

La physique des particules

DÉPASSER LE MODÈLE STANDARD ?

01

À la recherche de nouvelles particules

p. 6 Repères

Des schémas, des chiffres, des définitions...
L'essentiel pour apprécier ce numéro.

4

p. 10 Grand témoin

Nathalie Besson

“ Voir où le modèle
craque pour aller
au-delà.

p. 18 De quoi le réel est-il fait ?

Charles T. Sebens

De particules, de champs ou
des deux ? Un vrai casse-tête.

p. 26 La possible fécondité du neutrino stérile

**William Charles Louis
et Richard Van de Water**

Où l'on discute d'une quatrième
« saveur » possible du neutrino.

p. 36 La physique passe à l'axion

Chanda Prescod-Weinstein

Il serait doublement utile,
l'axion, mais existe-t-il ?

p. 46 2 + 2 font quark, et même tétraquark

Davide Castelvecchi

Cette drôle de particule associe
quatre quarks. Une rareté !

PORTFOLIO

p. 50 Chambres avec vue sur particules

Panorama express, en images,
des détecteurs historiques.

02

Des événements étranges

p. 58 Le muon sur la sellette

Sean Bailly

Cousin massif de l'électron, le muon divise les physiciens.

ENTRETIEN

p. 68 L'anomalie magnétique du muon, un défi théorique!

Laurent Lellouch

p. 72 Un quark fait de la résistance

Sébastien Descotes-Genon

Le quark b est un frondeur: il désobéit au modèle standard.

p. 80 Accélérons les accélérateurs

Chandrashekhar Joshi

Plus rapide et moins chère? La techno du plasma fait rêver.

03

Le côté obscur de l'Univers

p. 92 L'insaisissable matière noire

Pauline Gagnon

Plus que noire, elle est invisible. Mais elle existe: la preuve.

p. 102 Beaucoup d'appelés, pas encore d'élus

Marco Cirelli

Qu'est donc la matière noire? Petite revue des candidats.

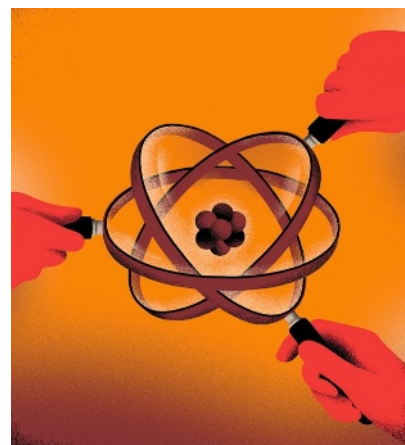
p. 112 Les cachotteries de l'énergie sombre

Philippe Brax

Elle compose 70 % de l'Univers. Et se cache obstinément.

p. 120 Les incontournables

Des livres, des expositions, des podcasts... Les coups de cœur de la rédaction.



La physique des particules en express

Le tableau ci-contre est un résumé du modèle standard, cette théorie qui décrit mathématiquement les composants élémentaires de la matière et les interactions qui les régissent. Élaboré dans les années 1960 et 1970, il s'appuie, d'une part, sur la physique quantique, qui décrit le comportement de la matière à très petite échelle, et, d'autre part, sur la théorie de la relativité d'Einstein, qui rend compte des situations dans lesquelles les vitesses des corps sont proches de celle de la lumière. Tous ces composants prennent le nom de « particules », un terme difficile à définir car il défie l'intuition : ce n'est pas une bille miniature, puisqu'elle n'a pas de dimension spatiale mesurable. En physique quantique, une particule est toujours associée à un champ qui est non matériel. Elle est même l'excitation de ce champ, comme une vague est l'excitation de la mer.

LES 12 PARTICULES...

6

Elles composent la matière telle que nous la connaissons et prennent le nom de **fermions**. On distingue six quarks et six leptons.

> **les quarks** : leurs six espèces sont surnommées « saveurs ». Chacun des noms de saveurs est historique et n'a aucune signification physique (par exemple, le quark *top* n'est pas au-dessus des autres).

En se regroupant, ils forment des particules composites tels que les protons et neutrons (voir page 8).

> **les leptons** : ils ne s'assemblent qu'exceptionnellement. On peut les étudier seuls, contrairement aux quarks, qui sont toujours groupés.

Chaque fermion est identifiable par trois caractères :

> **sa masse** : à cette échelle, on choisit de l'exprimer en énergie du fait de l'équivalence démontrée par Albert Einstein entre masse

et énergie ($E=mc^2$). L'unité ici est le gigaélectronvolt divisé par la vitesse de la lumière au carré.

> **sa charge électrique** : positive ou négative (exprimée en sous-multiple de la charge élémentaire e , égale à la valeur absolue de la charge de l'électron). Un fermion sans charge est électriquement neutre.

> **son spin** : caractère quantique qui ne peut être comparé à rien de connu à notre échelle. Il est responsable d'une partie des propriétés magnétiques à l'échelle subatomique. Les fermions ont un spin demi-entier ($1/2$).

Les quarks portent aussi une « charge de couleur », non mentionnée sur le tableau et qui est à l'interaction forte ce que la charge électrique positive ou négative est à la force électromagnétique (voir page 8).

Un quark peut avoir trois couleurs, appelées par convention « rouge », « bleu » et « vert ».

QUARKS

Masse : $0,002 \text{ GeV}/c^2$
Charge : $2/3$
Spin : $1/2$



Up

$0,005 \text{ GeV}/c^2$
 $-1/3$
 $1/2$



Down

LEPTONS

$0,00051 \text{ GeV}/c^2$
 -1
 $1/2$



Électron

$< 2,1 \times 10^{-9} \text{ GeV}/c^2$
 0
 $1/2$



Neutrino électronique

1^{re} FAMILLE