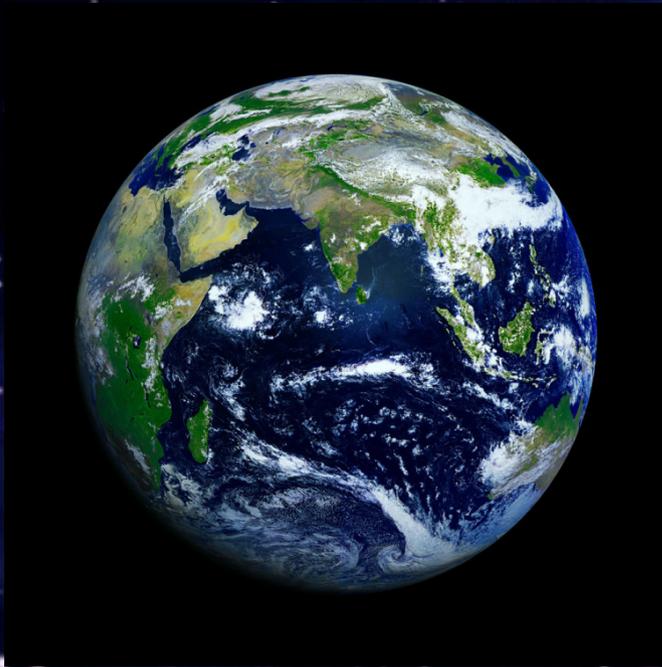


The background is a complex, abstract visualization of particle physics. It features a dark blue and black space filled with numerous small, glowing particles in shades of blue, green, and yellow. Several prominent, glowing blue and green spheres are scattered throughout. A network of thin, glowing lines and curves, representing particle paths or interactions, weaves across the scene. The overall effect is one of dynamic energy and intricate structure.

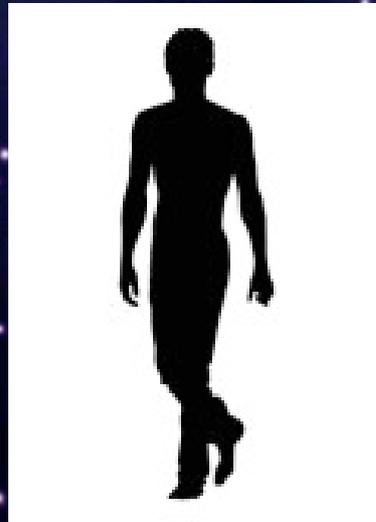
Introduction à la physique des particules

