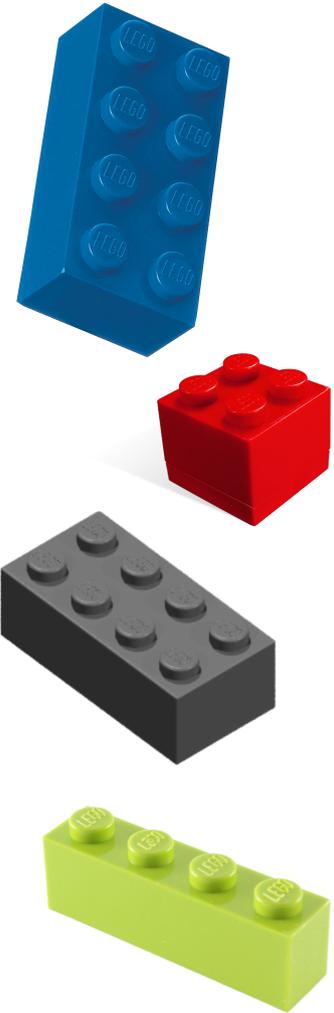


Introduction à la physique des particules



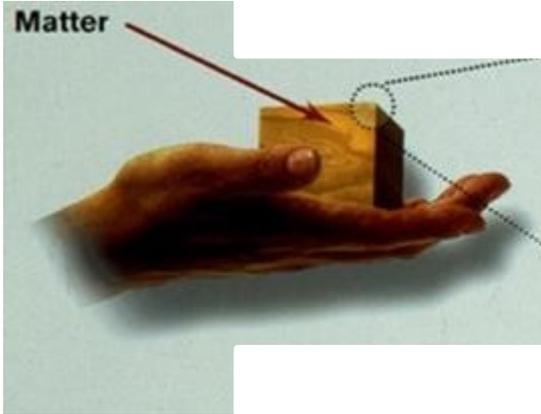
Masterclasses 2013 – Strasbourg

Les particules élémentaires... c'est quoi?



Ce sont les **briques fondamentales** qui composent toute la **matière connue**

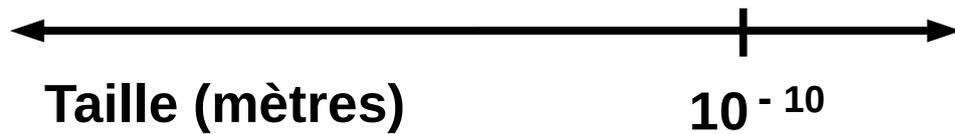
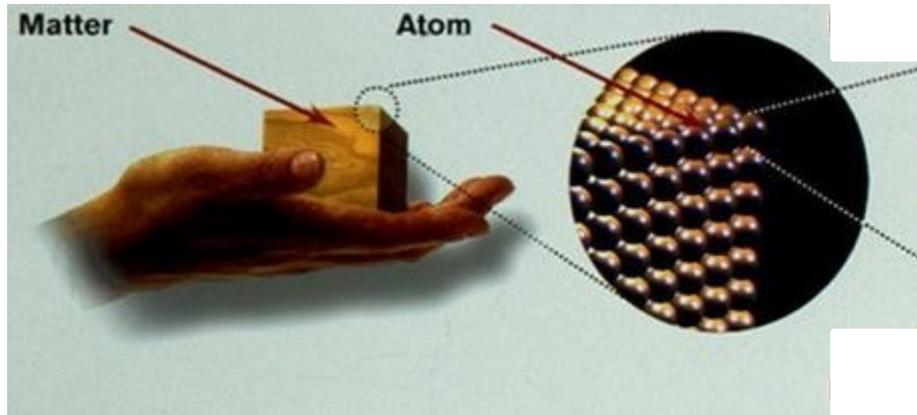
Les particules élémentaires... c'est quoi?



→ Des particules qui n'ont **pas de sous-structure** !

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

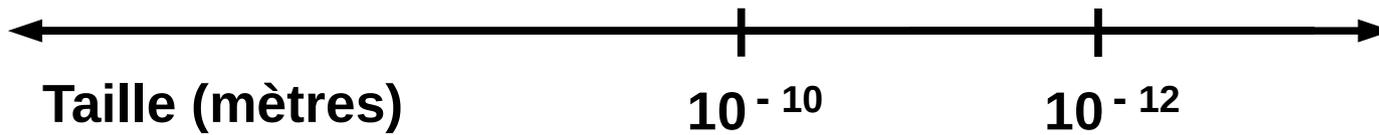
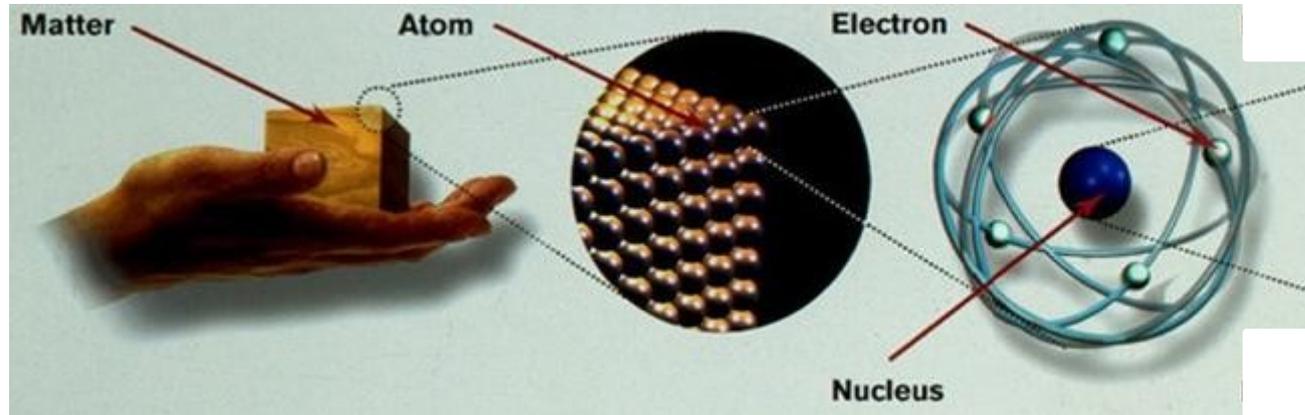
Les particules élémentaires... c'est quoi?



