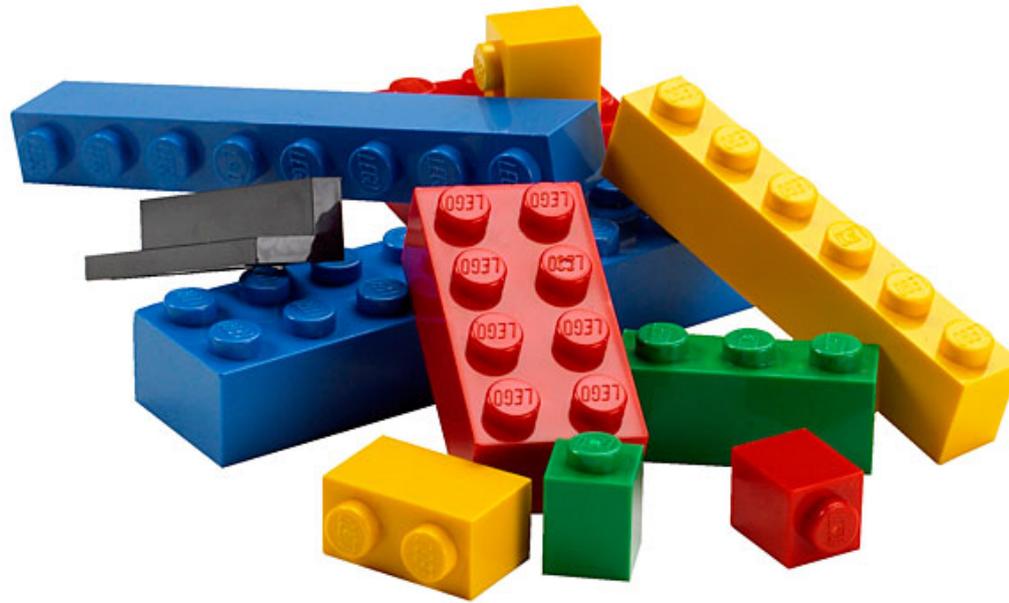


Introduction à la physique des particules

The background of the slide is a complex, abstract visualization of particle physics. It features a dark, deep blue space filled with numerous small, glowing particles in shades of blue, green, and yellow. Several prominent, glowing blue and green spheres are scattered throughout, some appearing to be in motion or interacting. The overall effect is that of a dynamic, multi-dimensional particle collision or a complex field of energy.

Masterclasses 2014 - Strasbourg

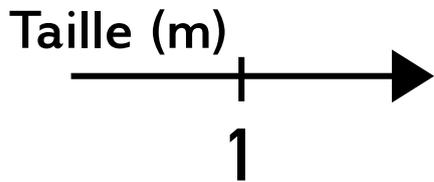
Les particules élémentaires



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

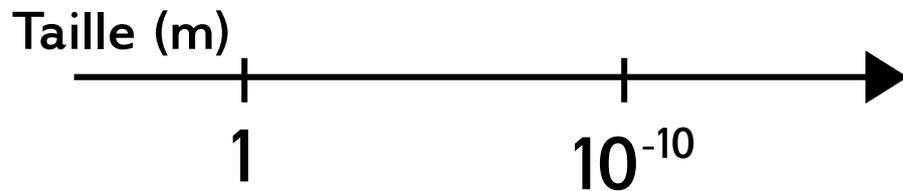
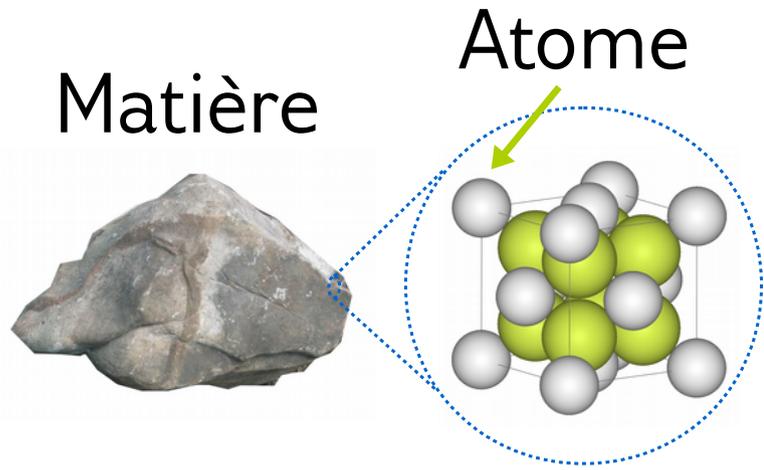
Les particules élémentaires