Masterclasses 2015 - Colmar

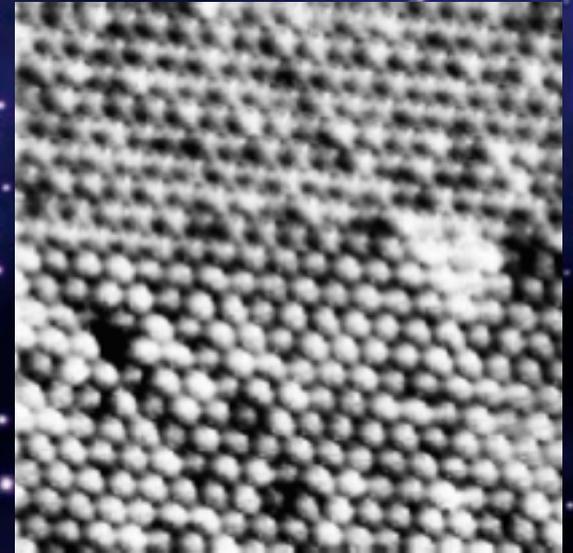
L'univers est fait de particules



Les planètes

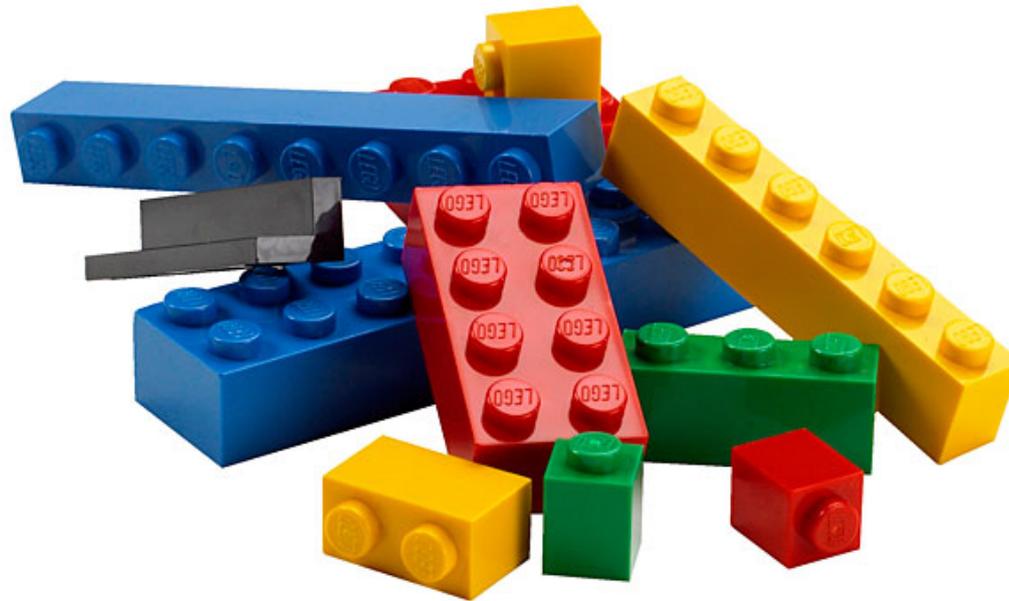


**Les êtres
vivants**



Les atomes

Les particules élémentaires



La « **boîte de Lego** » de l'Univers
qui compose toute la **matière** connue

Les particules élémentaires

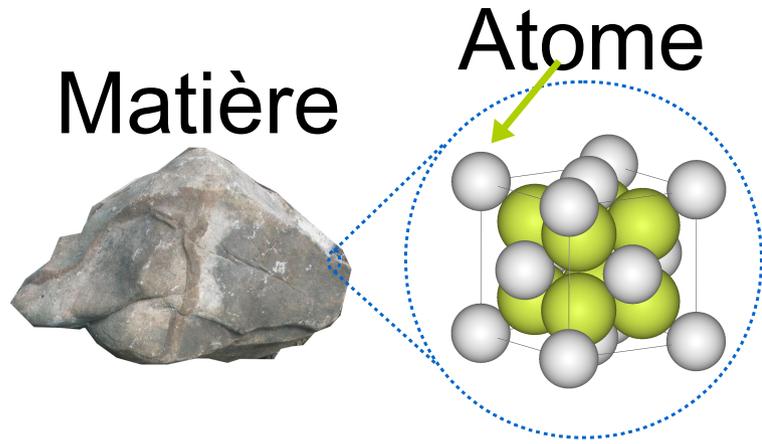
Matière



Taille
(m) 
1

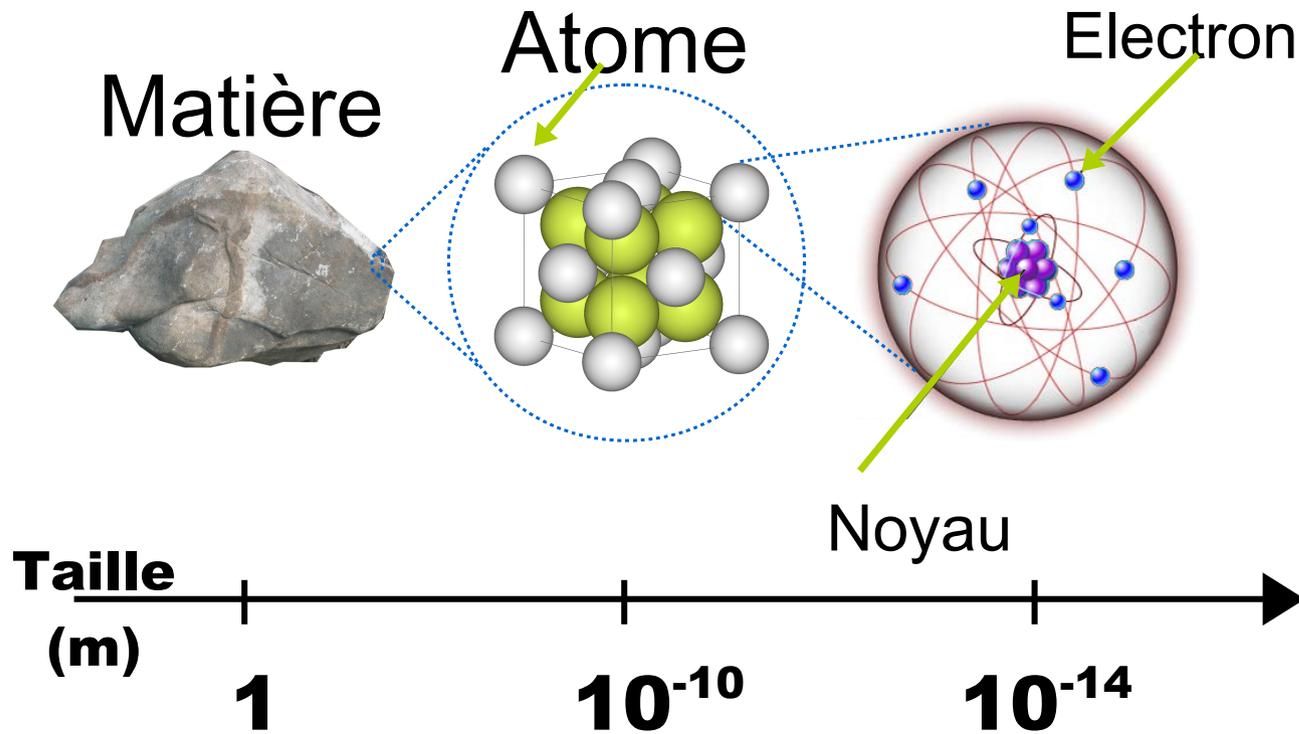
- Des particules **sans sous-structure** !
- Notion qui **varie avec l'époque** et les moyens expérimentaux

Les particules élémentaires



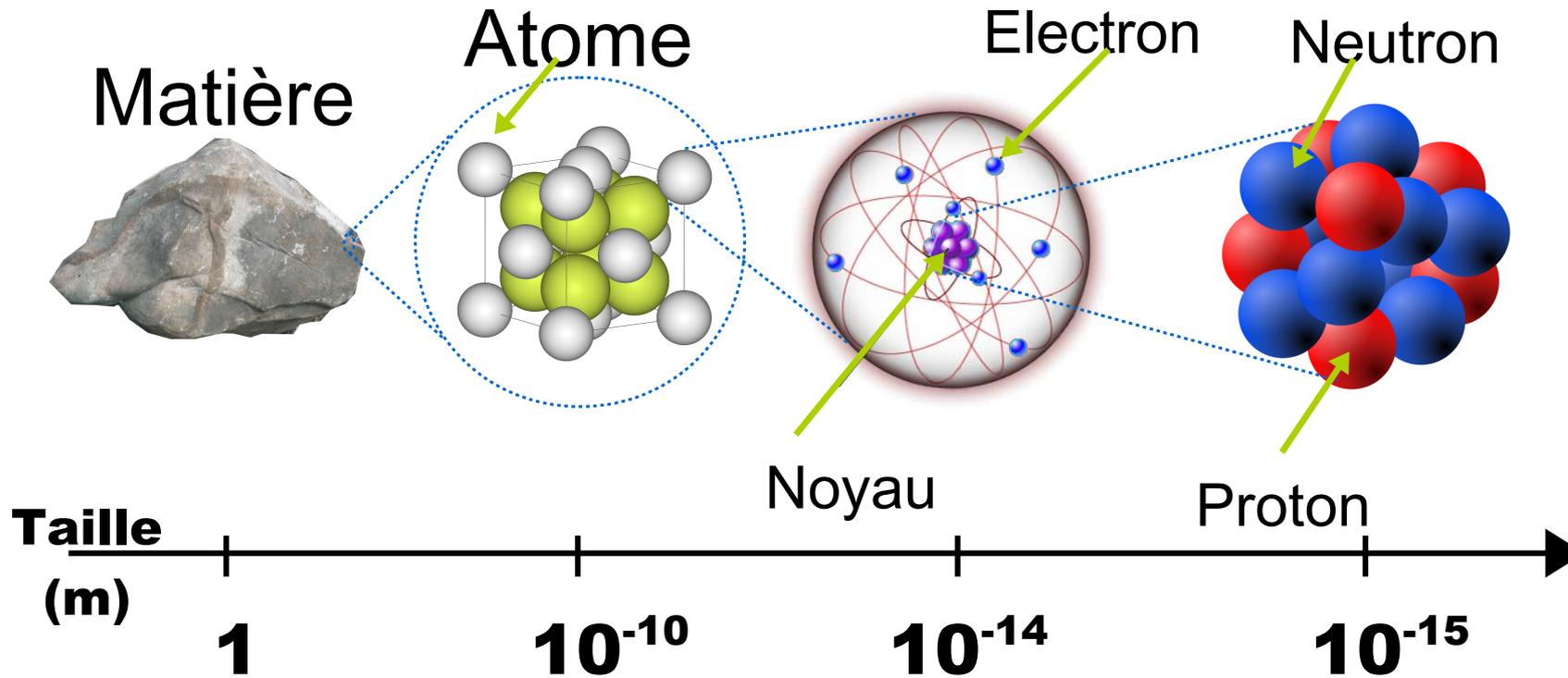
- **Atomes** : notion inventée dès l'antiquité. Composant indivisible de la matière.
- Atomes au sens moderne : XIXe siècle