→ Des particules qui n'ont **pas de sous-structure** !

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

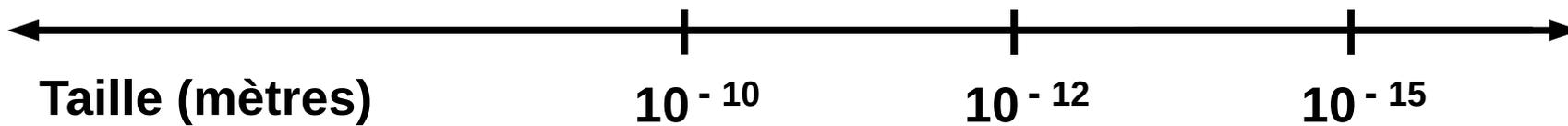
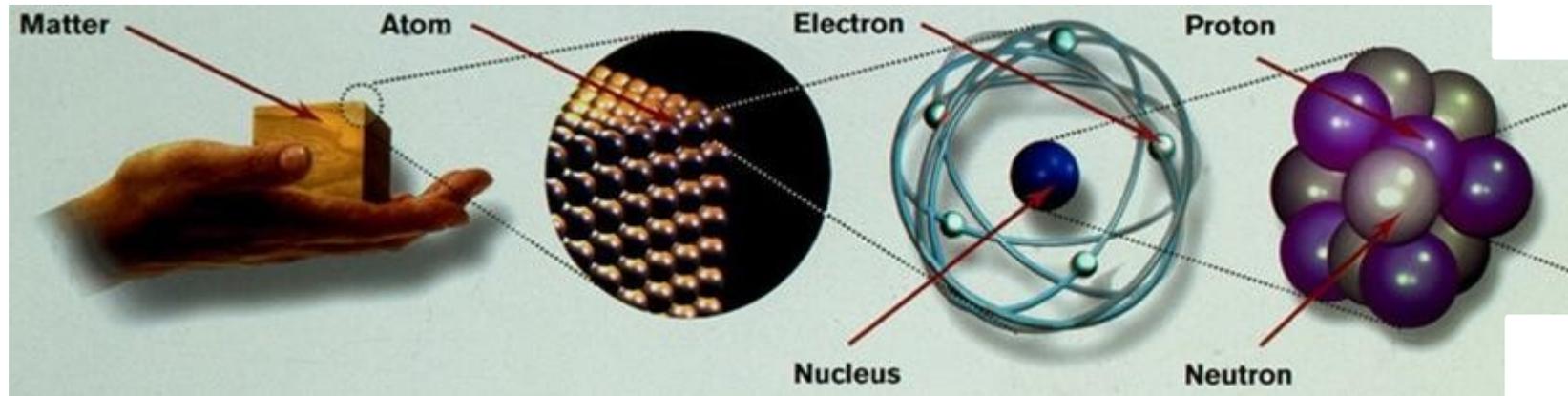
Les particules élémentaires... c'est quoi?



→ Des particules qui n'ont **pas de sous-structure** !

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

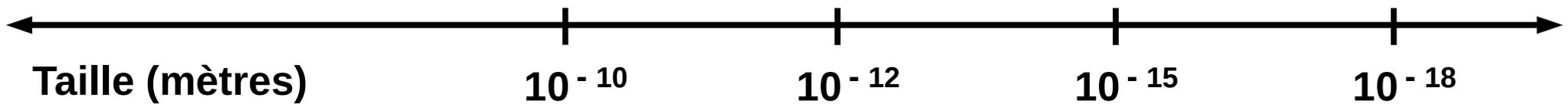
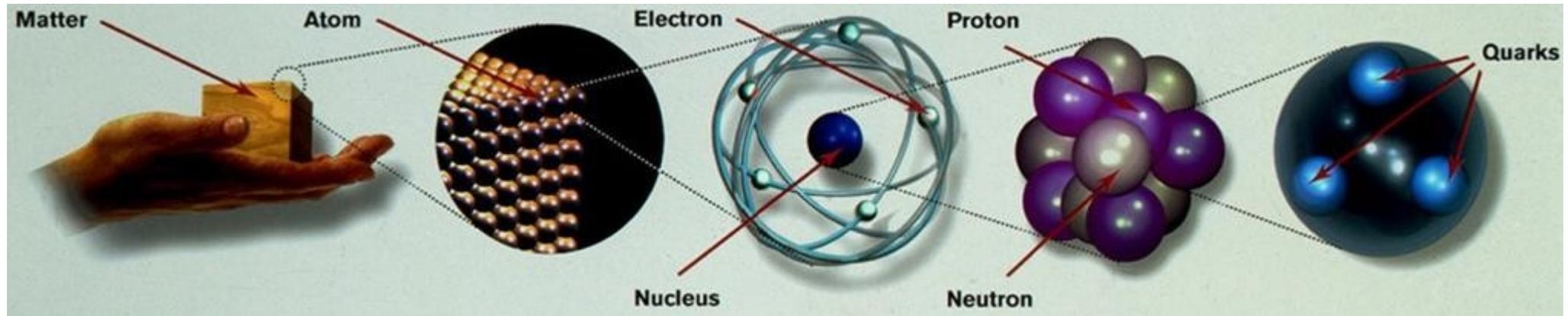
Les particules élémentaires... c'est quoi?