Matière



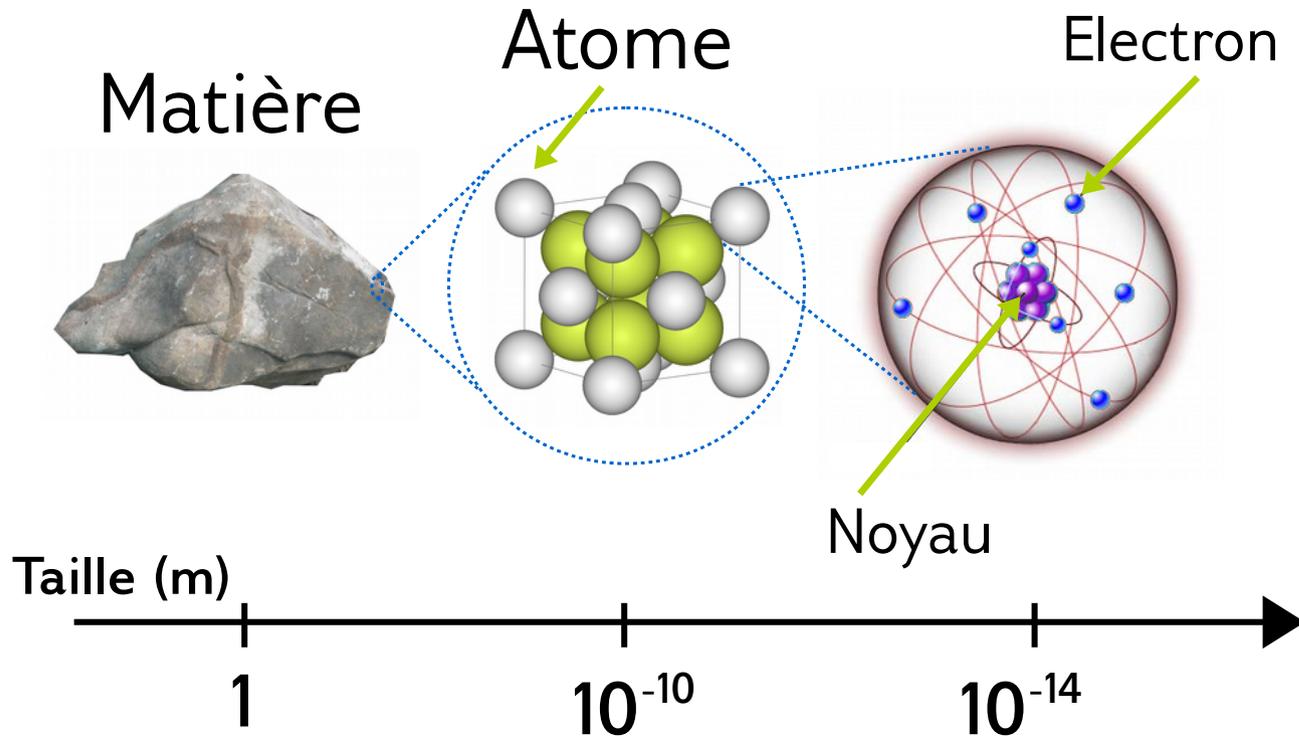
- Des particules **sans sous-structure** !
- Notion qui **varie avec l'époque** (et les moyens expérimentaux)

Les particules élémentaires



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

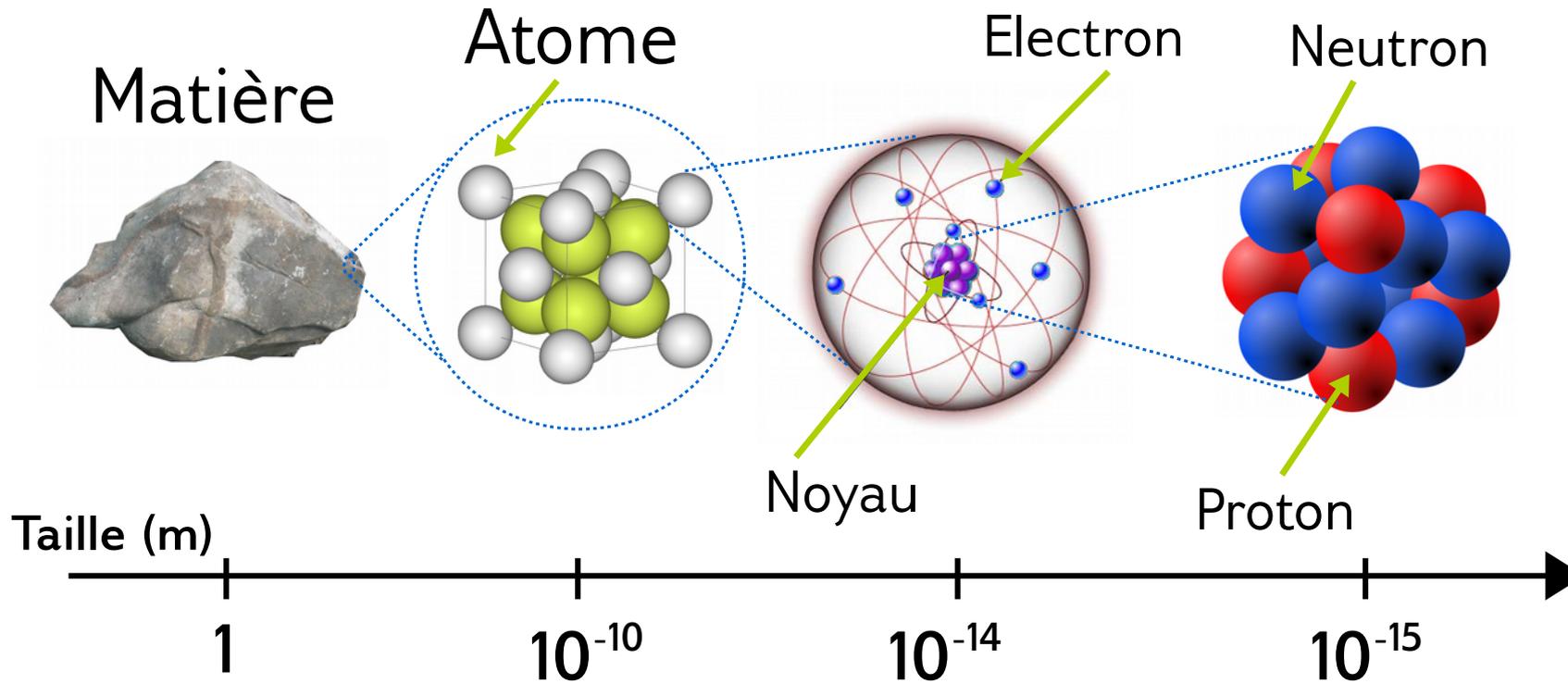
Les particules élémentaires



→ Des particules **sans sous-structure** !