Les particules élémentaires



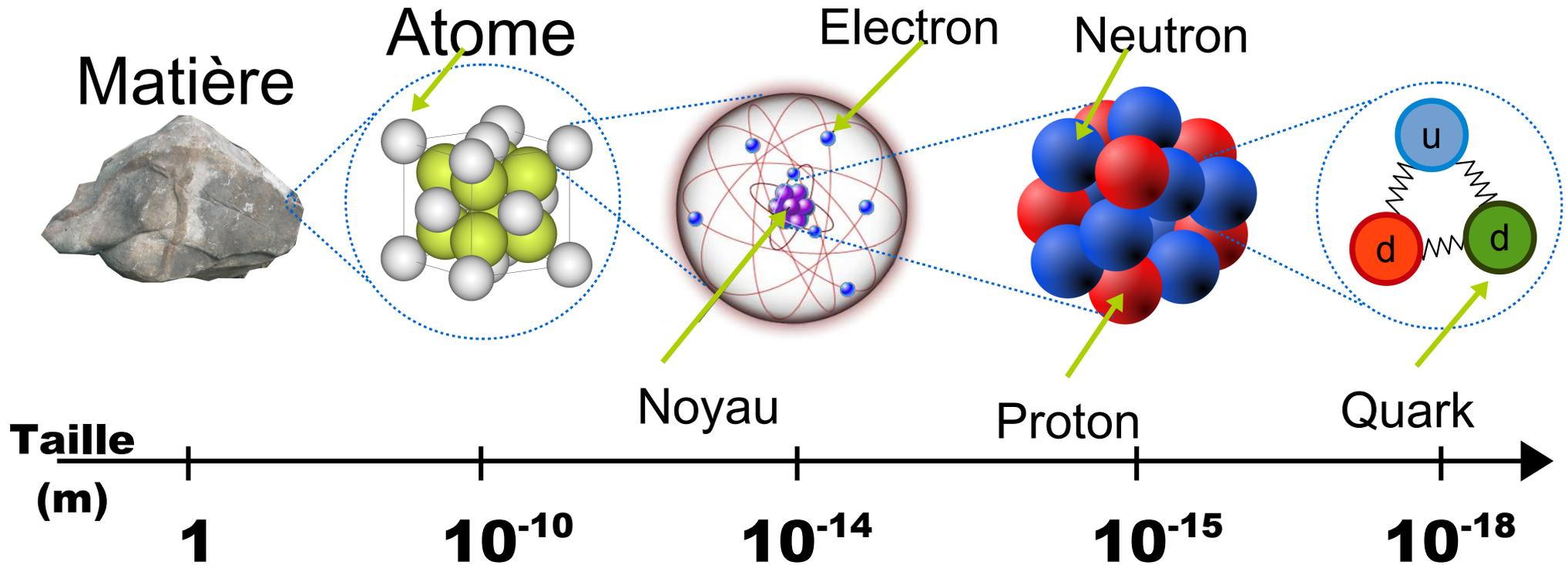
→ Découverte du **noyau et de l'électron** : fin XIXe, début XXe

Les particules élémentaires



→ Les noyaux sont fait de **protons et neutrons**
(neutron découvert dans les années 1930)

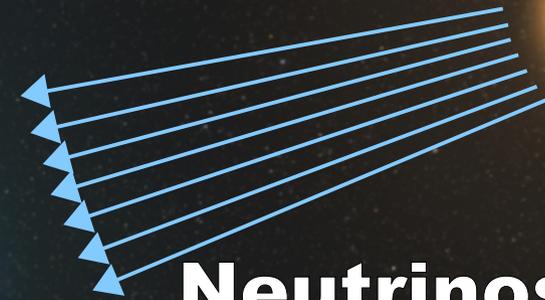
Les particules élémentaires



→ Les **électrons** et **quarks** (années 1960) sont des particules élémentaires : **sans sous-structure**

→ Masse $\sim 10^{-30}$ kg, taille $< 10^{-18}$ m !

Des particules élémentaires vous traversent !



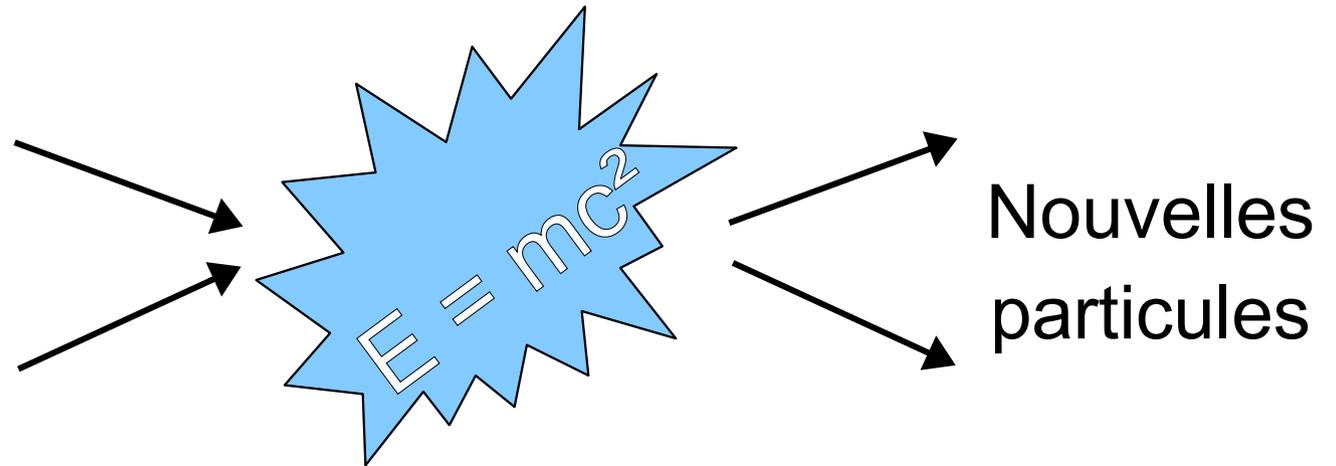
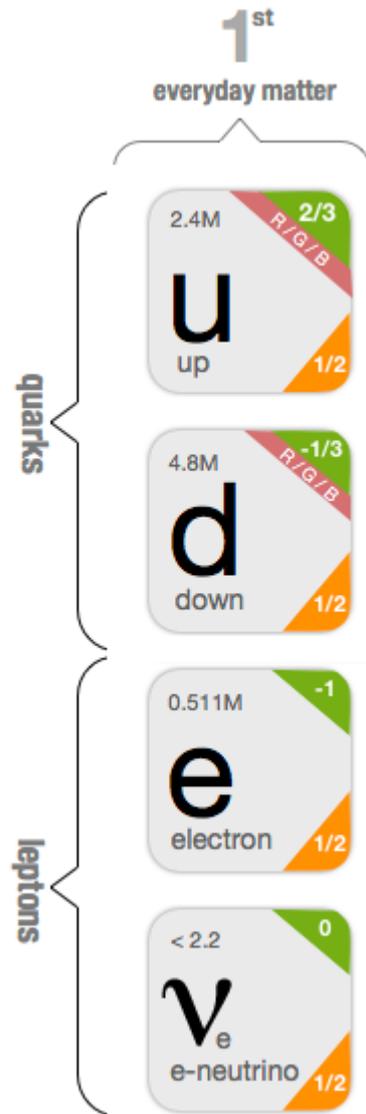
Neutrinos (ν)

