

La physique des particules et des astro-particules au LAPP

stage d'observation 3^{ème}

Edwige Tournefier

Lundi 1^{er} février 2021

- **lundi 1er:**
 - 9h- 12h Introduction /Eutopia (Edwige)
 - 13h-16h Service informatique (Frédéric)
- **mardi 2:**
 - 9h-12h Service mécanique (Nicolas)
 - 13h-16h: Service électronique (Sébastien)
- **mercredi 3:**
 - 9h-12h30 : rencontre avec une chercheuse (Laura) / La communication (Maud)
 - 12h-13h : déjeuner avec un doctorant (Luka)
 - 13h30-16h:Service administratif, logistique (Corinne)
- **jeudi 4:**
 - 9h-12h: rencontre avec une enseignante-chercheuse (Agnès)

De l'infiniment petit à l'infiniment grand

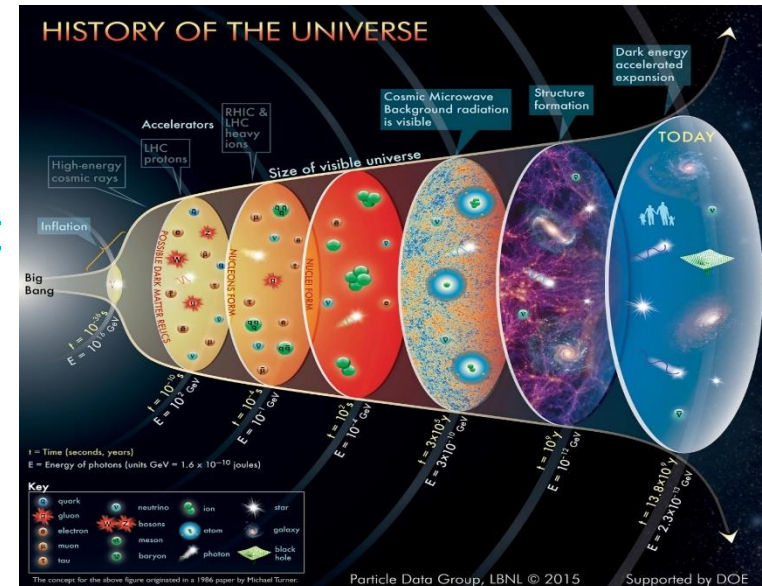
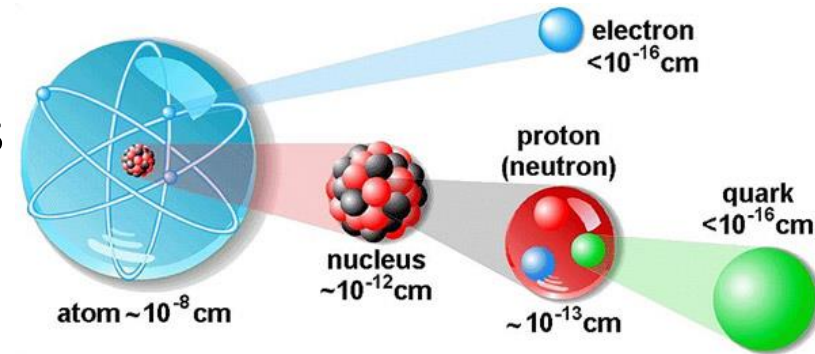
Recherches menées au LAPP:

- étude des constituants élémentaires de la matière

⇒ la physique des particules

- compréhension de l'évolution de l'Univers et de sa composition

⇒ astro-particules, cosmologie et ondes gravitationnelles



La physique des particules, qu'est-ce c'est?

La **physique des particules** cherche à déterminer quels sont les **constituants élémentaires** de la matière ainsi que les **forces** qui s'exercent entre eux

- Force = interaction entre deux corps
 - Exemple:
 - L'une des propriétés de la matière est sa masse
 - Deux corps dotés de masse s'attirent:
ils exercent une force l'un sur l'autre
- ⇒ c'est la force de gravitation



- Dans l'antiquité:
 - matière composée de 4 **éléments**: eau, terre, air, feu
- 1800-1850:
 - On trouve de plus en plus **d'éléments simples** $\Rightarrow$ atomes
- 1869: classification des atomes (Mendeleïev)
- XX^{ème} siècle: tous les **atomes** ont la même structure
 - Noyau (Z **protons** + N **neutrons**)
 - Z **électrons** « gravitant » autour du noyau

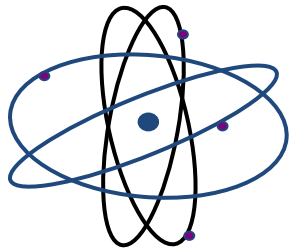
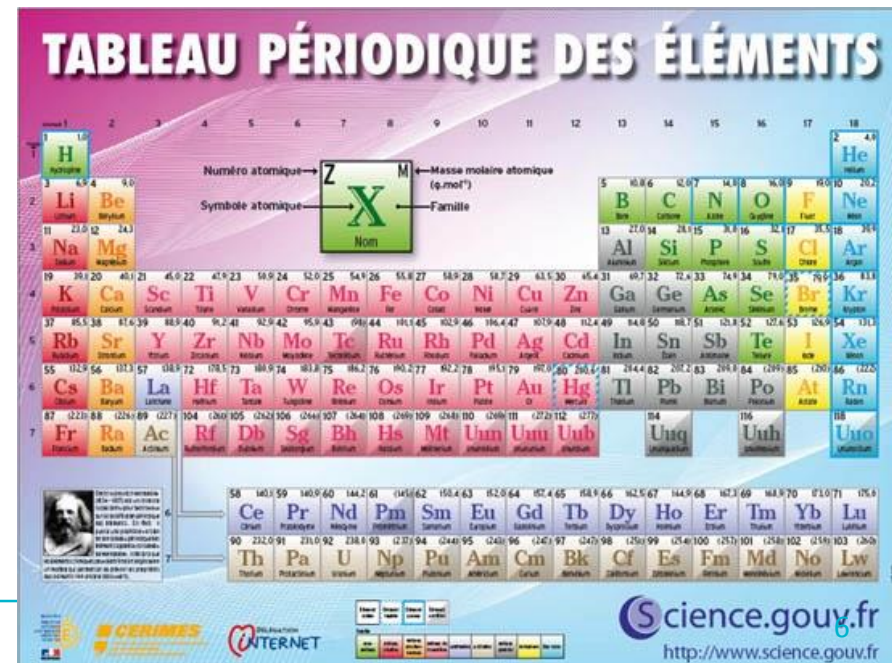
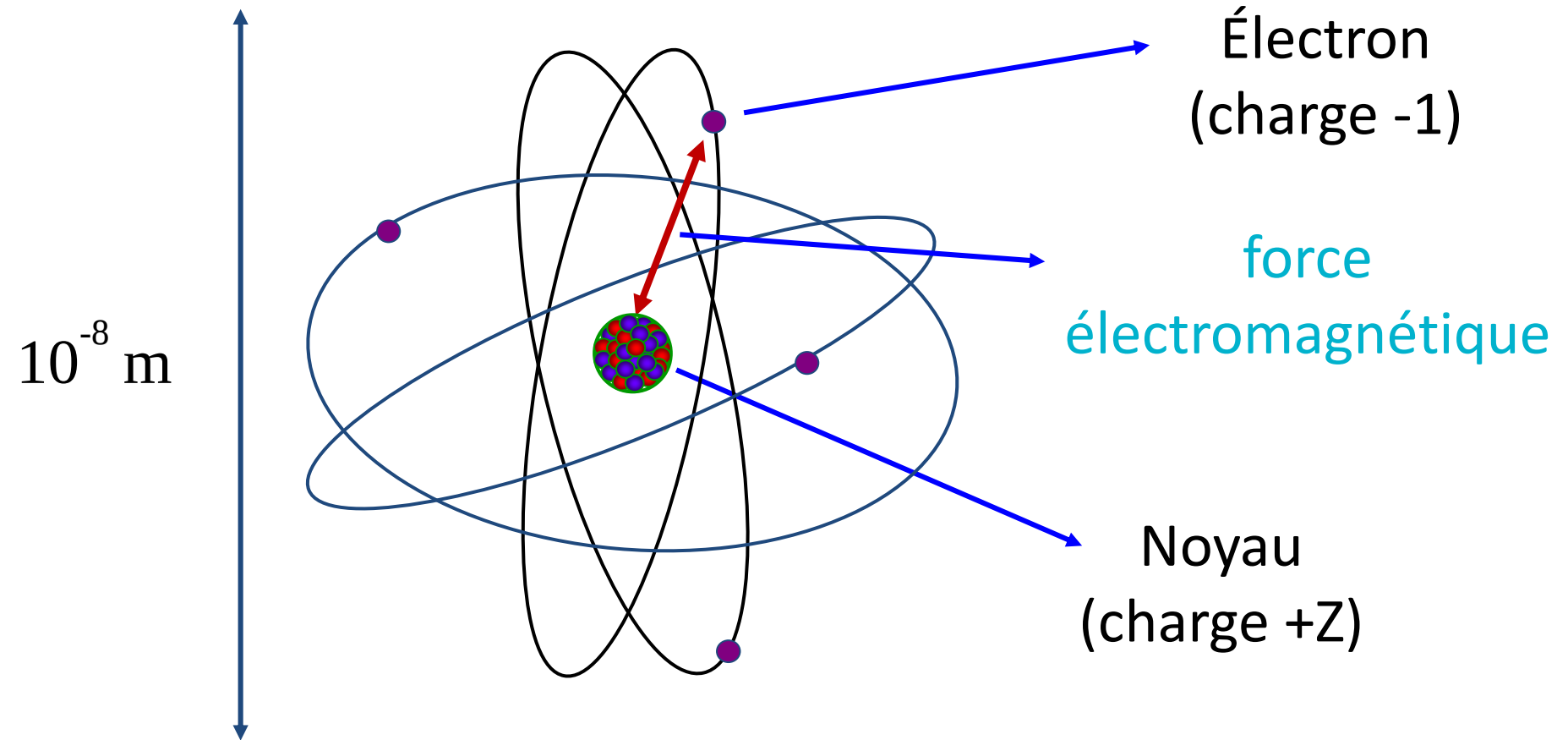


TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

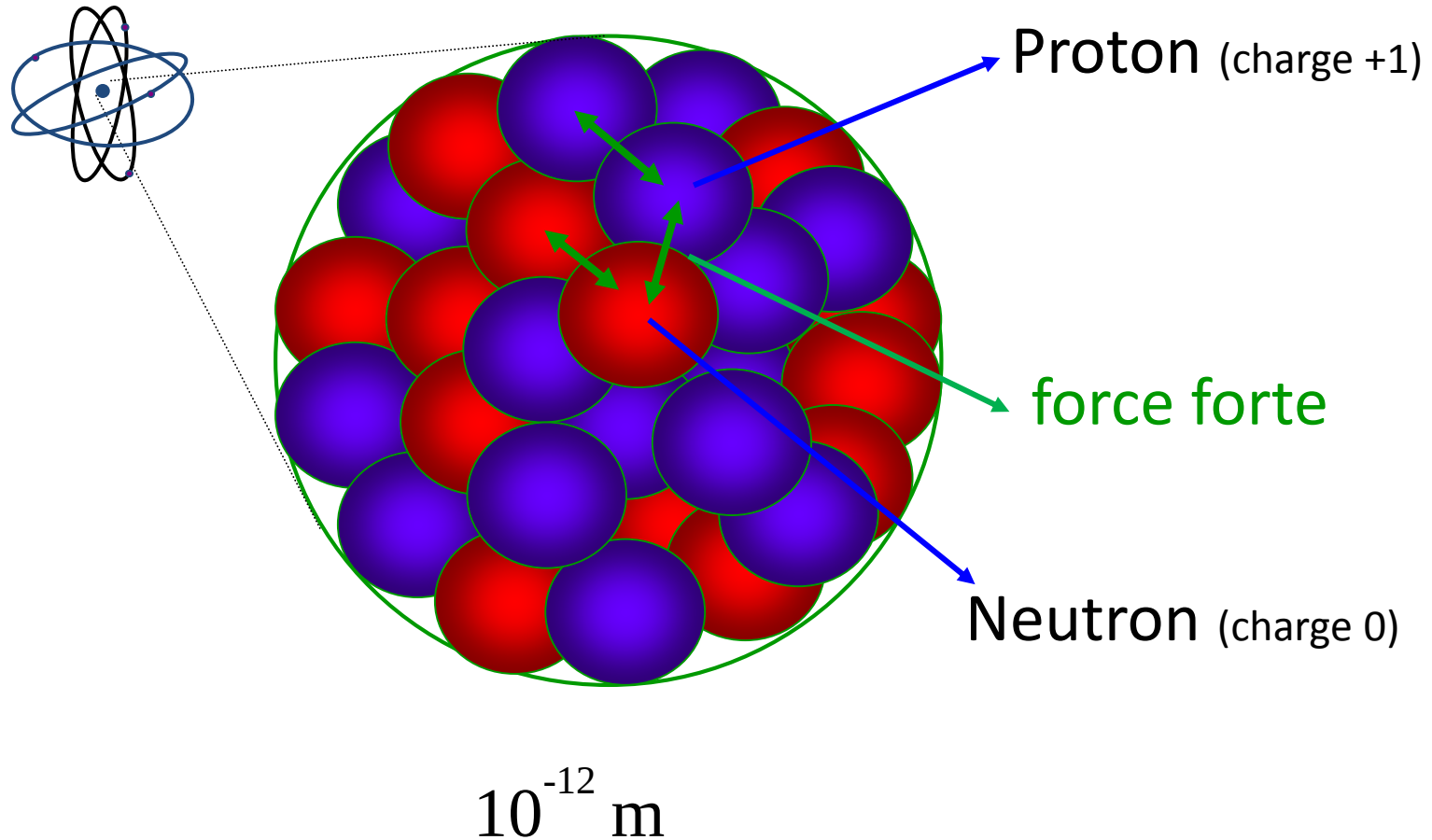
Numéro atomique $\rightarrow$ Z
Symbole atomique $\rightarrow$ X
Masse molaire atomique (g.mol⁻¹)
Famille