→ Notion qui **varie avec l'époque** (et les moyens expérimentaux)

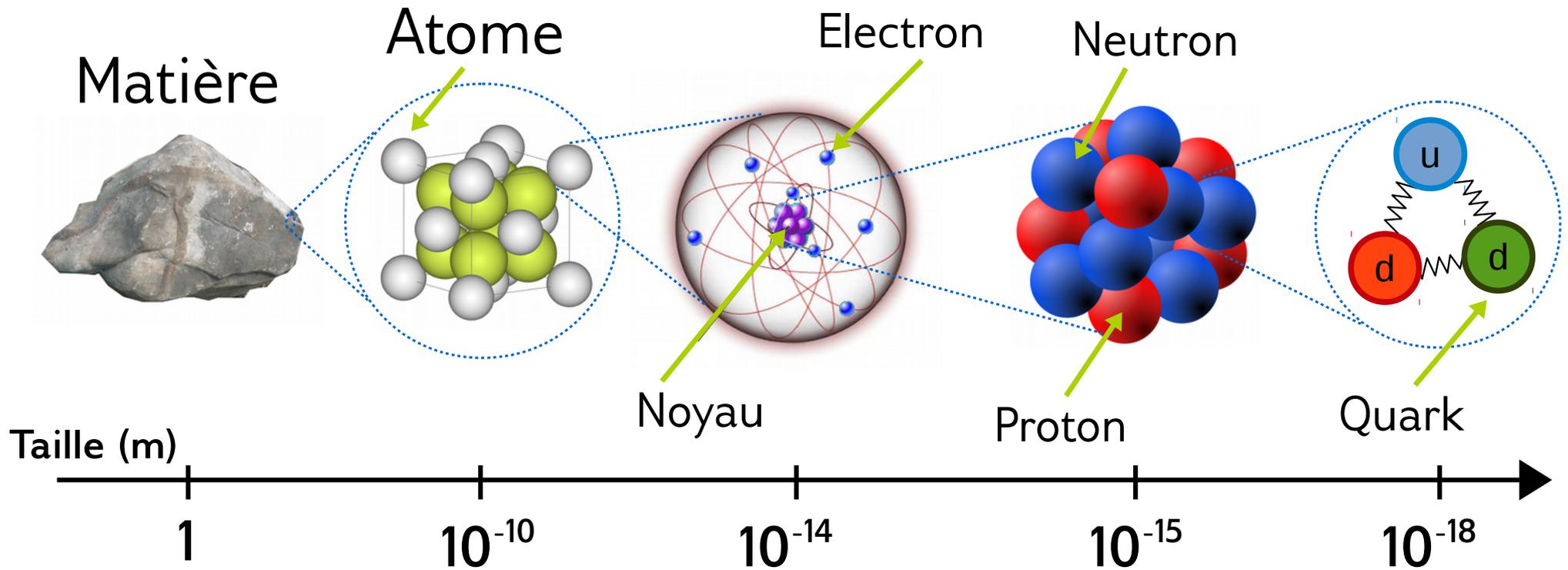
Les particules élémentaires



→ Des particules **sans sous-structure** !

→ Notion qui **varie avec l'époque** (et les moyens expérimentaux)

Les particules élémentaires



→ Des particules **sans sous-structure** !

→ Notion qui **varie avec l'époque** (et les moyens expérimentaux)

→ Les **électrons** et **quarks** sont des particules élémentaires

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

Des particules élémentaires vous traversent !

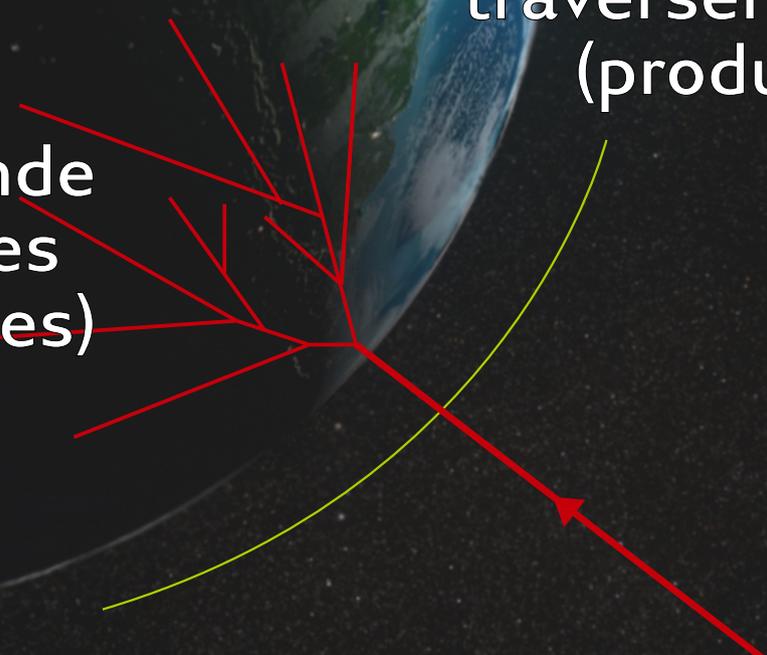


Neutrinos (ν)