Muons (μ)

**~ 100 par seconde
(produits par les
rayons cosmiques)**

**100 000 milliards vous
traversent chaque
seconde !
(produits par le soleil)**

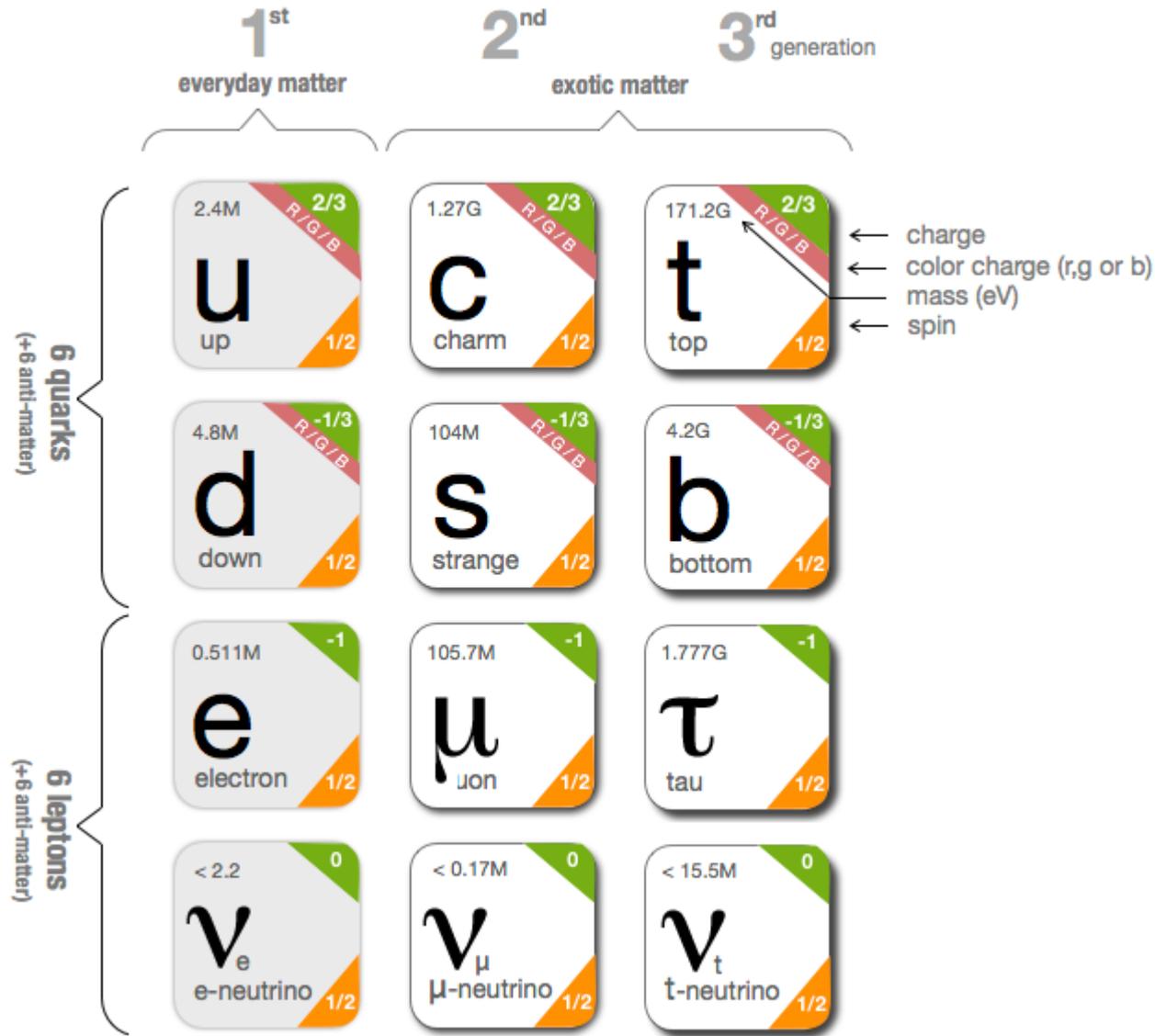
Les particules de matière



Collisions à haute énergie
(ex : accélérateur de particules)

