits à partir des trois quarks et le fait d'ajouter un « quark charmé » permet de reconstituer la nouvelle famille en considérant l'état J/ψ comme un méson formé d'un quark et d'un antiquark. Tel fut le modèle élaboré en décembre dernier, à la suite de spéculations théoriques formulées immédiatement après la première découverte. Il est remarquable de constater l'accord qui se révèle actuellement entre le groupe de particules maintenant découvertes et la famille que les théori-

ciens avaient bâtie sur le papier en partant de l'hypothèse du quark charmé.

Cette hypothèse permet d'ailleurs d'introduire une élégante symétrie entre les leptons sensibles à l'interaction faible et les hadrons. On connaît quatre leptons: l'électron, le neutrino d'électron, le muon et le neutrino de muon. Il existe également quatre sous-hadrons: le quark de proton, le quark de neutron, le quark étrange et le quark charmé. Les caractéristiques des interactions des leptons peuvent être décrites par un ensemble de règles mathématiques. Celles des interactions des quarks semblent répondre au même ensemble de règles. La charge totale des leptons vaut -2 (somme des charges négatives de l'électron et du muon). La charge totale des quarks est de $+2$ (il existe trois variétés colorées, voir numéro de mars, de chacun des quarks de proton, de neutron, étrange et charmé, dont les charges respectives sont de $-1/3$, $-1/3$, $+2/3$ et $+2/3$).

Mais tout n'est pas si charmant...

Le fait d'avoir découvert quelque chose que nous comprenons et qui ajoute encore simplicité et beauté à notre représentation de la nature nous satisfait-il complètement? Ce n'est pas sûr... Certes de nombreuses observations sont en accord avec l'interprétation basée sur le charme, mais d'autres ne le sont pas.

En premier lieu les modes de désintégration ou le comportement de non-désintégration des particules ψ peuvent être prédits d'après le modèle des quarks et les règles mentionnées ci-dessus. Parmi les désintégrations actuellement observées, certaines semblent en accord avec ces prévisions mais d'autres s'en écartent. En particulier les désintégrations de ψ' (3,7 GeV) paraissent bien curieuses. On pense qu'elles doivent être analogues à celles de J/ψ , mais une comparaison par comptage montre que 40 % d'entre elles sont en fait différentes.

En second lieu on ne dispose pas encore de preuve convaincante de l'existence de particules charmées.

L'état J/ψ lui-même possède un « charme caché », car les charmes du quark et de l'antiquark s'annulent mutuellement, mais ses désintégrations devraient dans de nombreux cas produire deux mésons, dont un avec charme et l'autre avec anticharme. L'état ψ'' (4,1 GeV) est moins stable que ses homologues plus légers. On pense que cela tient au fait qu'il a une masse suffisante pour lui permettre une facile rupture en deux mésons qui auraient ainsi une masse d'environ 2 GeV.

Lorsque ces mésons, habituellement appelés particules D, se désintègrent à leur tour, on pense qu'il doit se former surtout des particules étranges telles que les kaons (selon les prévisions déduites des règles mathématiques), mais on n'a observé aucune production de particules étranges associées à des états ψ'' . De nombreuses autres recherches de mésons et baryons charmés ont également été infructueuses (bien que sur des photographies de chambres à bulles enregistrées à Brookhaven et au CERN on ait détecté des événements isolés susceptibles d'être des particules charmées). Si les quarks charmés existent réellement on peut se demander où se trouvent les particules dont ils sont les éléments constitutifs...

Finalement, il faut signaler une autre énigme à laquelle nous sommes confrontés depuis environ deux ans. Les expériences de collision de faisceaux électron-positon effectuées avec la boucle de dérivation de Cambridge puis avec l'anneau de stockage SPEAR de Stanford ont permis de montrer que le rapport R de la production des hadrons à la production des muons dans de telles collisions croît lorsque l'énergie de la collision augmente. Les modèles des quarks prédisent une valeur bien inférieure à celle qui a été trouvée. On sait maintenant que R reprend une valeur constante d'environ 5 après que l'énergie ait traversé la région de la production turbulente de J/ψ . Mais, même lorsque l'on ajoute le quark charmé, le modèle des quarks ne conduit qu'à une valeur de R d'environ 3,3.

Premier indice de l'existence d'un lepton lourd?

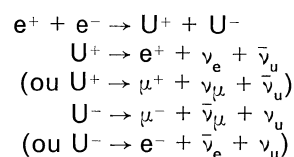
On dispose maintenant d'un autre résultat susceptible d'aider à isoler quelques écarts par rapport aux prévisions du modèle des quarks charmés mais également de perturber fortement la configuration bien ordonnée comprenant quatre leptons et quatre sous-hadrons qui représente un des aspects les plus satisfaisants des récentes théories. Parmi toutes les nouvelles informations données lors de la conférence de Stanford, c'est cette découverte qui a jeté le plus grand trouble dans les esprits.

L'analyse des données de SPEAR met en évidence des événements comprenant seulement deux leptons (un électron et un muon), alors que rien d'autre n'apparaît à la suite des collisions électron-positon. Ces événements ont été détectés dans des compteurs de gerbes et des chambres à muons du détecteur magnétique de Berkeley-Stanford. Ce détecteur n'est pas optimisé pour la détection des électrons et des muons. En conséquence de nombreux événements qui semblaient devoir être des événements à deux leptons ont été ignorés du fait de la confusion possible avec des hadrons fournissant le même signal qu'un électron ou un muon, ainsi que pour d'autres raisons. Toutefois après avoir effectué toutes ces « coupures » dans les données, il est resté 85 événements électron-muon, impossibles à éliminer.

Ces événements sont à la fois trop récents et trop surprenants pour qu'un chercheur s'autorise dès maintenant à en proposer une interprétation. A la suite des spéculations développées par H. Harari lors de sa conférence, le Courrier se limitant à une formulation « littéraire » considère qu'il peut évoquer cette question. Les événements se produisent au-dessus de 4 GeV et on est tout d'abord tenté de les relier à la désintégration de deux particules charmées d'environ 2 GeV, états que nous nous attendons à découvrir, comme nous l'avons déjà indiqué. Mais cette interprétation ne semble

pas être satisfaisante car on devrait trouver en plus des kaons et d'autres particules...

On a alors supposé que l'électron et le muon proviendraient des désintégrations de deux « leptons lourds », jamais observés auparavant. Ces leptons ont été appelés particules « U », et on a conjecturé la suite des réactions ci-après:



Si de tels leptons lourds existent réellement ils permettent d'élucider certaines confusions que l'on observe dans les désintégrations des états ψ . Ils permettraient également d'aboutir à une valeur de R plus proche de 5. Toutefois, ils ouvriraient également la boîte de Pandore dans bien d'autres directions. En particulier, s'il existe un lepton lourd il existe aussi presque certainement un neutrino qui lui est associé. Par ailleurs, en plus de U, pourquoi n'y aurait-il pas d'autres particules analogues, à des énergies plus élevées?

Qu'advient-il de notre séduisant... symétrie lepton-hadron? Nous pouvons la retrouver en ajoutant deux types supplémentaires de quarks... Ainsi après les récents événements et la saisissante apparition du quark charmé, on peut se demander ce qui nous obligera à cesser d'allonger mentalement la liste des quarks?...

Au-delà de ces spéculations, les anneaux de stockage à électrons-positons d'énergie plus élevée que l'on envisage de construire pourraient fournir des données concrètes. PEP, PETRA, EPIC, nous avons réellement besoin de vous!...