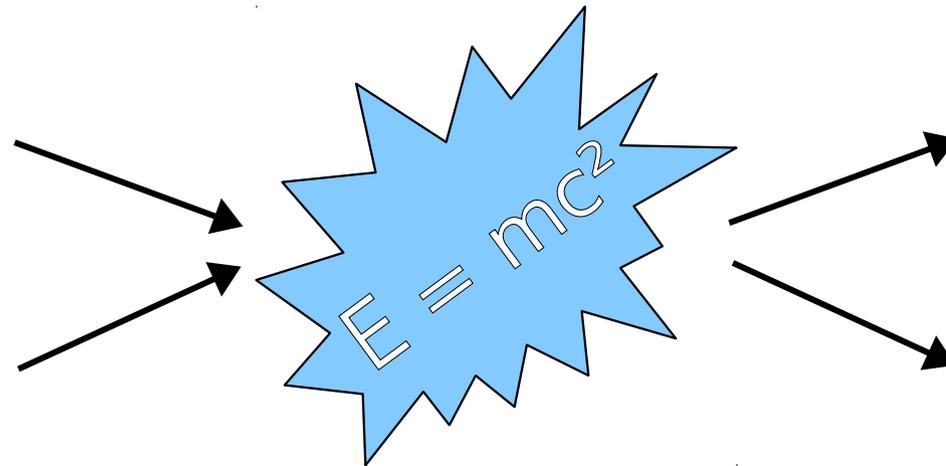
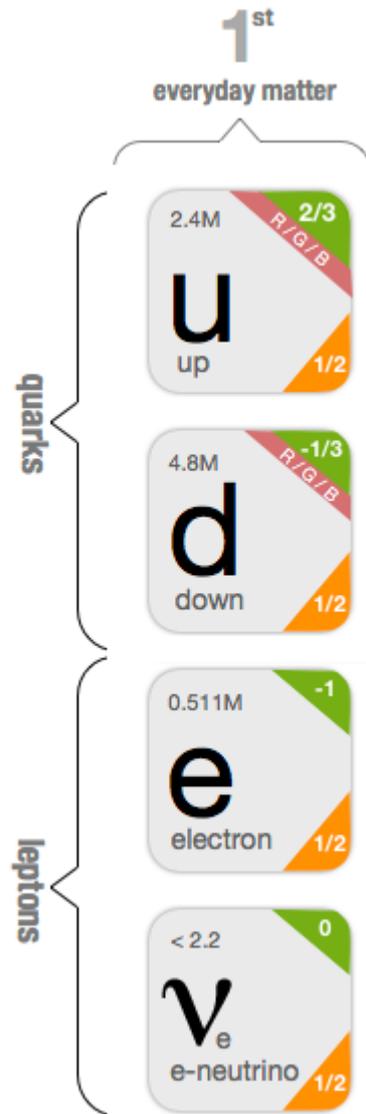
100 000 milliards vous traversent chaque seconde !
(produits par le soleil)

Muons (μ)

~ 100 par seconde
(produits par les
rayons cosmiques)



Les particules de matière

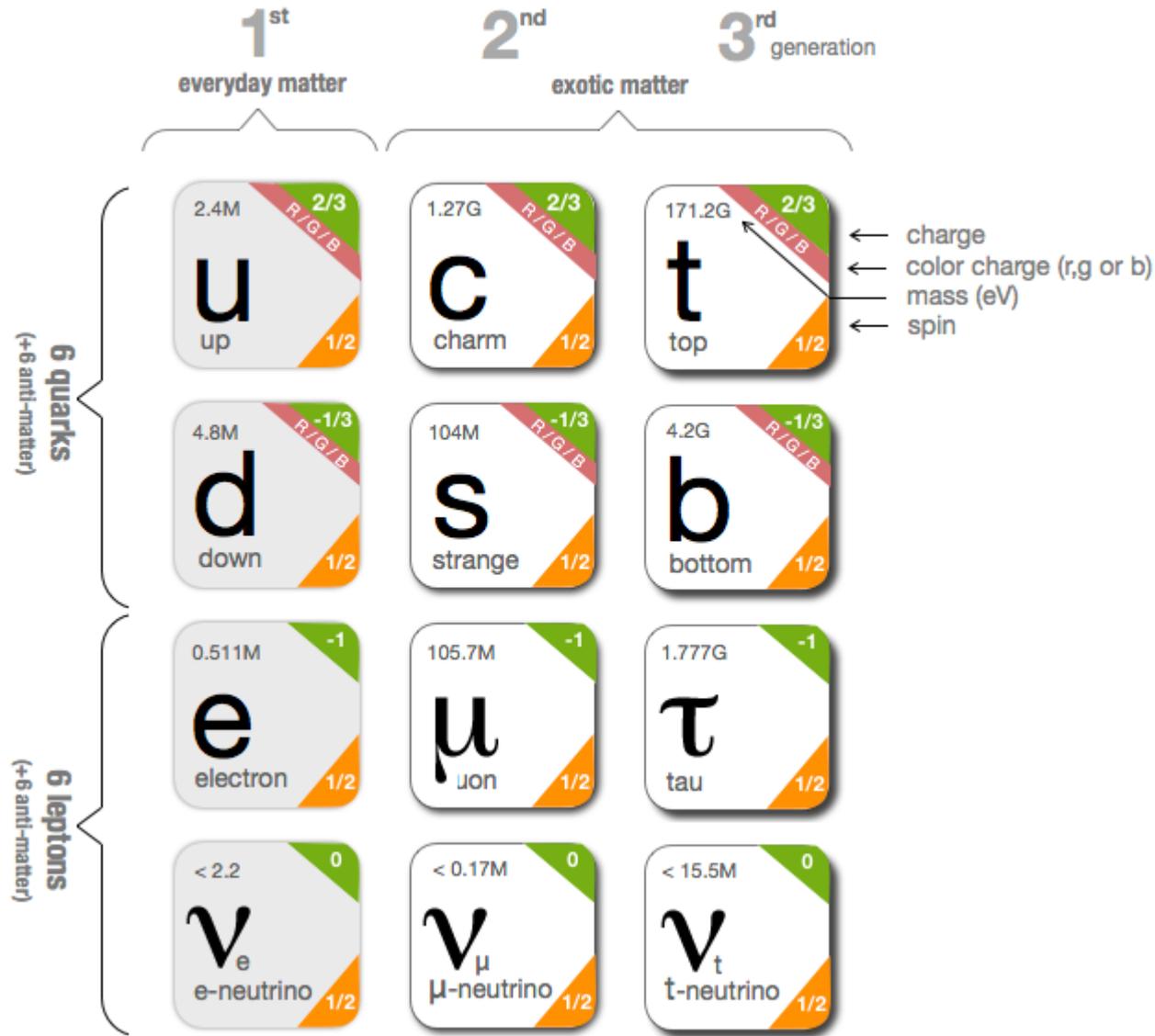


Collisions à haute énergie
(ex : accélérateur de particules)