Matière ordinaire

Les particules de matière

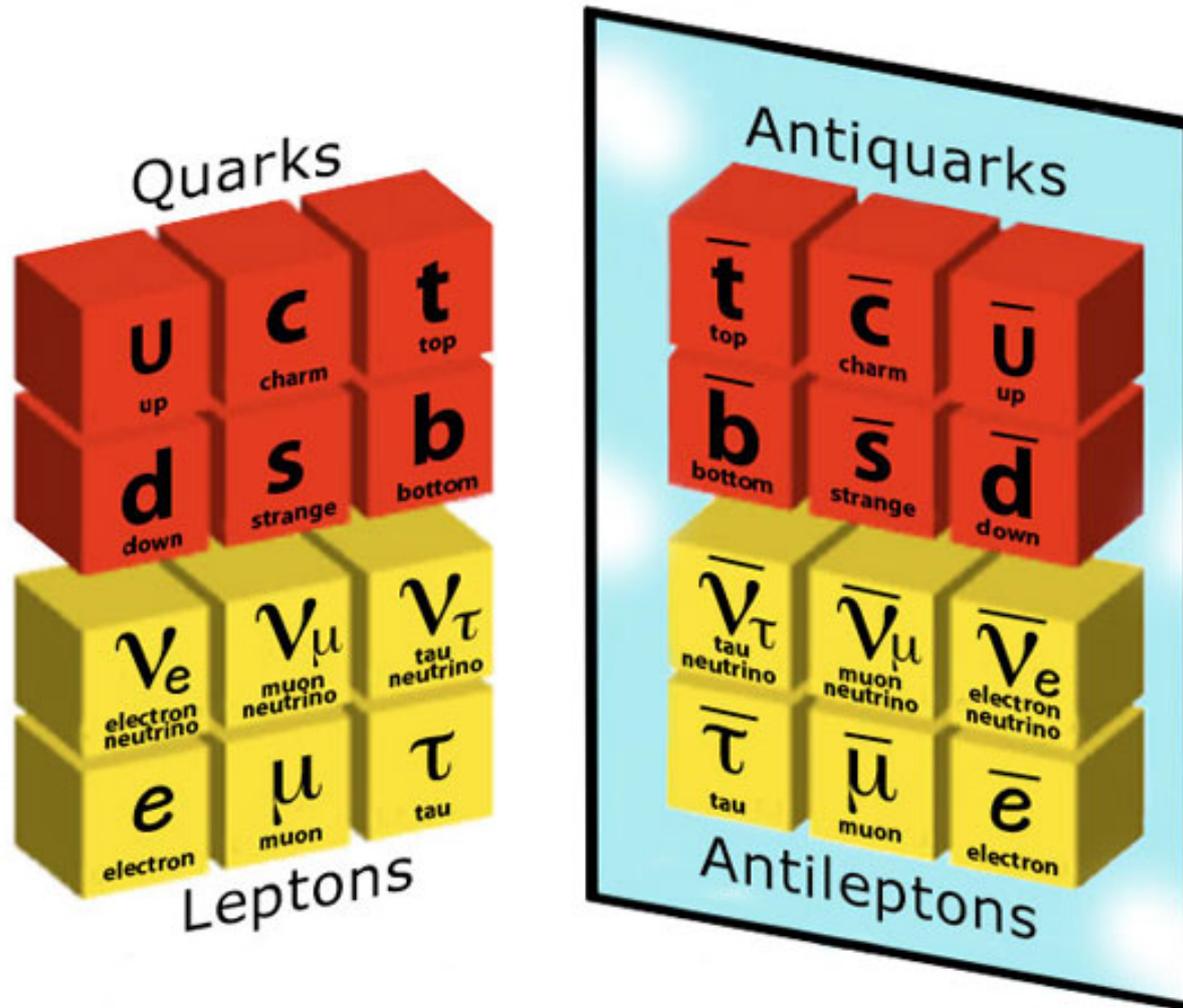


Matière
ordinaire

Désintégration
←

Matière
« **exotique** »

et leurs antiparticules

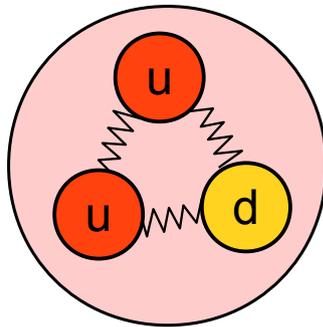


Pour chaque **particule**, il existe une **anti-particule** associée, avec les même propriétés et la même masse, mais une **charge électrique opposée**.

Les quarks forment des hadrons

Les **quarks** ne sont jamais isolés. Ils se regroupent en objets de charge électrique entière : les **hadrons**.

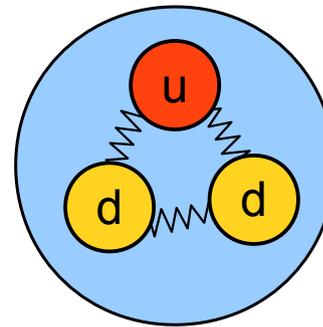
Proton (charge +1)



$$\frac{2}{3} + \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = 1$$

u u d

Neutron (charge 0)



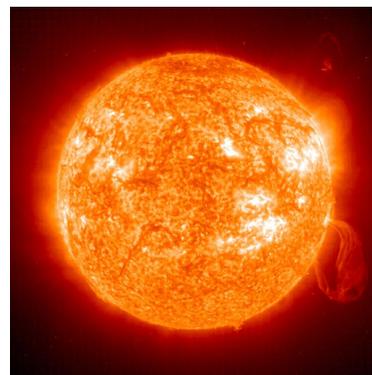
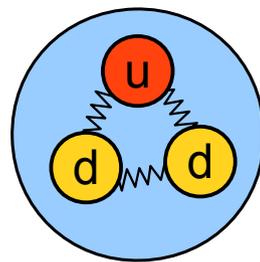
$$\frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} = 0$$

u d d

La cohésion des quarks provient d'une **force** (ou **interaction**)