→ Des particules qui n'ont **pas de sous-structure** !

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

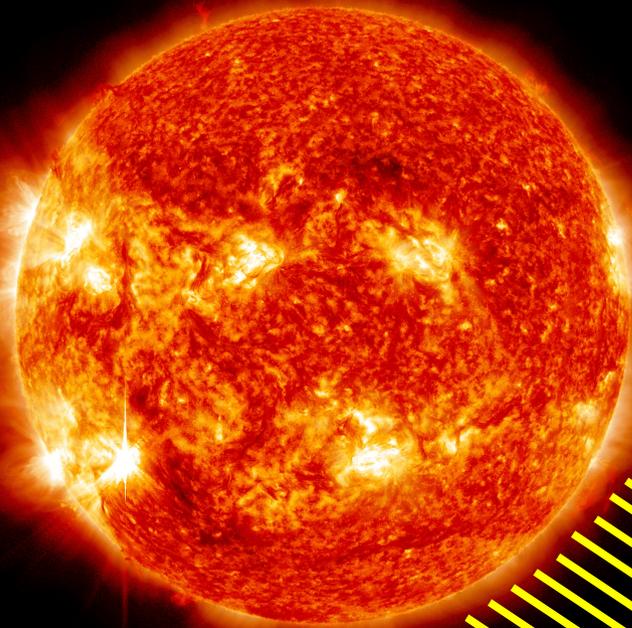
Les particules élémentaires... c'est quoi?



→ Des particules qui n'ont **pas de sous-structure** !

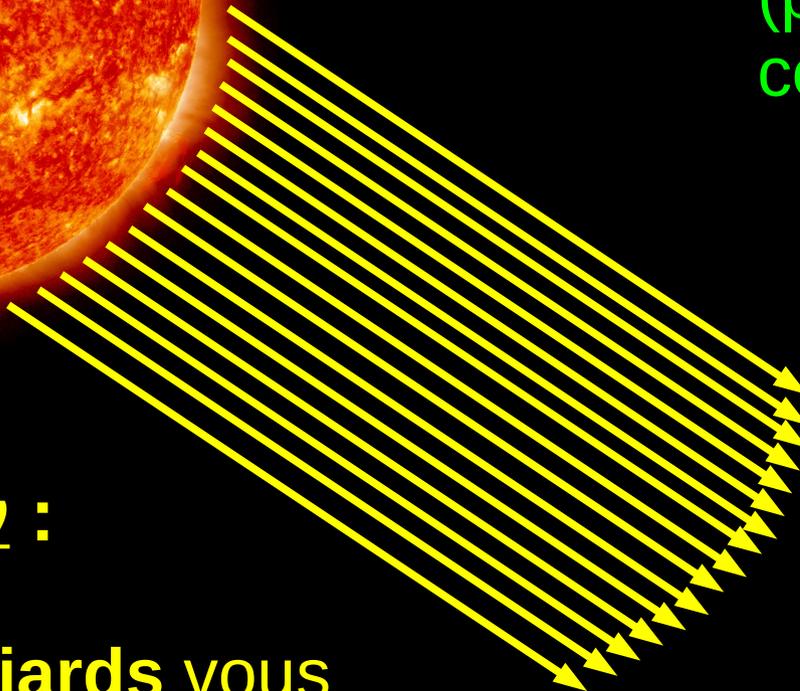
- Notion qui **varie avec l'époque** (et les moyens expérimentaux)
- Les **électrons** et les **quarks** sont des particules élémentaires
- Masse de l'ordre de 10^{-30} kg, taille $< 10^{-18}$ m

Des particules élémentaires vous traversent !



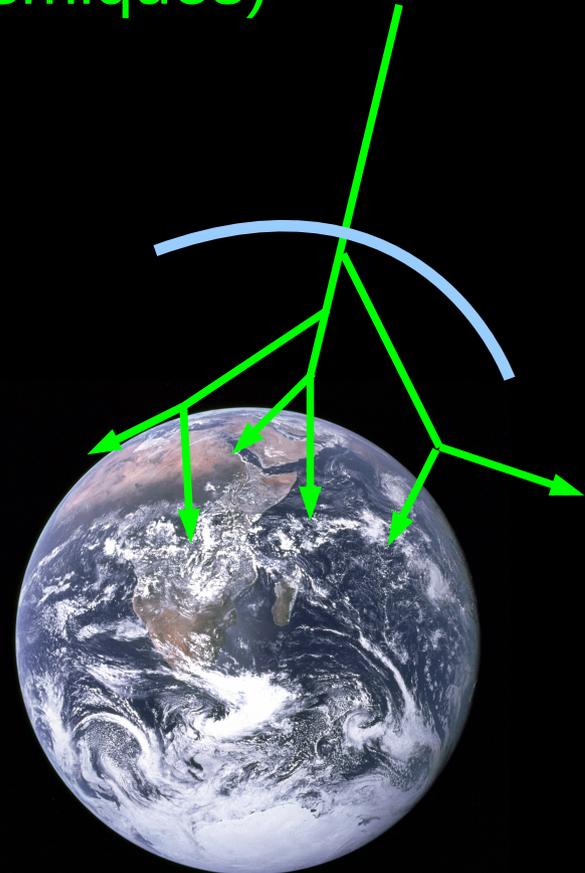
Neutrinos ν :

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



Muons μ :

≈ 100 par seconde
(produits par les rayons cosmiques)



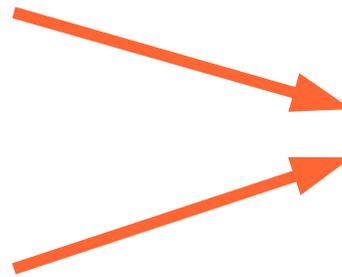
Les particules de matière

1ère famille

	Charge électrique		
quarks	+2/3	u	up (1968)
	-1/3	d	down (1968)
leptons	0	ν_e	neutrino "e" (1956)
	-1	e^-	électron (1897)