Nouvelles
particules

Matière ordinaire

Les particules de matière

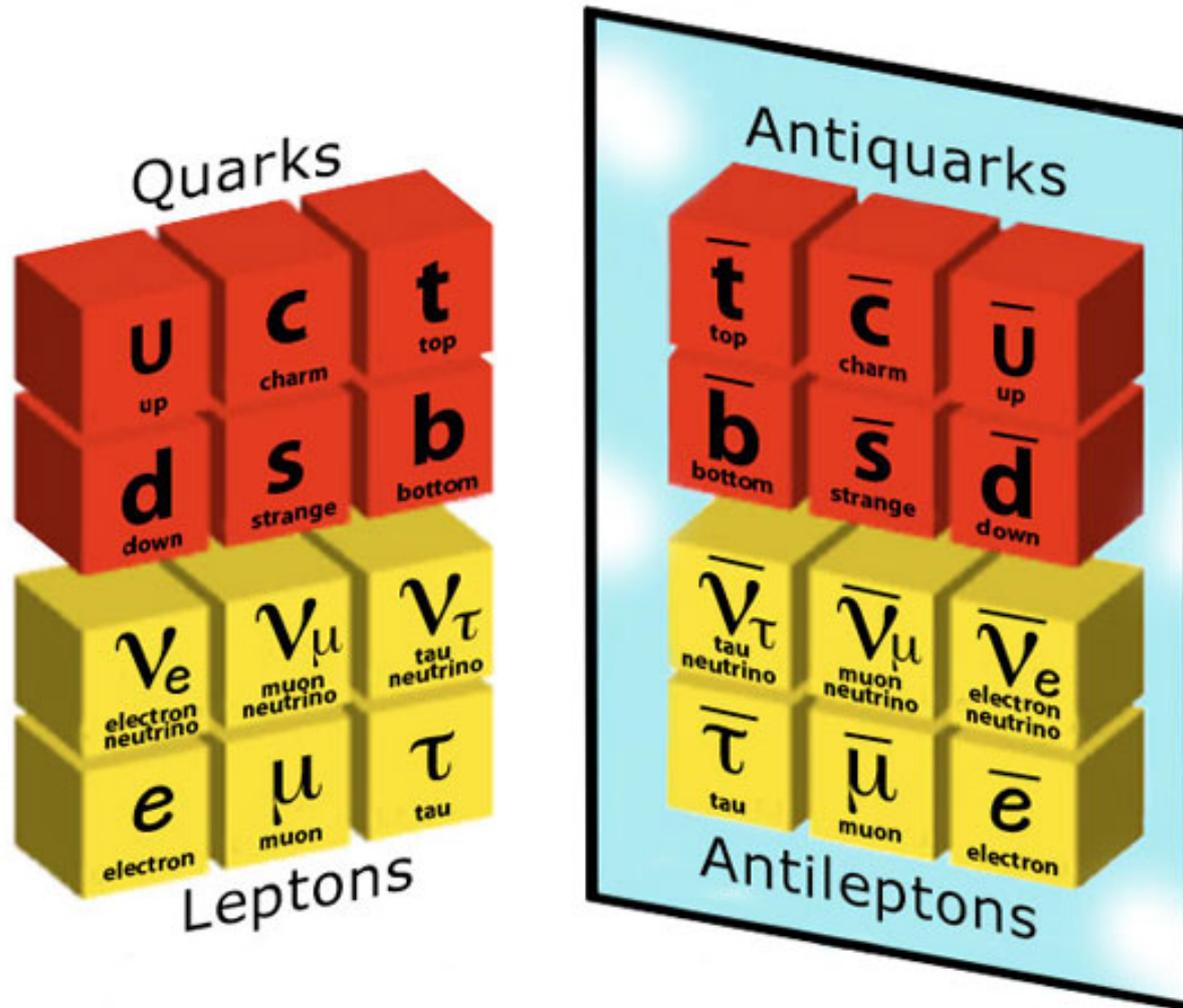


Matière **ordinaire**

← Désintégration

Matière « **exotique** »

et leurs antiparticules

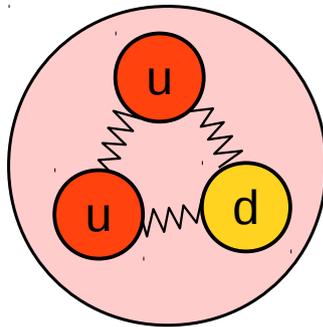


Pour chaque **particule**, il existe une **anti-particule** associée, avec les mêmes propriétés et la même masse, mais une **charge électrique opposée**.

Les quarks forment des hadrons

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

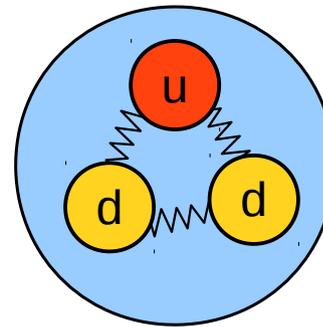
Proton (charge +1)



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

u u d

Neutron (charge 0)



