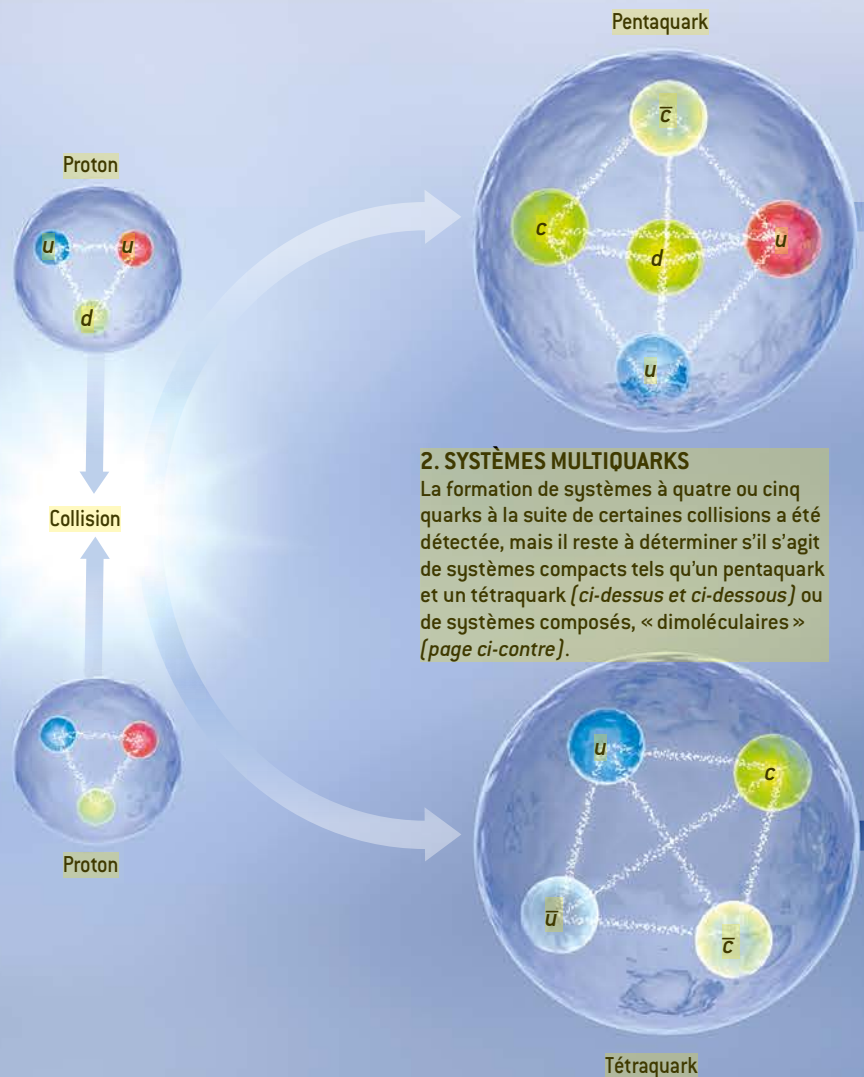


## COMMENT LES TÉTRAQUARKS ET LES PENTAQUARKS SONT PRODUITS

### 1. COLLISION

Au collisionneur LHC du Cern, près de Genève, les physiciens accélèrent des protons dans un anneau de 27 kilomètres de circonférence. La moitié des protons parcourent ce trajet à une vitesse proche de celle de la lumière dans un sens, et l'autre moitié dans le sens contraire. En quatre sites sur l'anneau, correspondant aux quatre grandes expériences, dont *LHCb*, les faisceaux de protons se croisent et créent des collisions proton-proton. L'énergie des collisions était de 7-8 téraélectronvolts (TeV) dans une première phase du LHC; elle est maintenant de 13 TeV. Ces collisions énergétiques produisent de nouvelles particules, parmi lesquelles peuvent émerger d'éphémères tétraquarks ou pentaquarks.



### 2. SYSTÈMES MULTIQUARKS

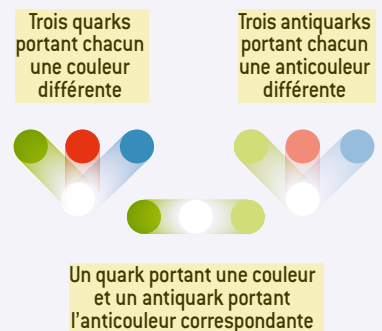
La formation de systèmes à quatre ou cinq quarks à la suite de certaines collisions a été détectée, mais il reste à déterminer s'il s'agit de systèmes compacts tels qu'un pentaquark et un tétraquark (*ci-dessus et ci-dessous*) ou de systèmes composés, « dimoléculaires » (*page ci-contre*).