La matière **ordinaire**

Collisions à haute énergie
(ex: accélérateurs de particules)



$$E = mc^2$$

Nouvelles particules plus lourdes

Les particules de matière

	Charge électrique	1ère famille	2ème famille	3ème famille
quarks	+2/3	u up (1968)	c charm (1974)	t top (1995)
	-1/3	d down (1968)	s strange (1968)	b beauty (1977)
leptons	0	ν_e neutrino "e" (1956)	ν_μ neutrino "μ" (1962)	ν_τ neutrino "τ" (2000)
	-1	e⁻ électron (1897)	μ^- muon (1936)	τ^- tau (1974)

La matière **ordinaire**

Matière **plus lourde**, produite dans les collisions à haute énergie



Désintégration



Et leurs anti-particules

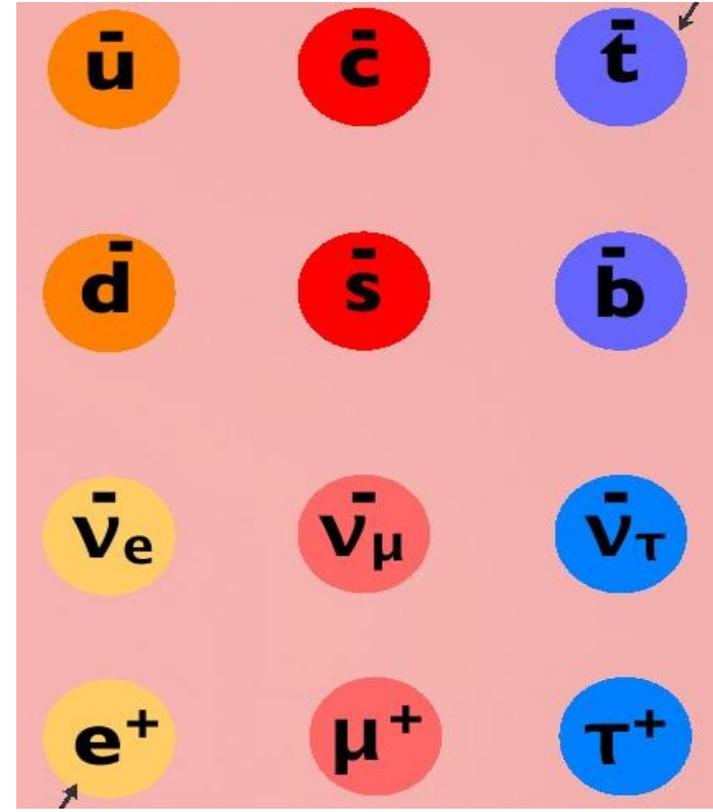
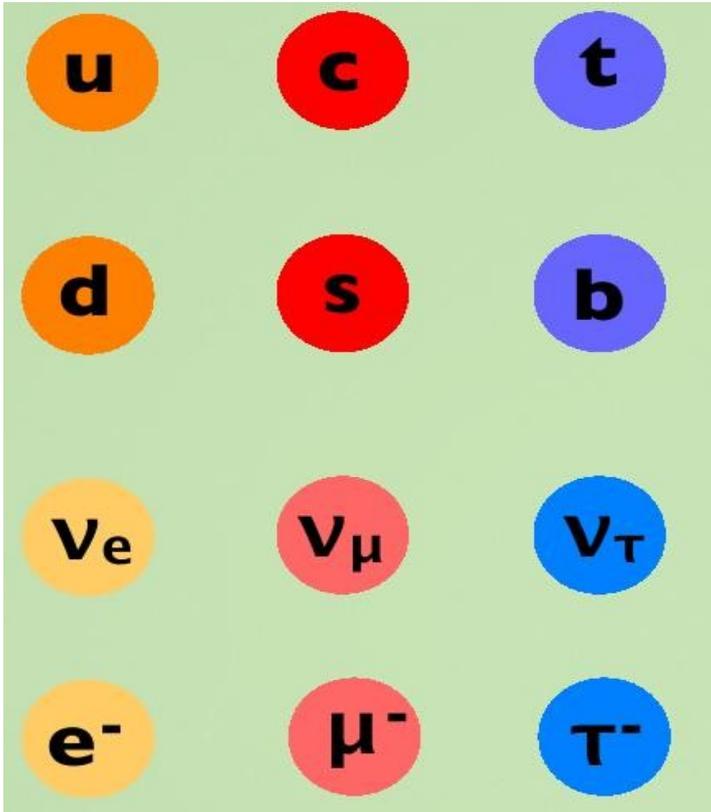
Charge
électrique

12 particules

12 anti-particules

Charge
électrique

+ 2/3



- 2/3

- 1/3

+ 1/3

0

0

- 1

+1

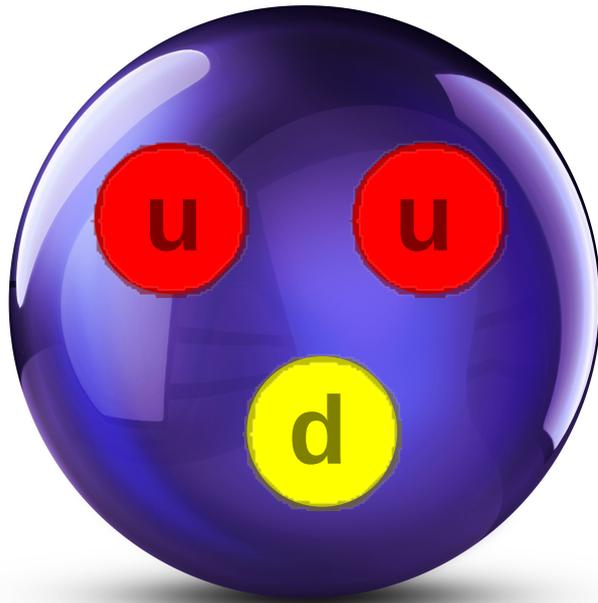
Pour chaque **particule**, il existe une **anti-particule** associée qui possède les même propriétés et la même masse, mais dont la **charge électrique est opposée**

Les quarks forment des hadrons

Les **quarks** ne sont jamais isolés.