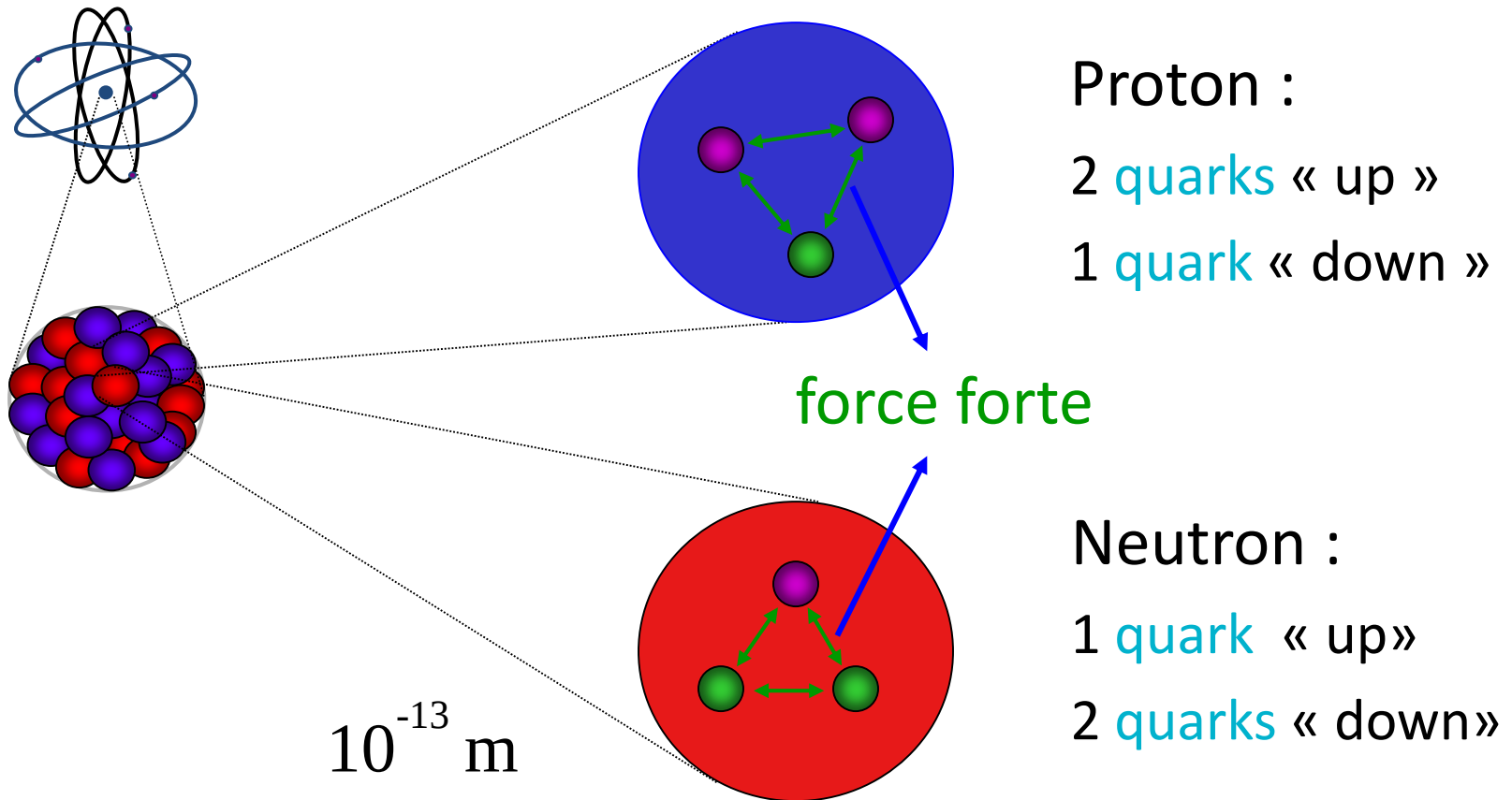
Science.gouv.fr
<http://www.science.gouv.fr>



Deux corps électrisés s'attirent (si charges de signe opposés) ou se repoussent (si charges de même signe) c'est la **force électromagnétique**

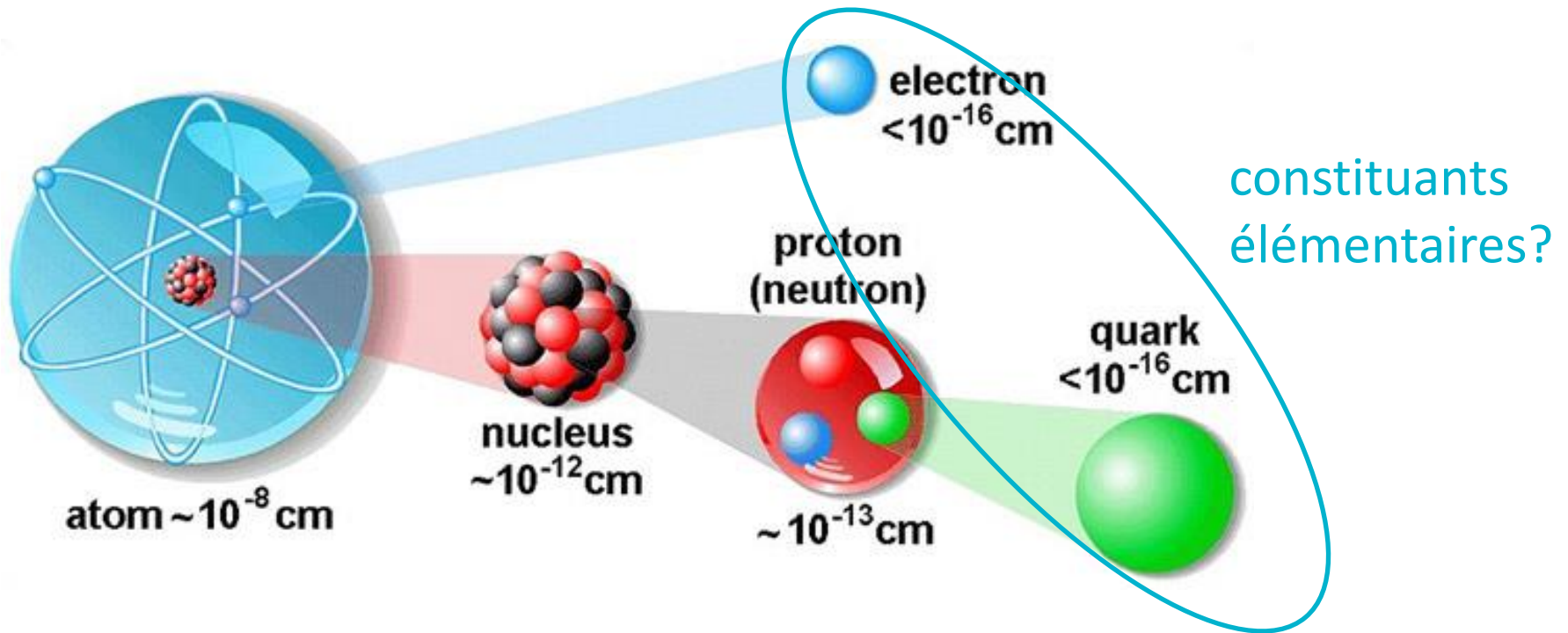


Les protons et les neutrons



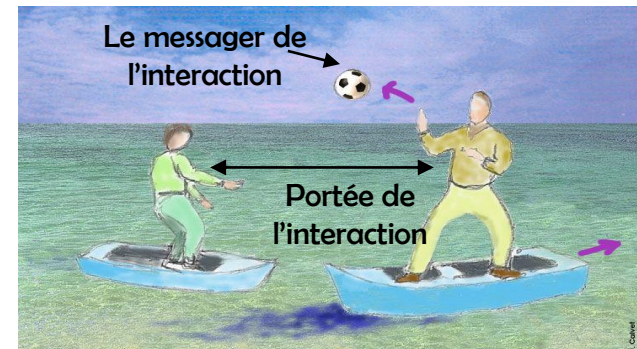
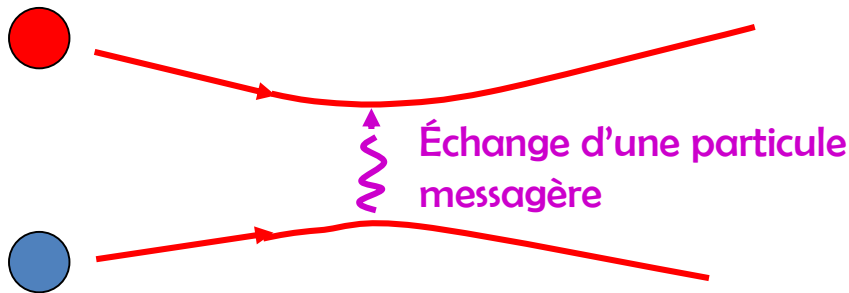
Les quarks ont une masse, une charge électrique et une « couleur » $\Rightarrow$ sensible à la force forte