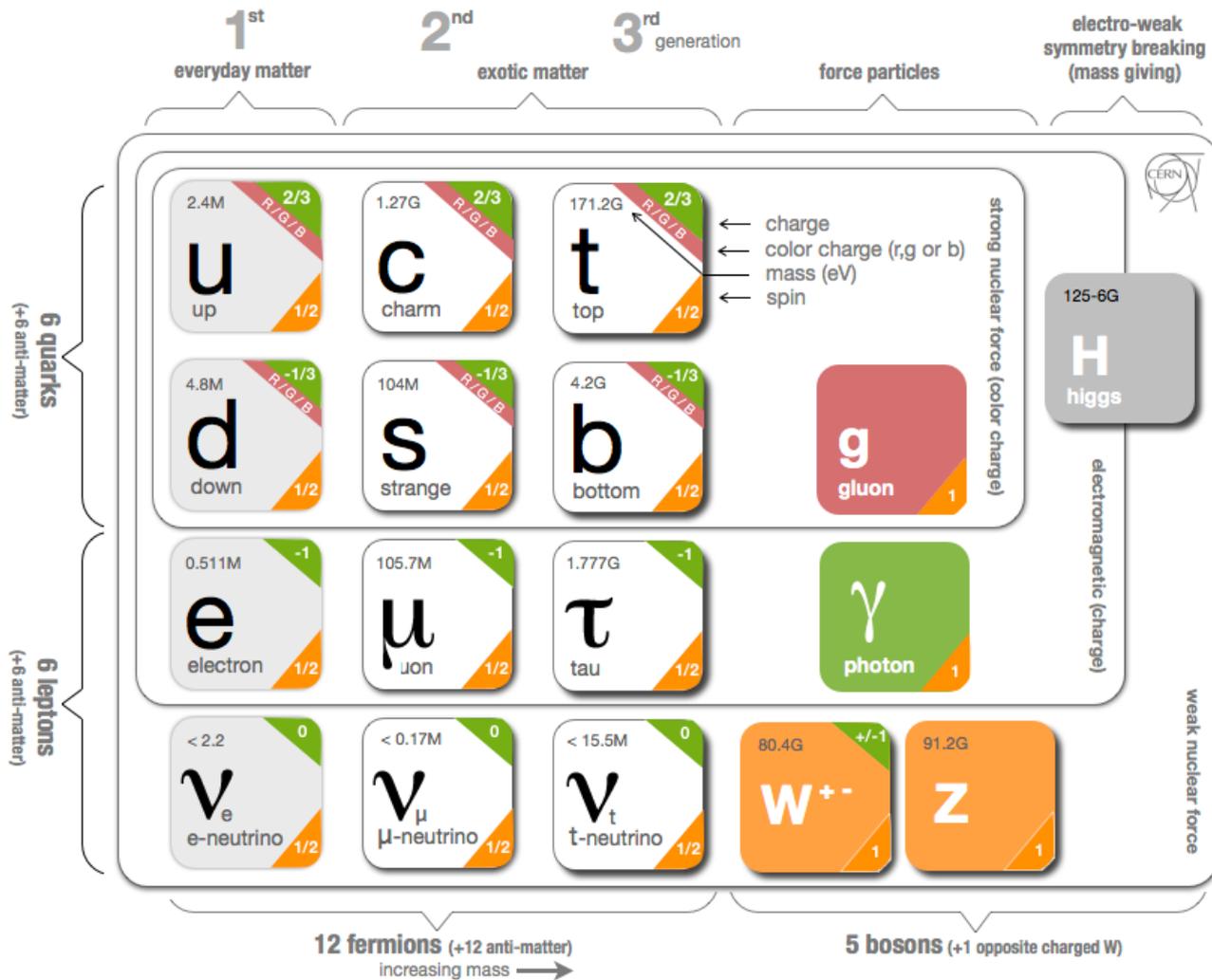
Les interactions

Nous décrivons la nature par **4 interactions fondamentales**, qui résultent de l'échange de **particules médiatrices**



Interaction	Electro magnétique	Forte	Faible	Gravita- tionelle
Mediateur	Photon γ	Gluon g	3 bosons W^+ , W^- , Z	(graviton ?)
Intensité relative	10^{-2}	1	10^{-14}	10^{-40}

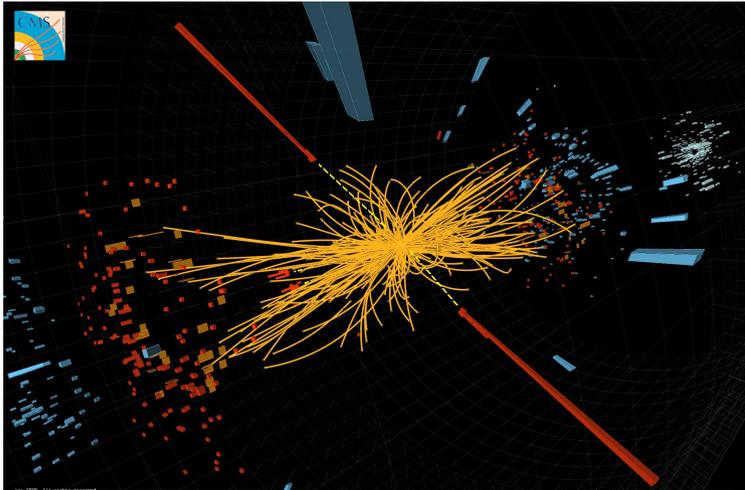
Le Modèle Standard



Le **Modèle Standard** est la théorie qui décrit les particules connues et leurs interactions.

Toutes ces particules avaient été observées avant le LHC, sauf une : le **boson de Higgs**, responsable de la masse des particules