Ils se regroupent en objets de charge électrique entière: les **hadrons**

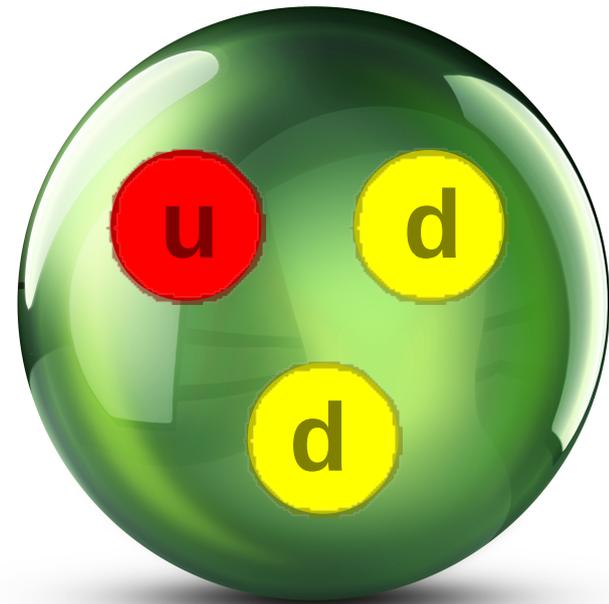
Proton (charge +1)



$$+2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$$

u u d

Neutron (charge 0)



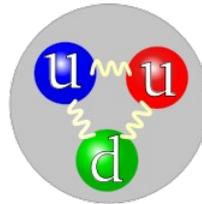
$$+2/3 - 1/3 - 1/3 = 0$$

u d d

→ Ce qui colle les quarks ensemble: une **interaction** (une force)

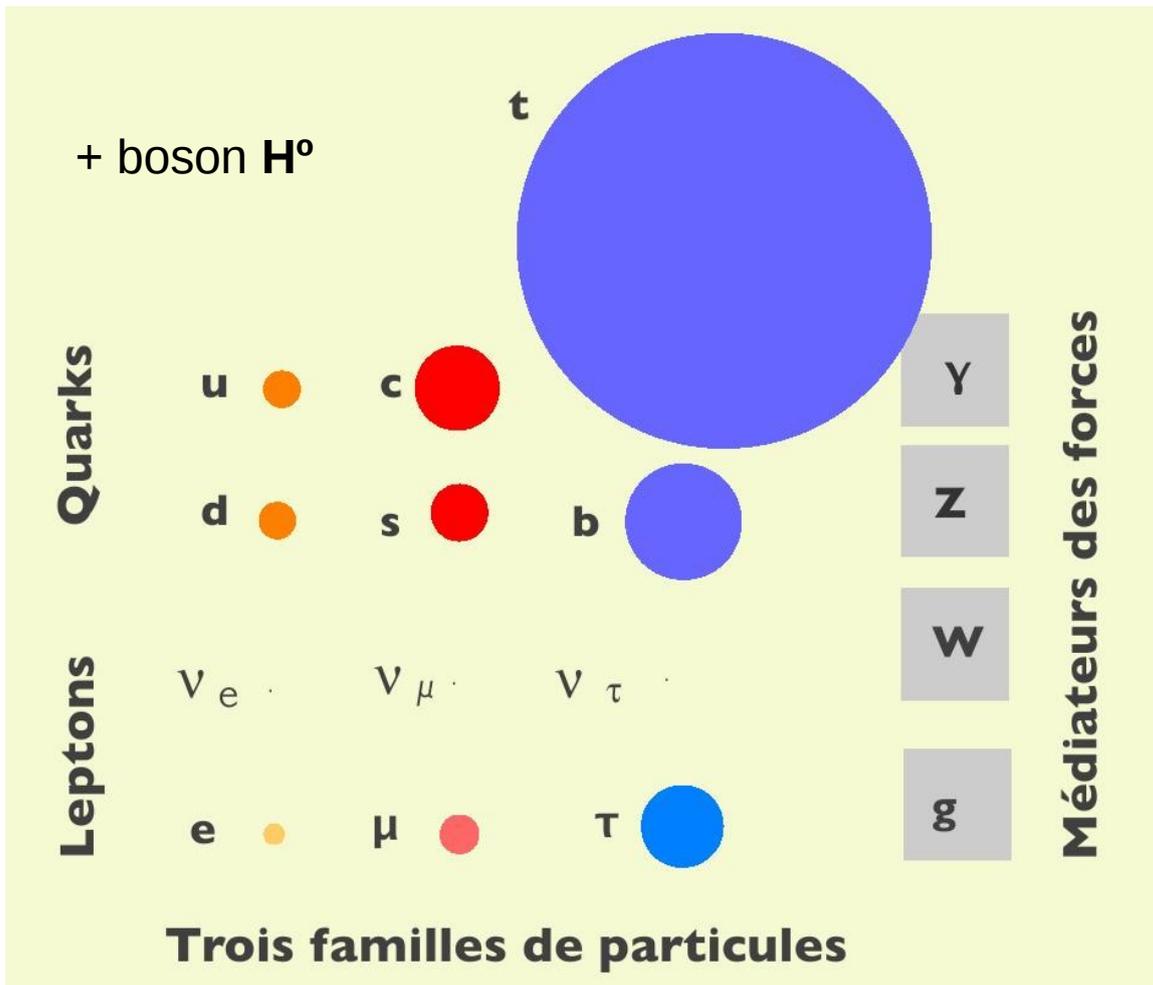
Les particules d'interaction

Nous decrivons la nature par **4 interactions fondamentales**, qui resultent de l'echange de **particules d'interaction**



Interaction	Électro-magnétique	Forte	Faible	Gravita-tionnelle
Particule médiatrice	photon γ	8 gluons g	3 bosons W^+, W^-, Z	graviton?
Amplitude relative (au niveau des particules)	10^{-2}	1	10^{-14}	10^{-40}

le « Modèle Standard »



- Le Modèle Standard est la théorie qui décrit l'ensemble des particules connues, et leurs interactions.