Les constituants élémentaires



Les interactions fondamentales

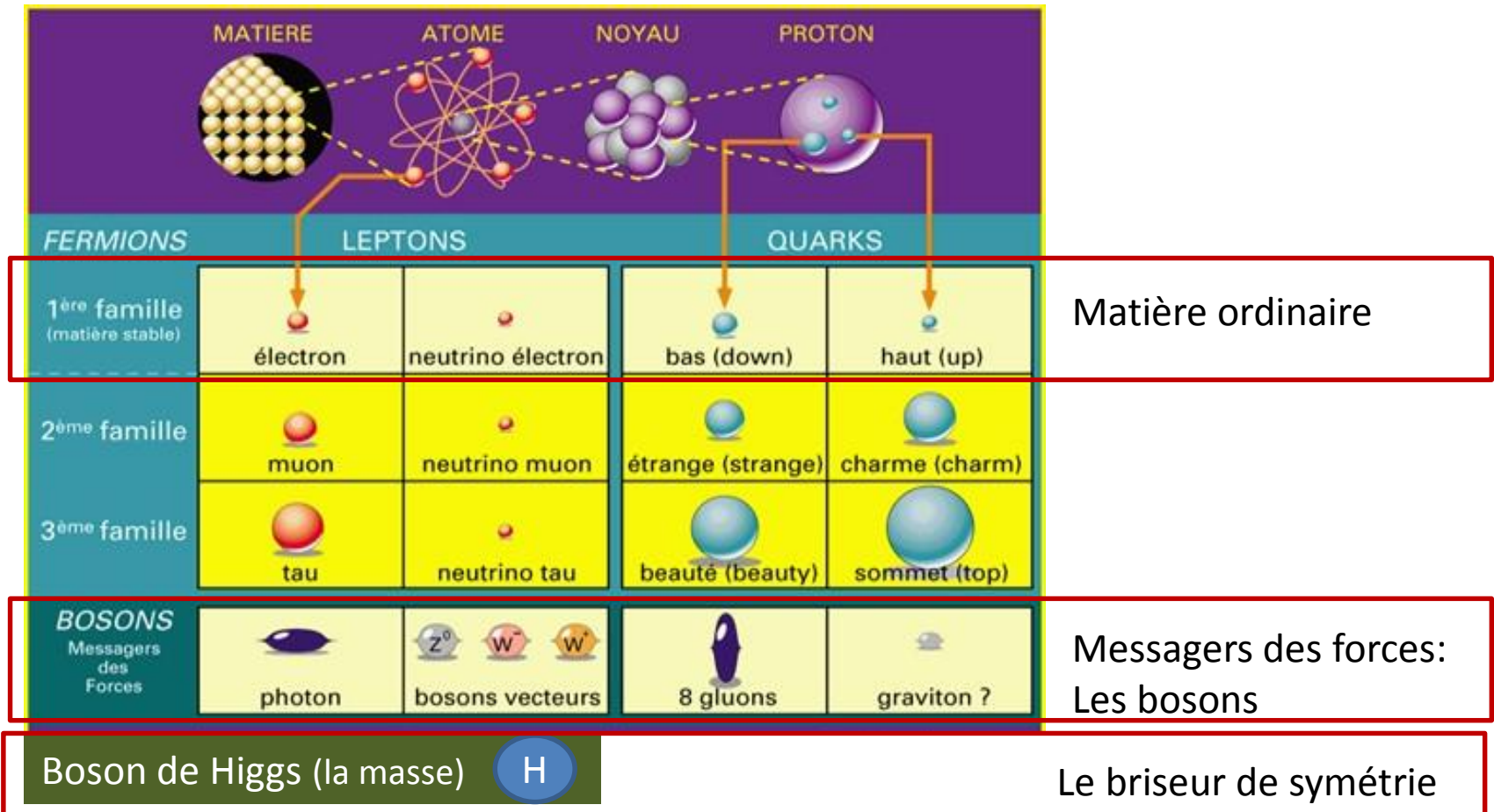
En physique des particules, l'**interaction** (force) qui s'exerce entre 2 particules élémentaires est décrite comme l'**échange** d'une **particule messagère** entre ces 2 particules.

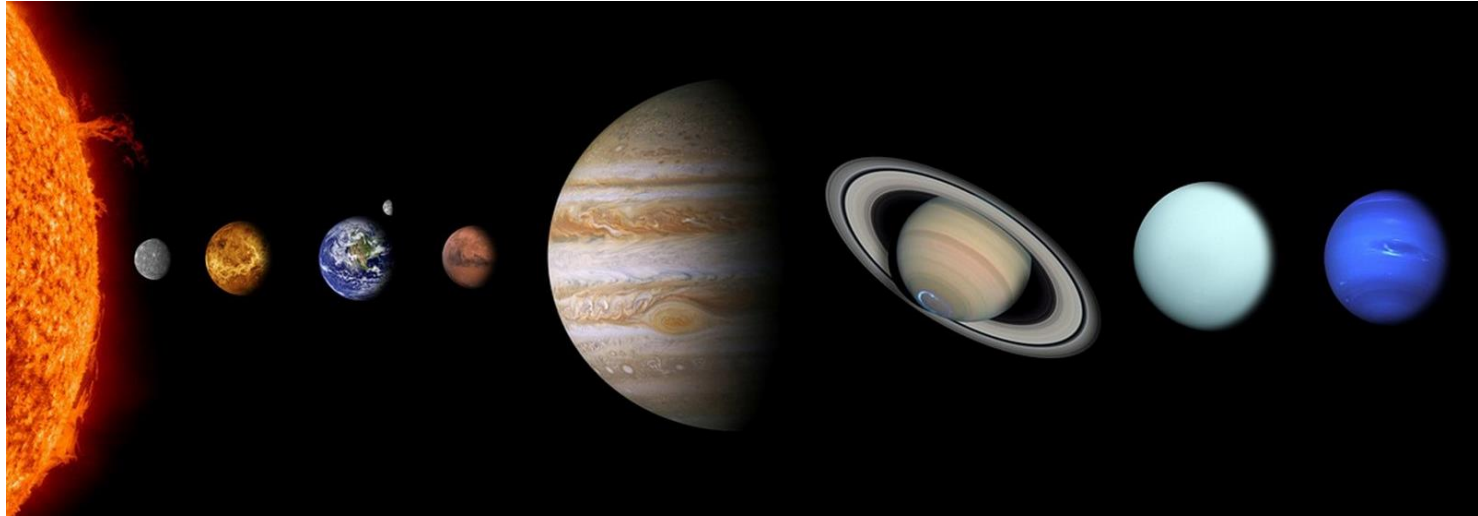


TYPE	FORCE RELATIVE	PARTICULES ÉCHANGÉES	EXEMPLE DE DOMAINE D'APPLICATION
FORTE	≈ 1	gluons	noyau, nucléons
ÉLECTROMAGNÉTIQUE	$\approx 10^{-2}$	photons	cortège électronique de l'atome, lumière, chimie
FAIBLE	$\approx 10^{-6}$	bosons Z^0 , W^+ , W^-	radioactivité β énergie solaire
GRAVITATION 30/11/2020	$\approx 10^{-38}$	graviton ?	pesanteur systèmes planétaires