Le boson de Higgs

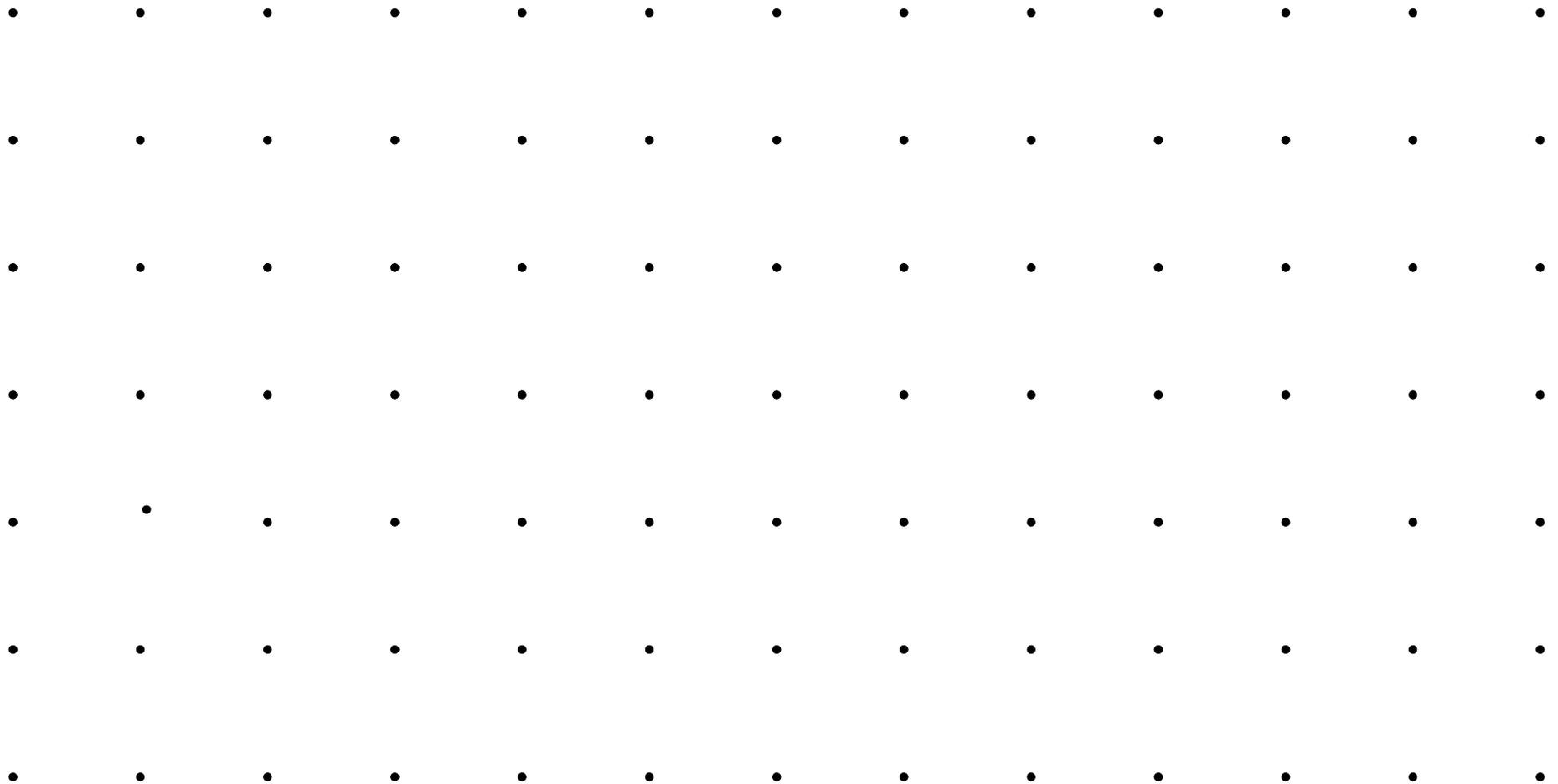


Observé en 2012,
40 ans après sa
prédiction !



Le mécanisme de Higgs

Ou comment la masse des particules
est la manifestation de leur interaction avec
le **champ de Higgs**



Le mécanisme de Higgs

Ou comment la masse des particules
est la manifestation de leur interaction avec
le **champ de Higgs**



L'**électron interagit peu**

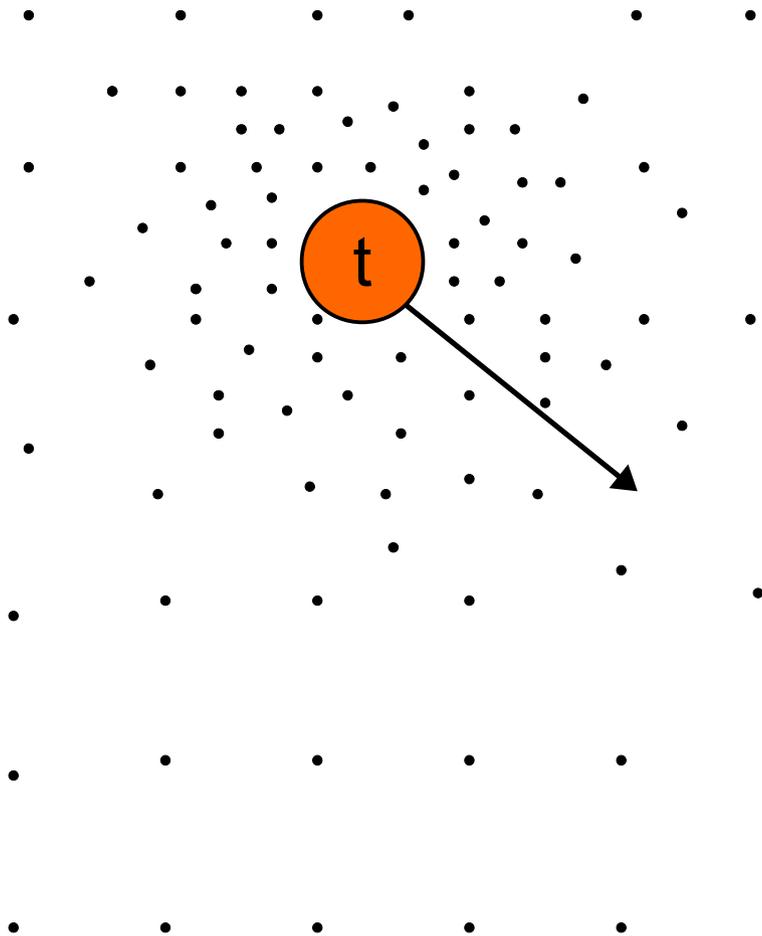
avec le champ de Higgs :

une faible quantité d'énergie lui

donne une **grande vitesse**

Le mécanisme de Higgs

Ou comment la masse des particules
est la manifestation de leur interaction avec
le **champ de Higgs**



Le **quark top interagit beaucoup** avec le champ de Higgs :
il lui fait plus d'énergie pour se déplacer, il paraît **plus lourd** !

Cependant, encore beaucoup de questions sans réponses...

- Pourquoi y a-t-il **trois familles** de constituants ?
- Pourquoi le **quark top** est-il si lourd ?
- Où est passé l'**anti-matière** ? A l'origine, il y devait y avoir autant de matière que d'anti-matière.
- Existe-t-il d'**autres particules** ?
- Qu'est-ce que la **matière noire** et l'**énergie sombre** ?
- Comment inclure la description de la **gravitation** ?