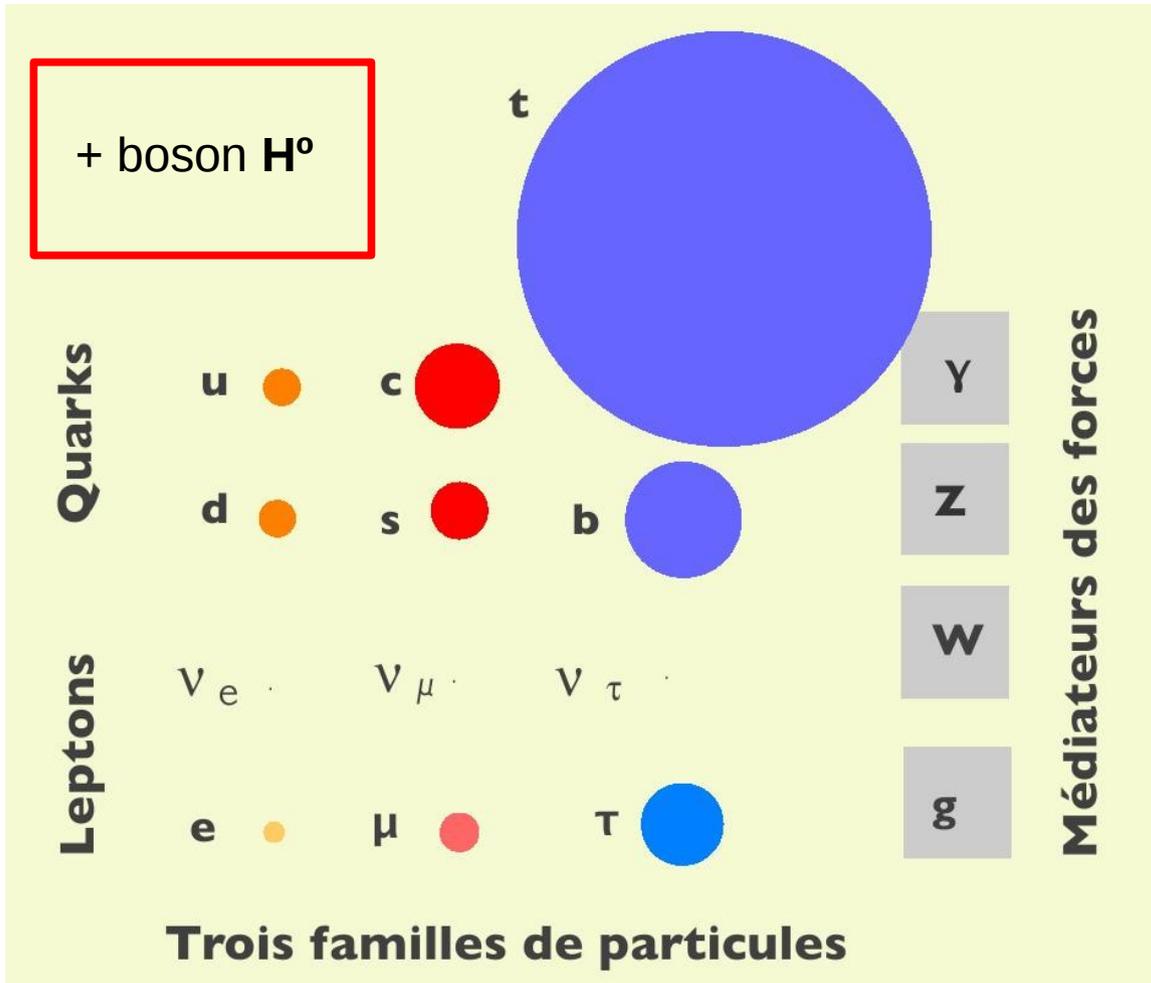
- Toutes ces particules avaient déjà été observées avant le LHC, sauf une:

le boson de Higgs



Donne une explication à la question de l'origine de la masse des particules!

le « Modèle Standard »



- Le Modèle Standard est la théorie qui décrit l'ensemble des particules connues, et leurs interactions.

- Toutes ces particules avaient déjà été observées avant le LHC, sauf une:

le boson de Higgs



Donne une explication à la question de l'origine de la masse des particules!



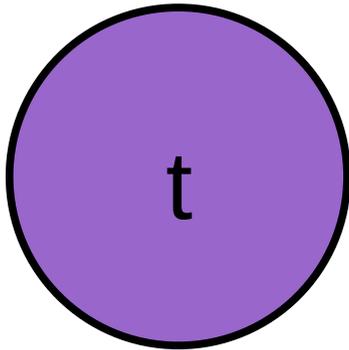
Prédit en 1964...

Probablement **observé** en 2012 !!!