Résumé: particules élémentaires et forces

Le Modèle Standard de physique des particules

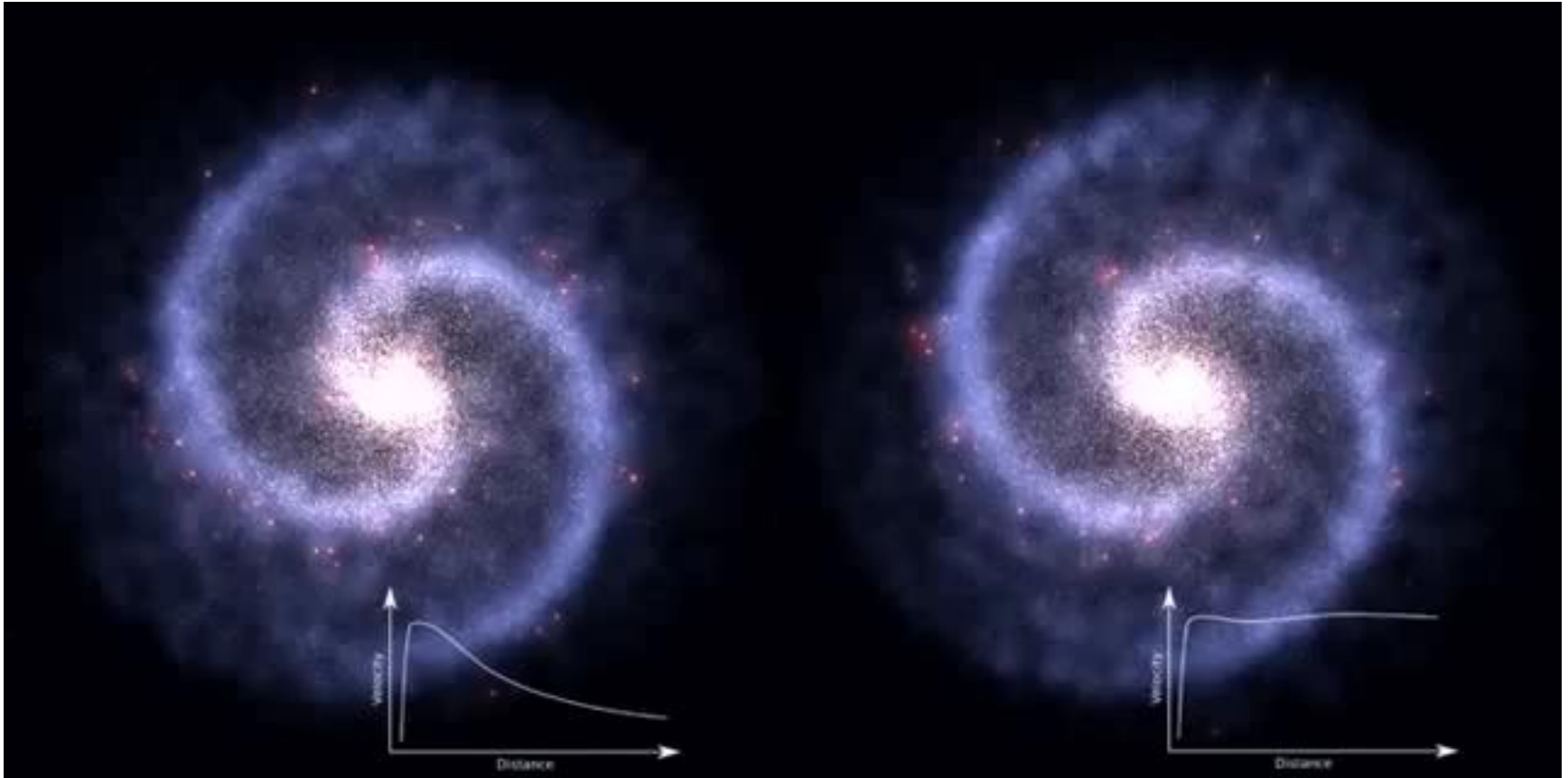




- Vitesse des planètes dans le système solaire:

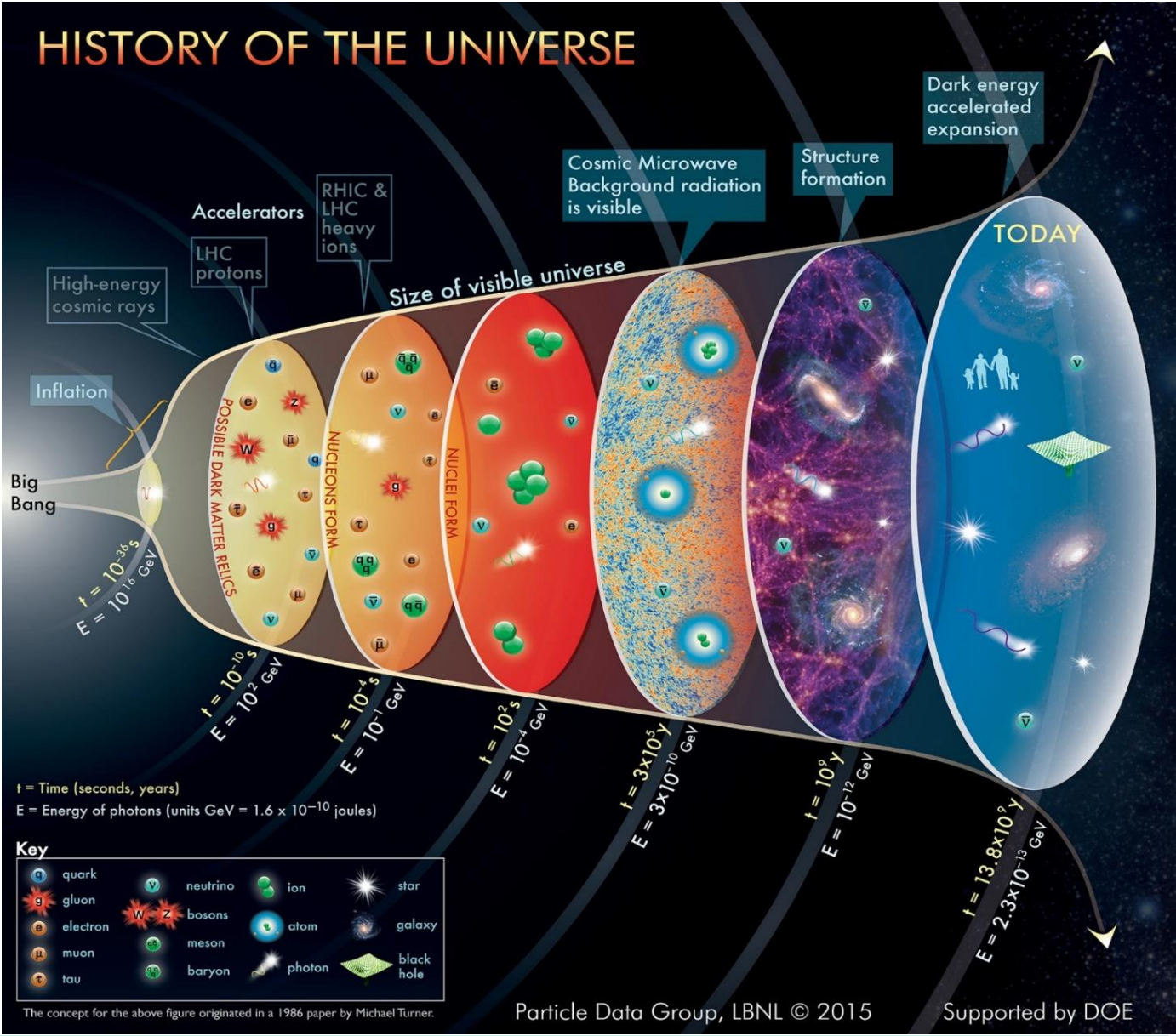
- | | |
|-------------------------|------------------------|
| – Mercure: 172 800 km/h | – Jupiter: 46 800 km/h |
| – Vénus: 126 000 km/h | – Saturne: 36 000 km/h |
| – Terre: 104 400 km/h | – Uranus: 25 200 km/h |
| – Mars: 86 400 km/h | – Neptune: 18 000 km/h |

