



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

Entretien avec François Gelis



François GELIS est physicien à l'Institut de physique théorique du CEA-Saclay.

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.

POUR LA SCIENCE

Qu'est-ce qu'un plasma de quarks et de gluons ?

FRANÇOIS GELIS : Il s'agit d'un état de la matière composé de quarks et de gluons où ces particules sont quasi libres et ne sont plus confinées dans des états liés de deux ou trois quarks, les hadrons. Ce plasma se forme dans des conditions extrêmes qui étaient celles de l'Univers quelques microsecondes après sa naissance : une température de l'ordre de 2 000 milliards de degrés et une densité six fois supérieure à celle d'un noyau atomique. L'Univers s'est ensuite refroidi. Du fait du phénomène de confinement de l'interaction forte, les quarks et les gluons ont formé des hadrons, tels les protons et les neutrons. Sur le plan cosmologique, le

plasma de quarks et de gluons primordial n'a pas laissé de traces observables.

PLS

Dès lors, comment peut-on étudier cet état de la matière ?

F.G. : Nous sommes capables de créer les conditions appropriées dans un accélérateur de particules en procédant à des collisions de noyaux atomiques lourds, tel le plomb. La collision de protons, par exemple, ne donnerait pas une densité suffisante pour former un plasma quarks-gluons. Les premières expériences datent des années 1970, mais le premier plasma a été observé au Cern en 2000. En 2004, les physiciens du collisionneur RHIC, aux États-Unis, ont montré que le plasma de quarks et de gluons se

comporte comme un fluide parfait, c'est-à-dire qu'il s'écoule sans résistance.

Le LHC, au Cern, est l'accélérateur le plus puissant actuellement. Il procède principalement à des collisions de protons (ce qui a permis la découverte du boson de Higgs en 2012), mais une partie de son programme est consacrée à des collisions proton-noyau et noyau-noyau. Avec une expérience dédiée à l'étude de ces plasmas, ALICE, mais aussi avec les expériences CMS et ATLAS, les physiciens du LHC ont confirmé les résultats de RHIC et ont obtenu des mesures quantitatives montrant qu'il est possible de décrire l'expansion du plasma de quarks et de gluons au moyen de modèles hydrodynamiques.

PLS

En quoi le plasma quarks-gluons a-t-il des propriétés comparables à celles d'un fluide ?

F.G. : Par exemple, il est caractérisé par une viscosité, et l'une des grandes découvertes dans ce domaine a été sa mesure. Quand deux noyaux entrent en collision (voir les premières images ci-dessus), une goutte de plasma (les particules en couleur dans les images) se forme puis se dilate dans le vide environnant. On mesure sa viscosité par des moyens