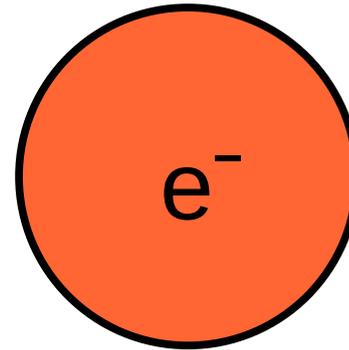
We have found it ...



Boson de Higgs: qu'est-ce que ça change?



Quark top: TRES LOURD

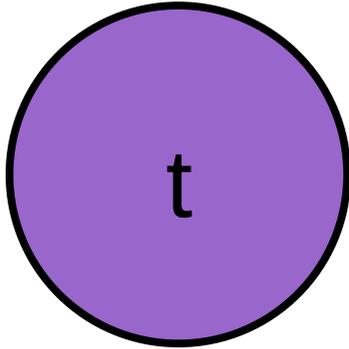


Électron: très léger

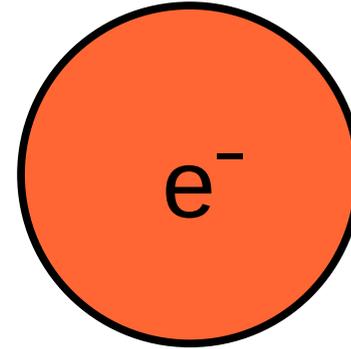
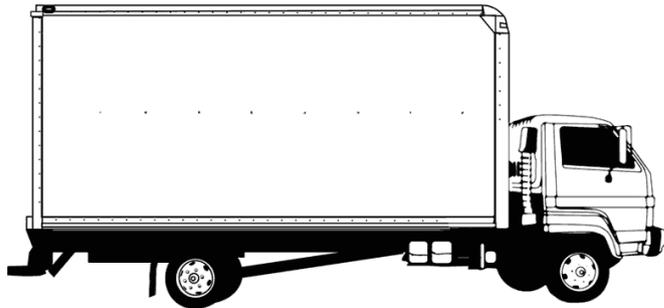
Pour nous, ces deux particules sont des **points**,
sans sous-structure

Pourtant, au vu de la façon dont ils se déplacent dans
l'espace, le quark top *semble* beaucoup plus lourd que
l'électron

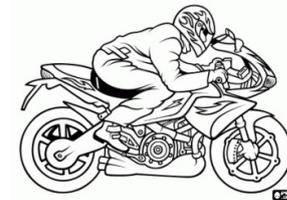
Boson de Higgs: qu'est-ce que ça change?