De l'infiniment grand à l'infiniment petit: la matière noire





James Peeble

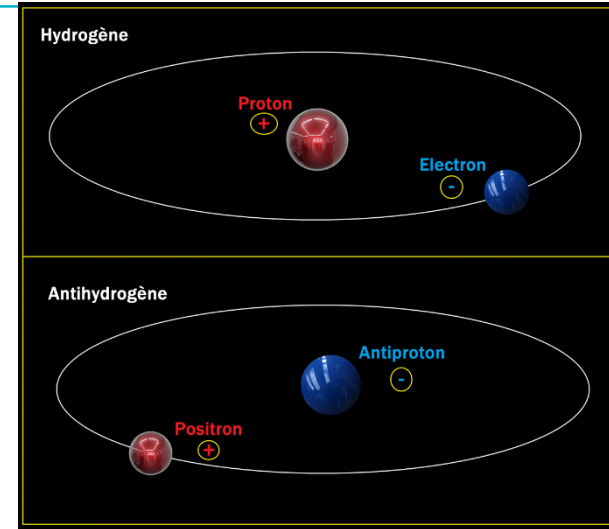


Particle Data Group, LBNL © 2015

Supported by DOE

L'antimatière:

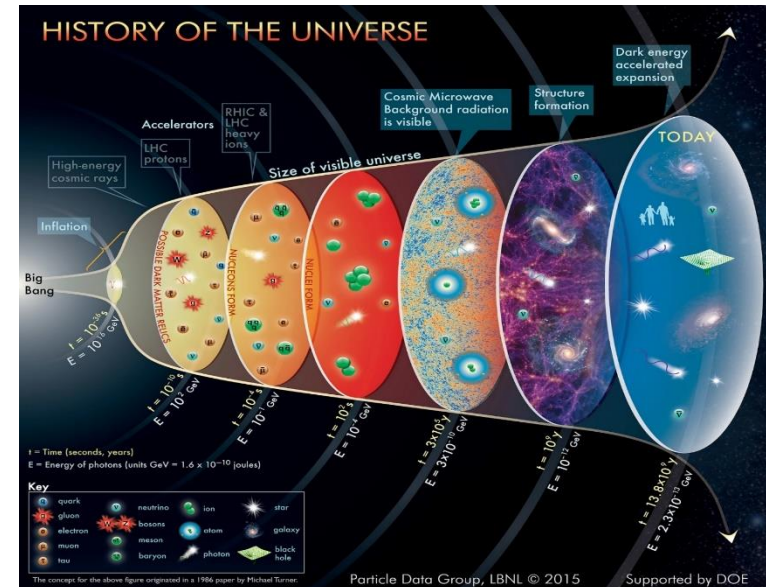
- Pour chaque particule il existe une anti-particule de même masse et de charge opposée
 - Ex: le positron (e^+) est l'antiparticule de l'électron (e^-)
- Particule et anti-particule s'annihilent



Où ça?

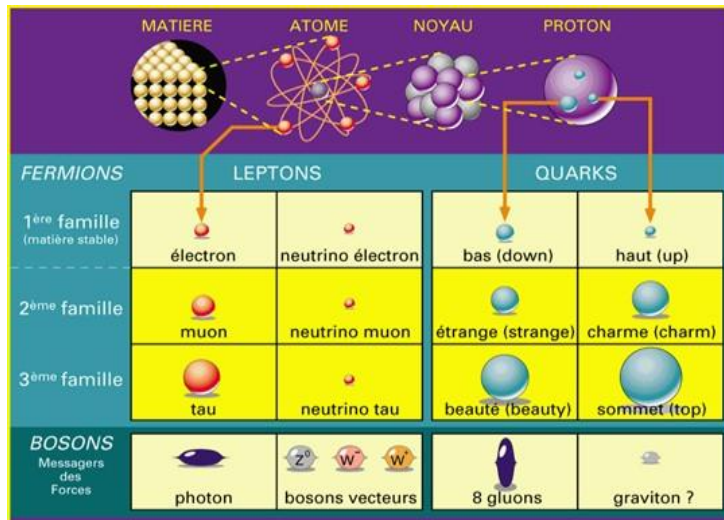
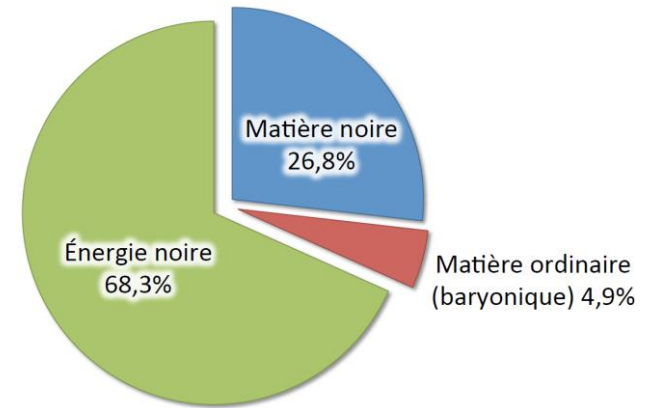
- Big Bang: autant de matière que d'anti-matière sont créées
- L'univers que nous observons est formé de matière

⇒ où est passée l'anti-matière?



Quelques grandes questions actuelles

- De quoi est constituée la matière noire ?
- Y a-t'il une « énergie noire » ?

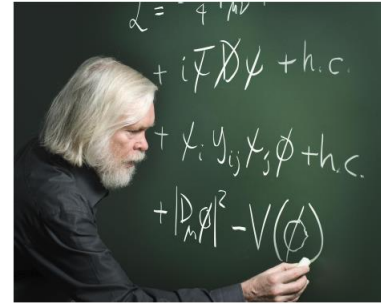


- Pourquoi n'observe-t'on pas d'antimatière dans l'Univers ?
- D'où vient la masse des particules ?
le boson de Higgs ! (2012)
- Existe-t'il d'autres particules très massives ?
- ...