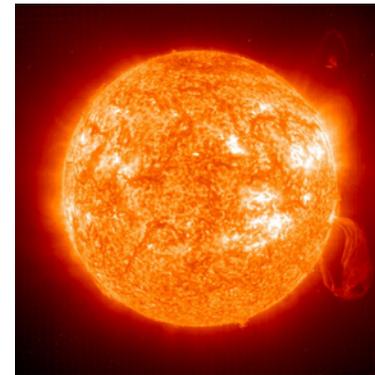
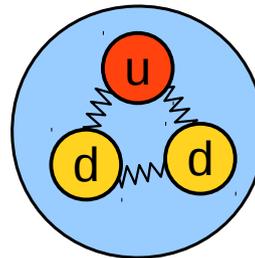
$$\frac{2}{3} - \frac{1}{3} - \frac{1}{3} = 0$$

u d d

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

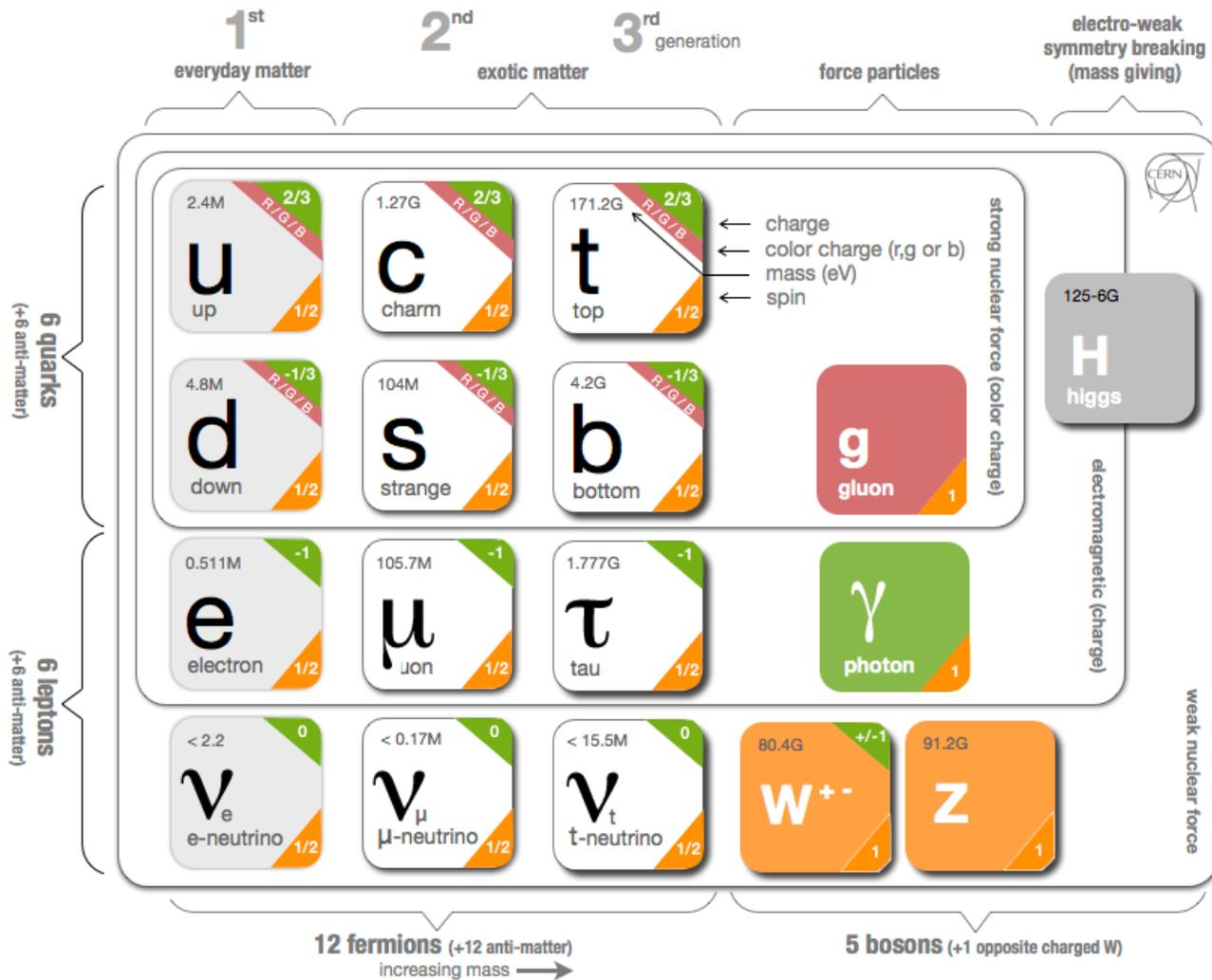
Les interactions

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

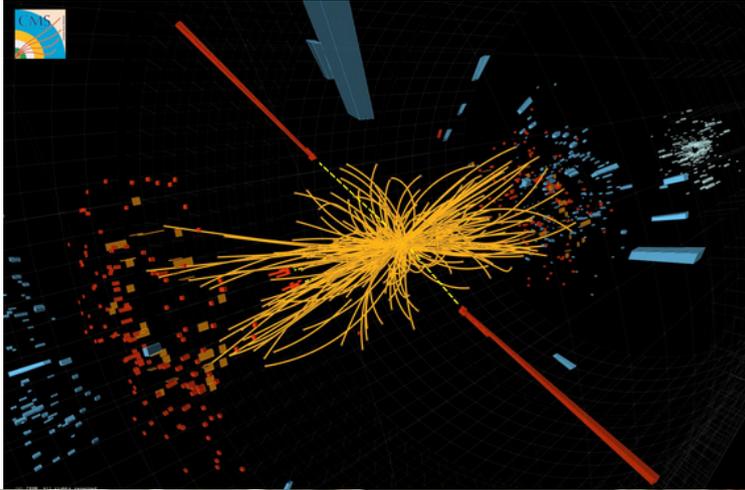


Le **Modèle Standard** est la théorie qui décrit les particules connues et leurs interactions.

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 !