Quark top: TRES LOURD

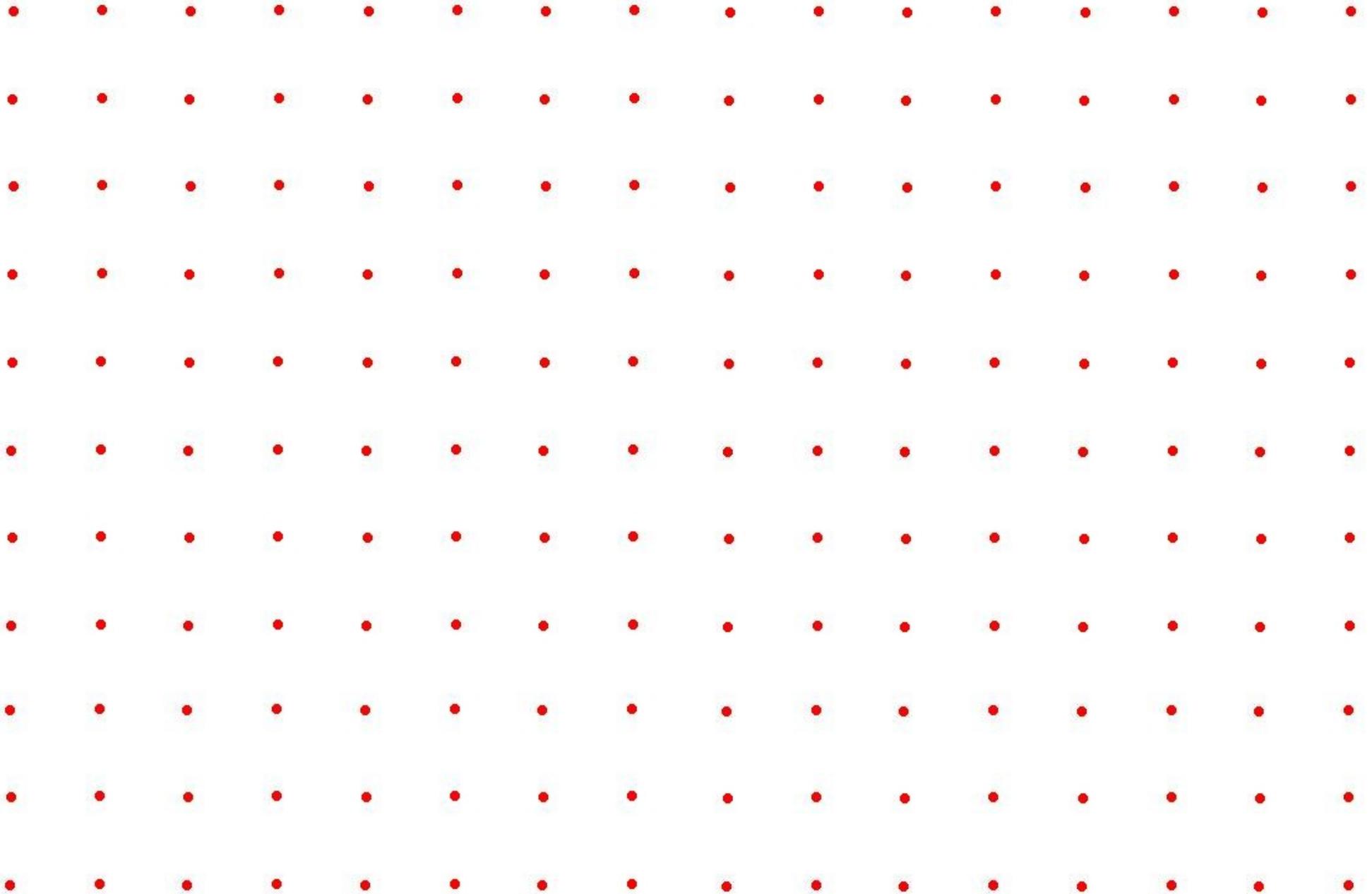


Électron: très léger

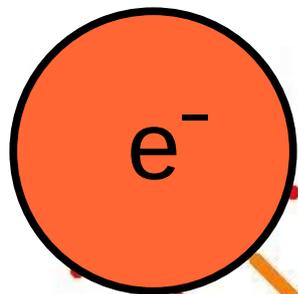


Mais pourquoi???

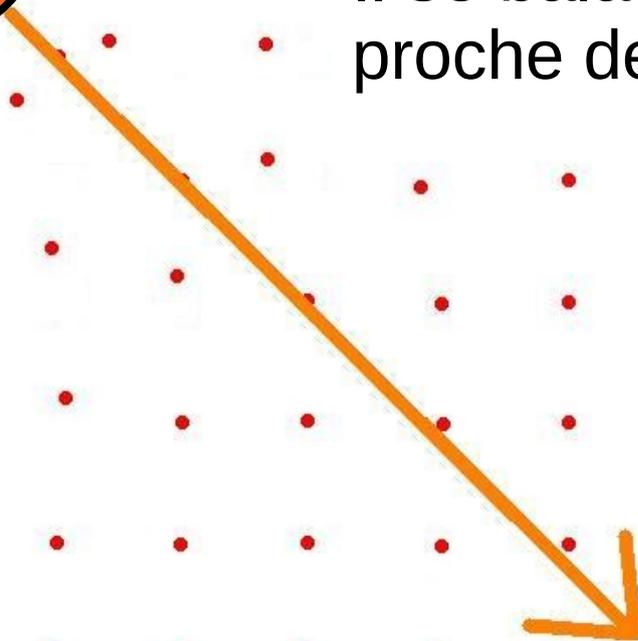
Champ de Higgs



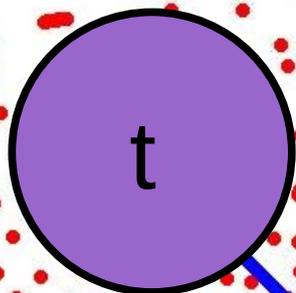
Champ de Higgs



L'électron **interagit très peu**
avec le champs de Higgs
Il se balade a une vitesse
proche de celle de la lumière



Champ de Higgs



Le top **interagit beaucoup** avec le champs de Higgs. Il lui faut beaucoup 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 élémentaires?
- Pourquoi l'**anti-matière** a quasiment disparu de l'univers?



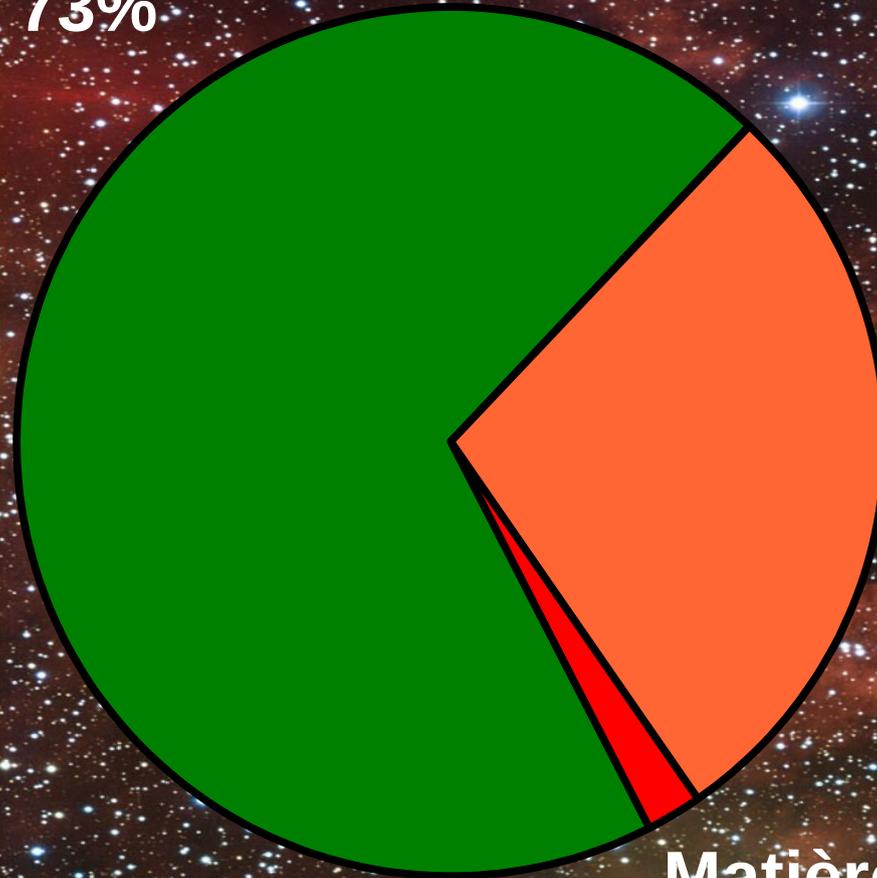
À l'origine de l'univers, on pense qu'il y avait autant de matière que d'anti-matière

- Existe-t-il de **nouvelles particules**?
- Problème de la **matière et de l'énergie noire**



Bilan

Énergie noire 73%



Matière noire 23%

Matière connue 4%

Nous ne comprenons que 4% de l'univers !