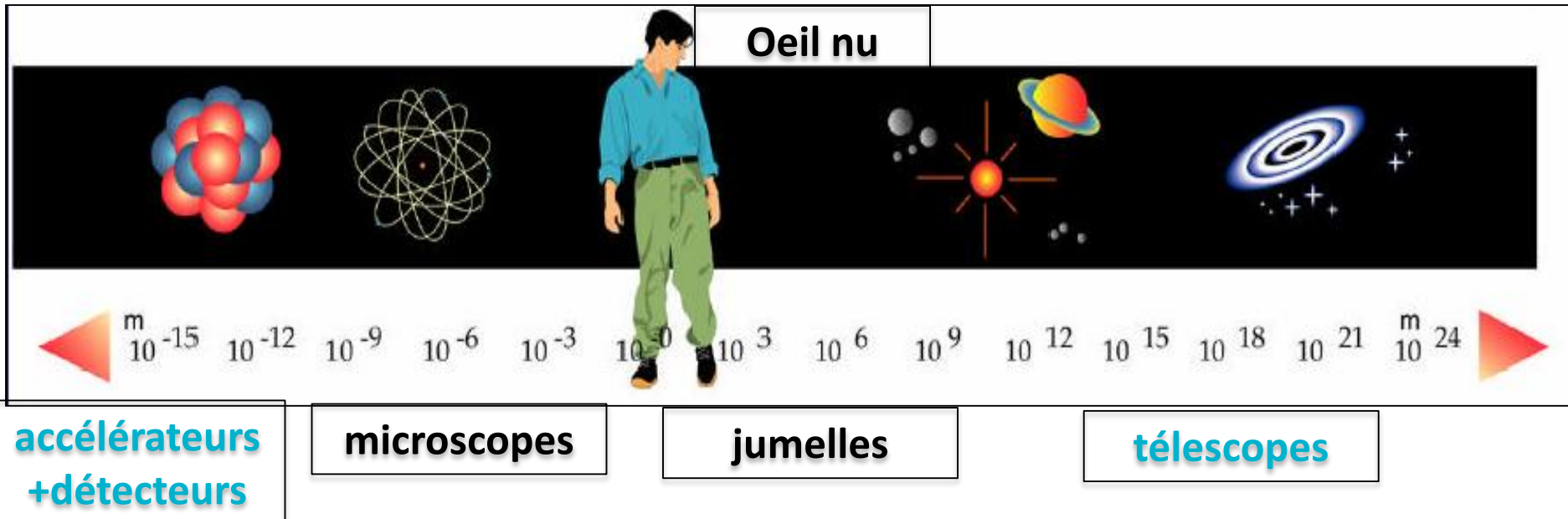
Comment répondre à ces questions?

On peut par exemple:

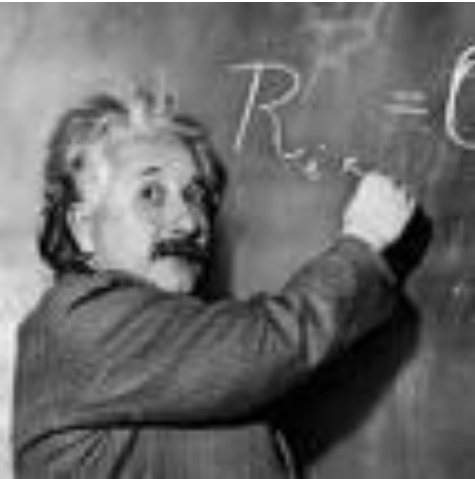
- Chercher de nouvelles particules
- Mesurer leurs propriétés
 - masse, durée de vie, produits de désintégration,...
- Confronter ces mesures aux prédictions des modèles théoriques



Avec quoi observe-t-on les particules élémentaires?



Créer de nouvelles particules: comment?

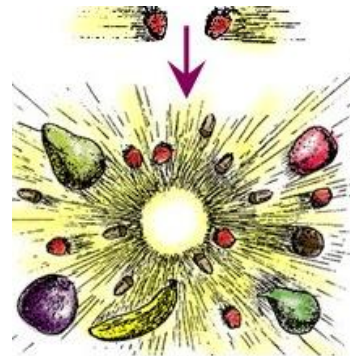


En 1905, Einstein montre l'équivalence masse-énergie par sa célèbre équation **$E = mc^2$**

On peut donc créer de l'énergie à partir de la masse!



Et de la masse (particules lourdes) à partir d'énergie!