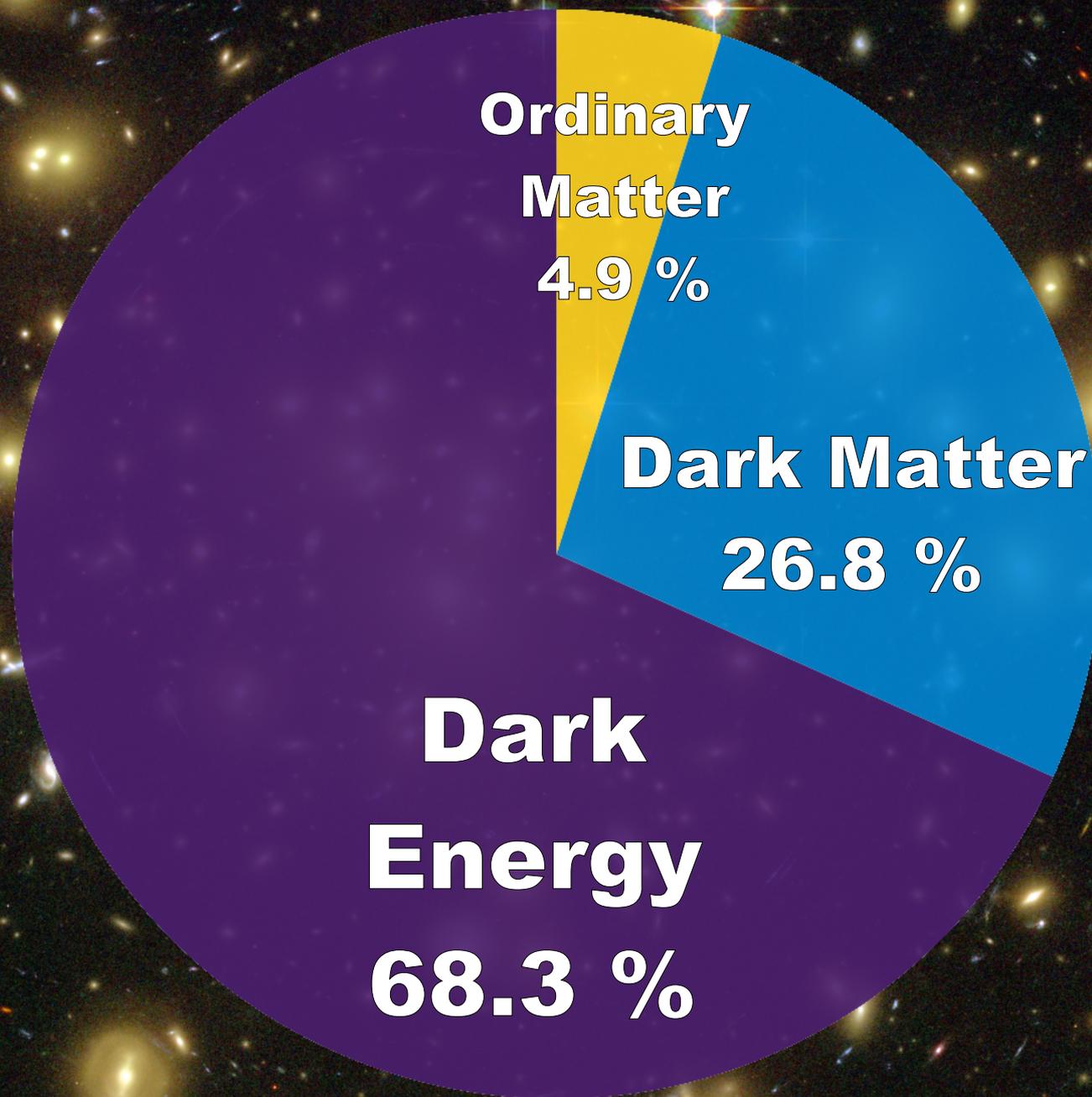


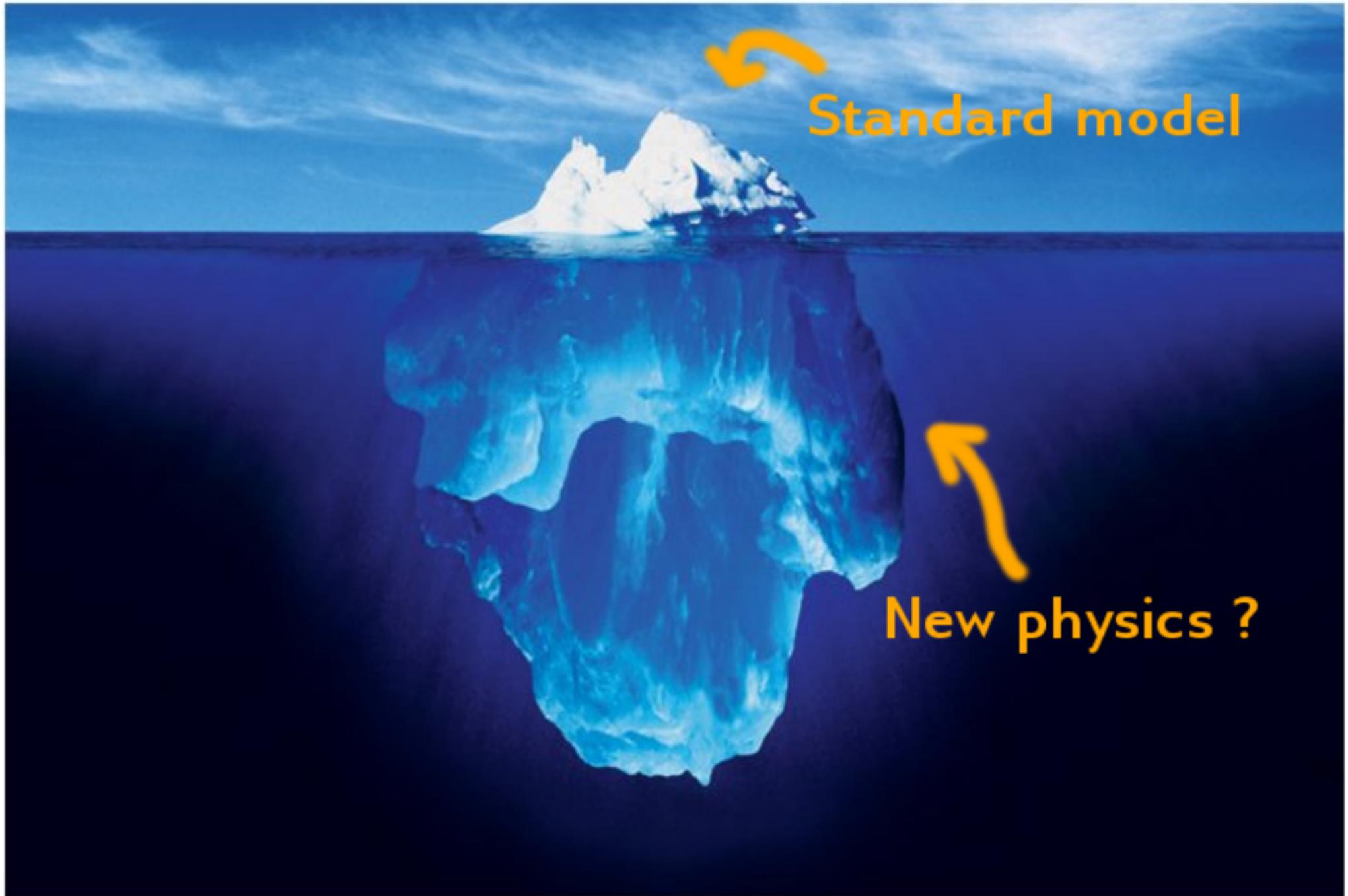
**Si les étoiles tournent
réellement à la vitesse
que l'on mesure ...**

A photograph of a spiral galaxy, likely the Milky Way, viewed from an angle. The galaxy's structure is composed of a central bulge and several spiral arms. The stars are depicted as numerous small points of light, with some appearing as bright yellow and others as blue. Two yellow curved arrows are overlaid on the image: one in the upper right quadrant pointing clockwise, and another in the lower left quadrant pointing counter-clockwise, illustrating the rotational motion of the stars.

**... il doit y avoir
de la masse en plus,
mais qu'on ne voit
pas !**

De la « matière noire »





Standard model



New physics ?