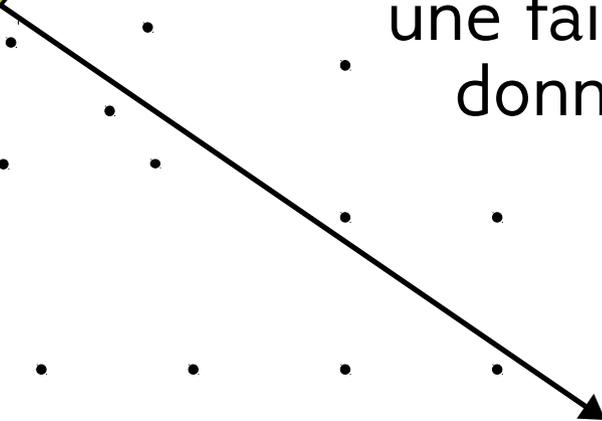
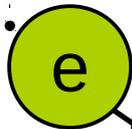
Le mécanisme de Higgs

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



Le mécanisme de Higgs

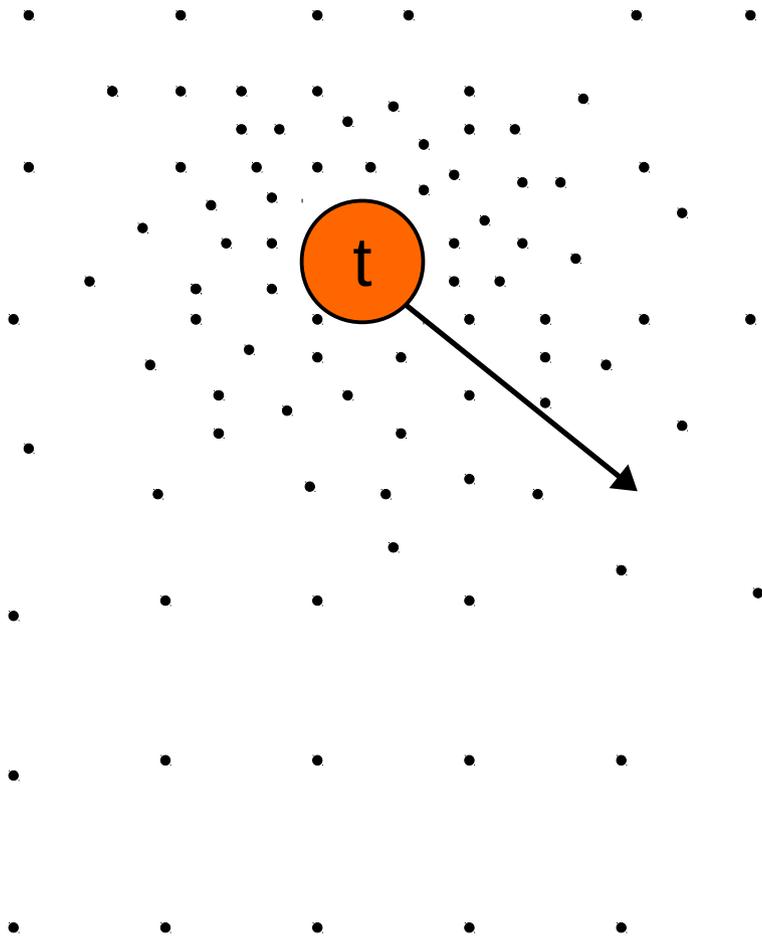
Ou comment la masse des particules est la manifestation de leur interaction avec le **champ de Higgs**



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...

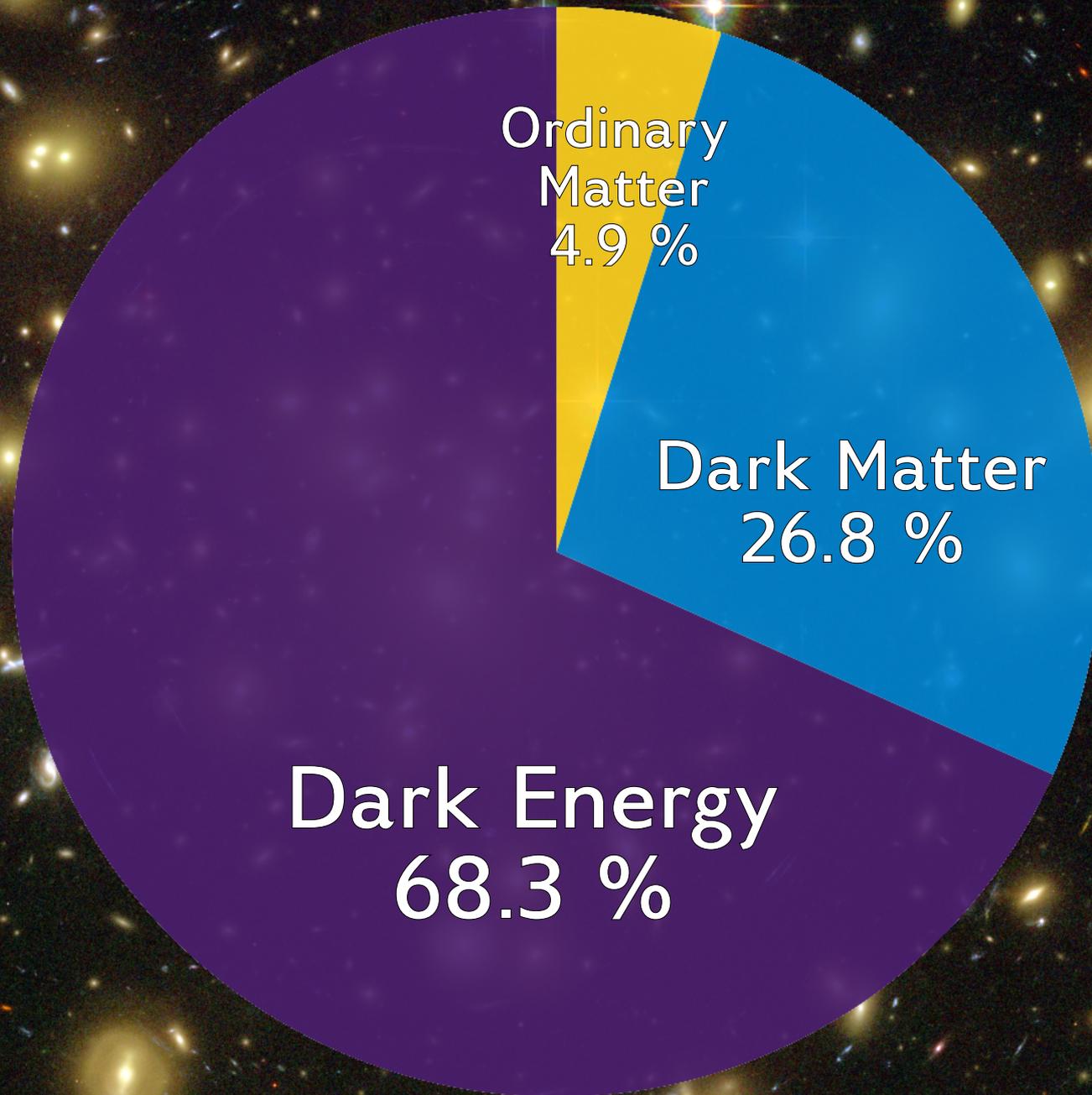
- Pourquoi y a-t-il **trois familles** de constituants ?
- Pourquoi le **quark top** est-il si lourd ?
- Où est passé l'**anti-matière** ? A l'origine, il y devait y avoir autant de matière que d'anti-matière.
- Existe-t-il d'**autres particules** ?
- Qu'est-ce que la **matière noire** et l'**énergie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

