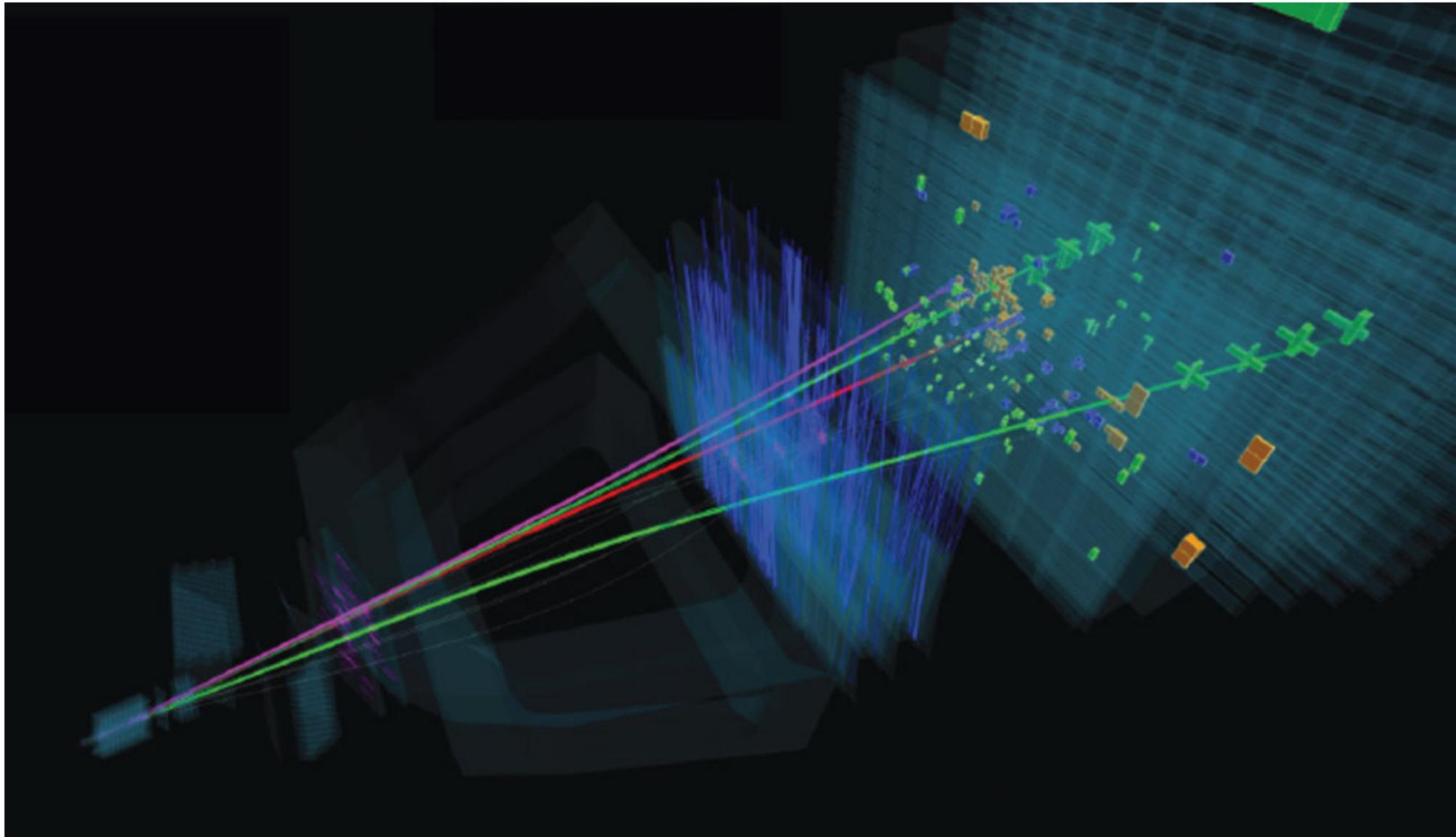


## Des quarks aux pentaquarks

**Constituants fondamentaux de la matière, les quarks s'assemblent en duos ou en trios pour former les protons, les neutrons et d'autres particules instables. Or les collisions à haute énergie du LHC, au CERN, ont récemment produit des assemblages de quatre ou cinq quarks : des particules jusque-là inconnues !**

Georg Wolschin

[S'abonner](#)



Feu d'artifices de particules. Les collisions de protons de haute énergie dans l'expérience LHCb, au Cern, produisent de nombreuses particules (dont les trajectoires sont représentées en rose et en orange). En analysant ce type d'événement, les physiciens ont découvert des particules exotiques composées de quatre ou cinq quarks.

Saviez-vous qu'au LHC, le Grand collisionneur de hadrons du Cern, près de Genève, de nouvelles particules ont été mises en évidence en juillet 2015 et en juin 2016 ? Probablement pas. Ces découvertes ont fait beaucoup moins de bruit que celle du boson de Higgs en 2012 et pourtant, elles sont presque aussi importantes. La structure de ces particules est exotique et confirme les hypothèses faites dans les années 1960 concernant leur existence. Les mesures précises de leurs propriétés, effectuées dans le cadre de l'expérience LHCb, ouvrent une nouvelle fenêtre sur le comportement de la matière aux échelles les plus infimes.

De quoi s'agit-il ? À l'échelle la plus fondamentale, la matière, à l'exception de l'électron et des particules apparentées, est composée de quarks. Ces constituants élémentaires s'associent par trois pour former le proton, le neutron –les composants du noyau atomique – et bien d'autres particules (les « baryons »). Il existe aussi des particules constituées d'un quark et d'un antiquark (les « mésons »). Mais en existe-t-il d'autres ? Formées de quatre, cinq quarks, ou plus ? Depuis une dizaine d'années, des indices s'accumulaient en faveur de ces structures multi-quarks. Les récentes découvertes au LHC le confirment : des tétraquarks et des pentaquarks peuvent se former dans la nature.