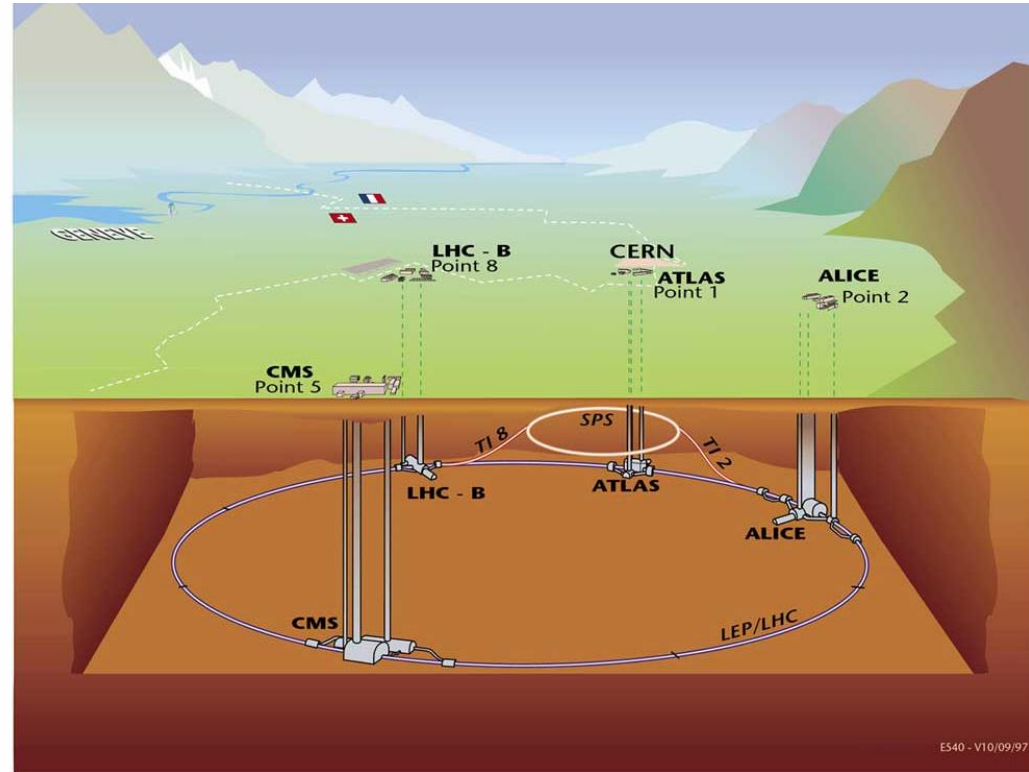


Un Accélérateur: le LHC

Lieu : CERN (Genève)
Profondeur : 100 m
Circonférence : 27 km

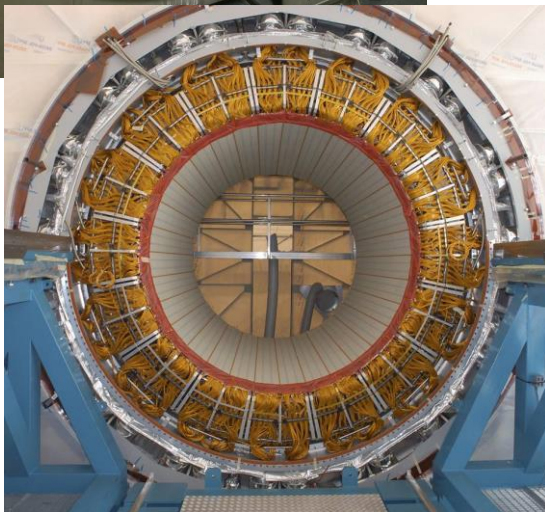
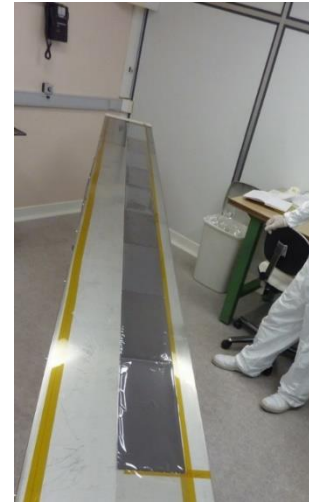
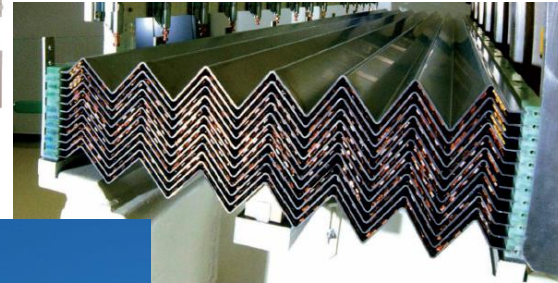
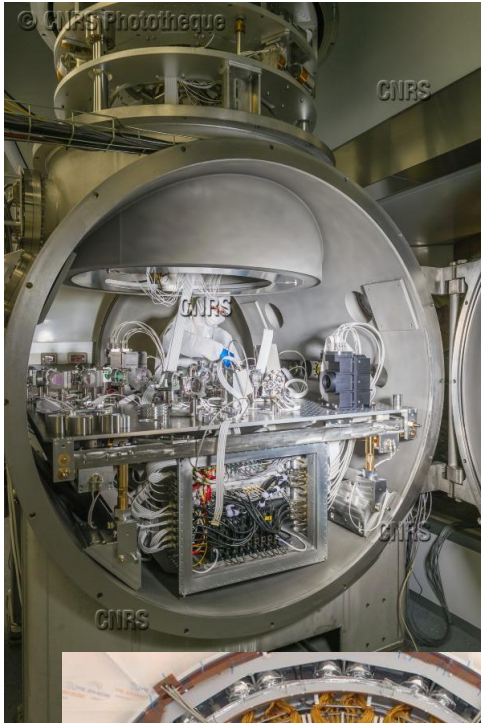


LHC :
Large
Hadron
Collider
grand collisionneur de hadrons
(=protons ou noyaux de Plomb)



Protons accélérés à 99.9999991% de la vitesse de la lumière

Construction des détecteurs au LAPP



- Des expérimentateurs (~35) chercheurs et enseignant-chercheurs

Au sein de grandes collaborations internationales, ils conçoivent, construisent et interprètent les résultats des expériences.

- Des étudiants (en thèse ou en stage) (~ 20)
- Des ingénieurs et techniciens (~ 80)

En informatique, électronique et mécanique : ils réalisent les détecteurs.

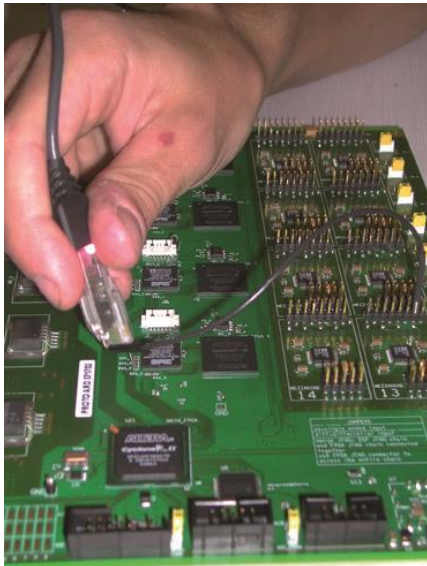
- Des administratifs (~ 10)

Pour effectuer les commandes, gérer, prévoir, communiquer...

Les services techniques:

- **mécanique**
- **électronique**
- **informatique**

~ 80 ingénieurs et techniciens



Salle de calcul MUST

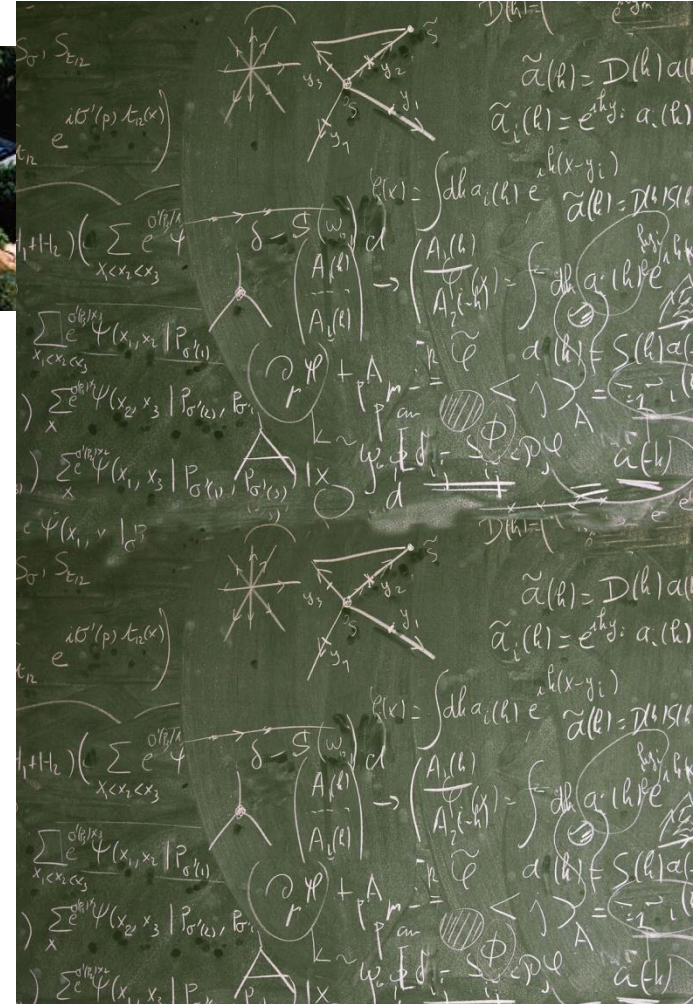
Et juste à côté : des théoriciens



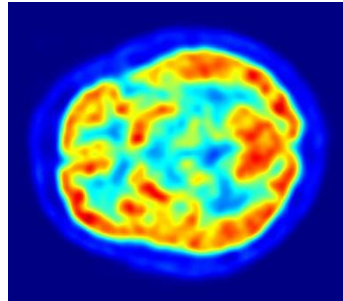
LAPP



LAFPT_h



Imagerie médicale



Grille de calcul



Hadronthérapie



World Wide Web