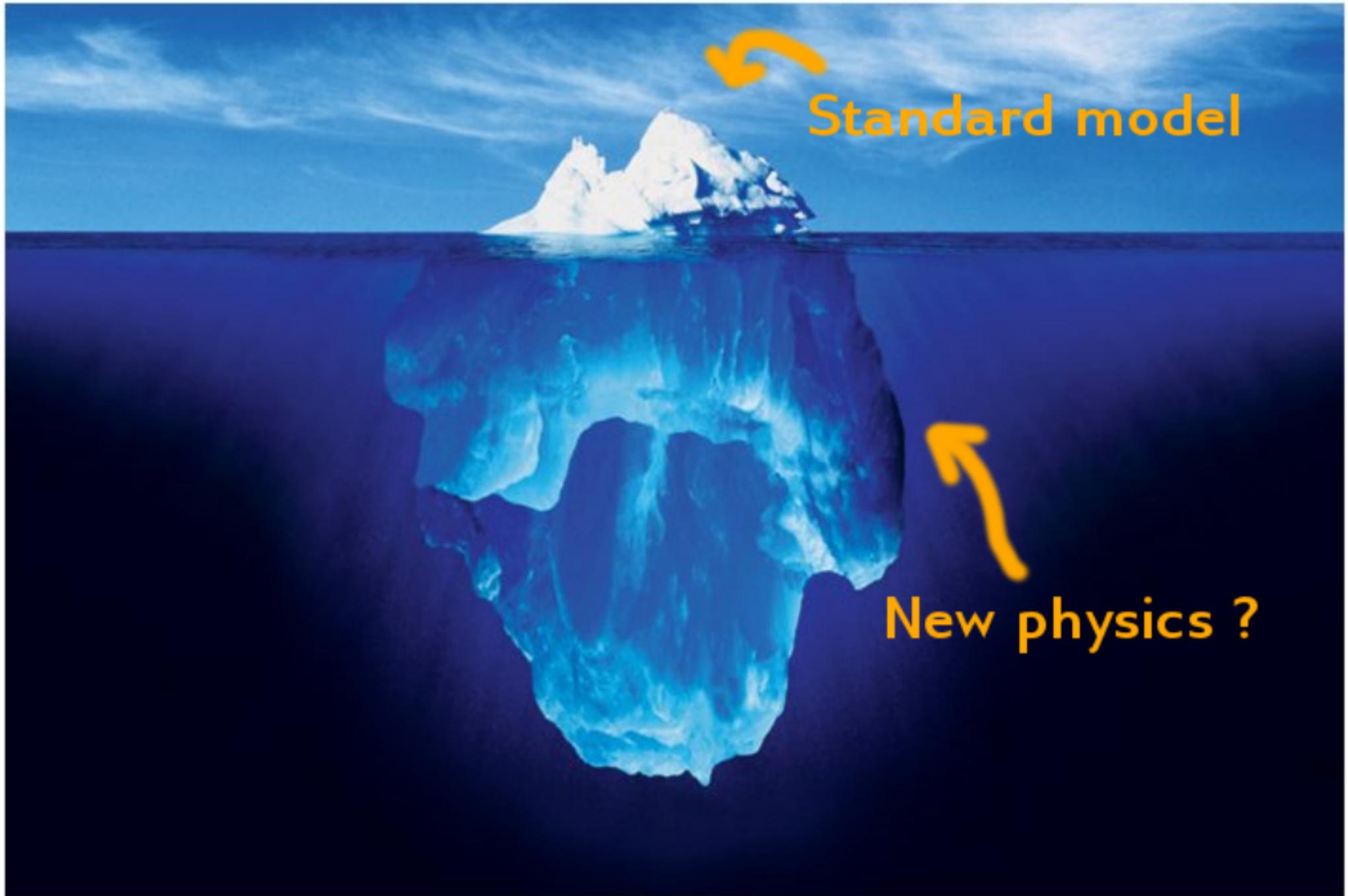


Si les étoiles tournent
réellement à la vitesse
que l'on mesure ...



... il doit y avoir
de la masse en plus, mais
qu'on ne voit pas !
De la « matière noire »





Standard model



New physics ?