Pour comprendre les enjeux de ces découvertes, il faut remonter au début des années 1960. Les physiciens étaient confrontés à un problème. Plusieurs années auparavant, grâce à des expériences de collisions, ils avaient découvert une multitude de particules. Ce zoo était au début très confus, mais les théoriciens sont parvenus à l'ordonner à l'aide de la théorie mathématique des groupes de symétrie. Ces travaux suggéraient que la plupart des particules alors connues n'étaient pas des particules élémentaires, mais qu'elles étaient formées d'un petit nombre de constituants élémentaires. Lesquels ?

En 1964, deux théoriciens américains ont conçu, indépendamment l'un de l'autre, le modèle des quarks, selon lequel le proton et le neutron, par exemple, sont formés de trois particules ponctuelles. L'un d'eux, Murray Gell-Mann, à l'institut de technologie de Californie (Caltech), a nommé « quarks » ces particules élémentaires, en s'inspirant d'un extrait du roman *Finnegans Wake* de l'auteur irlandais James Joyce. De son côté, George Zweig, qui travaillait au Cern, a utilisé le terme d'« as » (aces en anglais), mais c'est l'expression proposée par Murray Gell-Mann qui a fini par s'imposer.

Le modèle suppose différentes sortes, ou « saveurs », de quarks, dont les premières sont le quark up (ou u), le quark down (ou d) et le quark strange (ou s). Plus tard, essentiellement pour expliquer les propriétés de particules nouvellement découvertes, se sont ajoutées trois variantes plus lourdes : les quarks charm (ou c), bottom (ou b) et top (ou t).

Les quarks sont caractérisés par des « nombres quantiques » tels qu'un spin (moment cinétique intrinsèque) égal à 1/2 dans les unités usuelles, une charge électrique fractionnaire (+ 2/3 ou - 1/3 de la charge de l'électron), ainsi qu'une « couleur » pouvant prendre trois valeurs nommées « rouge », « vert », et « bleu » (propriétés qui n'ont cependant rien à voir avec la notion habituelle de couleur, liée à la longueur d'onde de la lumière). Il existe aussi des antiquarks,

de même masse que leur quark associé, mais ayant une charge électrique opposée et une « anticouleur ».

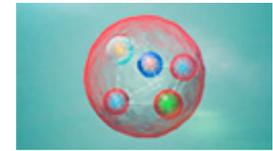
Les quarks s'attirent entre eux par une force fondamentale, l'interaction forte. Celle-ci est réalisée par un échange de particules...

Sur le même thème

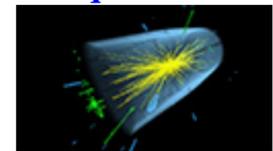
Mots-clés

[Quark](#) [Hadron](#) [Baryon](#) [Méson](#) [LHC](#) [LHCb](#) [Chromodynamique quantique](#) [Pentaquark](#) [Tétraquark](#) [J/Psi](#) [Murray Gell-Mann](#)

Thèmes



[Les quarks](#)



[Physique des particules](#)

Articles



Physique des particules

### **Le pentaquark découvert au LHC**

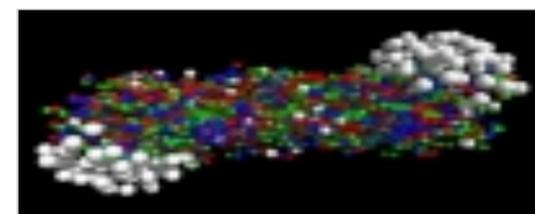
Une nouvelle particule subatomique prédite par la théorie aurait été observée par l'expérience LHCb : un pentaquark, composé de quatre quarks et d'un antiquark.



Physique des particules

### **Une particule à quatre quarks ?**

Dans le monde bien ordonné des particules subatomiques, une nouvelle découverte pourrait mettre un peu de désordre : un assemblage de quatre quarks.



Physique des particules €

### **« Le plasma quarks-gluons se comporte comme un fluide parfait »**

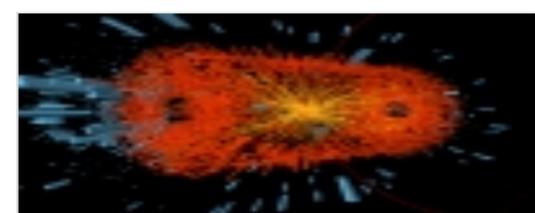
Au moyen de collisions à haute énergie entre noyaux atomiques, les physiciens créent un « plasma quarks-gluons ». Ils étudient les propriétés de cet état de la matière qui s'est aussi formé dans les premiers instants de l'Univers.



Physique des particules €

### **Les gluons nous posent encore des colles**

En liant les quarks, les gluons assurent la cohésion du proton ou du neutron, ainsi que celle des noyaux atomiques. Par quels mécanismes ? Les physiciens n'ont pas encore toutes les réponses.



Physique des particules

### **Prendre la température d'un plasma quarks-gluons**

Le plasma quarks-gluons produit au LHC a une durée de vie trop courte pour que l'on puisse en mesurer la température directement. Des particules, les mésons Upsilon, pourraient servir de thermomètre.

Magazines



Pour la Science  
N°471 janvier 2017

**Tétraquarks et pentaquarks**



Pour la Science  
N°428 juin 2013

**Au cœur des quarks**



Pour la Science  
N°455 septembre 2015

**Les gluons : la colle des particules**



Pour la Science  
N°419 septembre 2012

**Le boson de Higgs**

[> Revenir en haut de page](#)