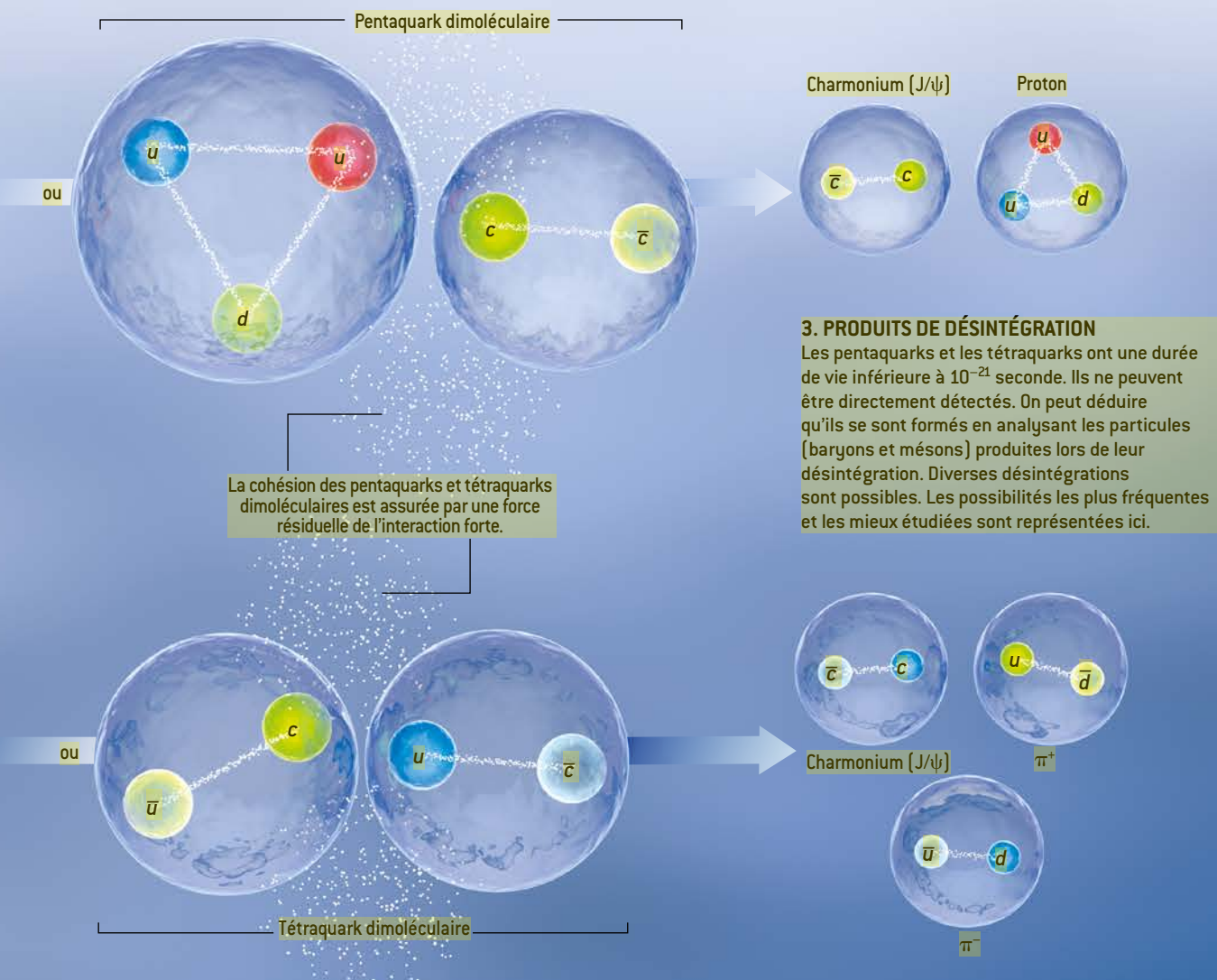
### LES PRINCIPALES PROPRIÉTÉS DES QUARKS

Il existe six types ou « saveurs » de quarks, répartis en trois « générations ». Étant de spin 1/2, ce sont des fermions : deux quarks identiques ne peuvent pas être dans le même état quantique. Ces six particules élémentaires ont des masses différentes. Leur charge électrique est une fraction (1/3 ou 2/3) de la charge élémentaire  $e$ . Les quarks portent en outre une charge de « couleur », liée à l'interaction forte (tout comme la charge électrique est liée à l'interaction électromagnétique). Les médiateurs de cette force sont les gluons. La charge de couleur peut être le « rouge », le « bleu » et le « vert ». L'addition des trois couleurs ou l'addition d'une couleur et de son anticouleur donnent un résultat neutre, qui est le seul observable. Par ailleurs, pour chaque quark, il existe un antiquark, de mêmes propriétés mais avec des signes opposés.

| Génération |              | Quark / Antiquark | Charge( $e$ ) | Masse(MeV) |
|------------|--------------|-------------------|---------------|------------|
| 1          | up           | $u$               | + 2/3         | 2,3        |
|            | anti-up      | $\bar{u}$         | - 2/3         | 2,3        |
|            | down         | $d$               | - 1/3         | 4,8        |
|            | anti-down    | $\bar{d}$         | + 1/3         | 4,8        |
| 2          | strange      | $s$               | - 1/3         | 95         |
|            | anti-strange | $\bar{s}$         | + 1/3         | 95         |
|            | charm        | $c$               | + 2/3         | 1 275      |
|            | anti-charm   | $\bar{c}$         | - 2/3         | 1 275      |
| 3          | bottom       | $b$               | - 1/3         | 4 180      |
|            | anti-bottom  | $\bar{b}$         | + 1/3         | 4 180      |
|            | top          | $t$               | + 2/3         | 173 210    |
|            | anti-top     | $\bar{t}$         | - 2/3         | 173 210    |

Selon les règles de la chromodynamique quantique, une particule portant une couleur, tel le quark, ne peut être isolée. Celui-ci se combine à d'autres pour former des assemblages neutres de couleur, dont les plus simples sont :

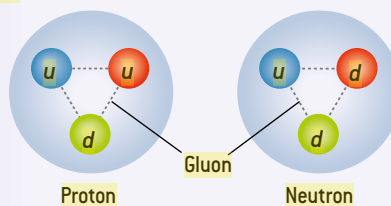




## HADRONS

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

