

La physique des particules et des astro-particules au LAPP

stage d'observation 3^{ème}

Edwige Tournefier
Lundi 15 novembre 2021

Planning de la semaine

	lundi 15/11/2021	mardi 16/11/2021	mercredi 17/11/2021	jeudi 18/11/2021
9h-12h	Présentation LAPP	chercheur + projet du FCC	gestion projets	FCC
personne	Edwige Tournefier	Eva Montbarbon	Julie Chaudan	Agnès Dominjon
salle	Eutopia et salle sommets	salle des sommets	salle des fourmis	salle des fourmis
13h-16h	Métier chercheur + Présentation salle de contrôle CTA + Eutopia CTA	informatique	Electronique	CAO Catia
personne	Sami Caroff	Frédéric Girault + Thierry Bouedo	Elodie Cornudet+Sylvain Petit	Thibaud Rambure + Nicolas Allemandou
salle	petit amph	petit amph	salle des fourmis	salle des fourmis

De l'infiniment petit à l'infiniment grand

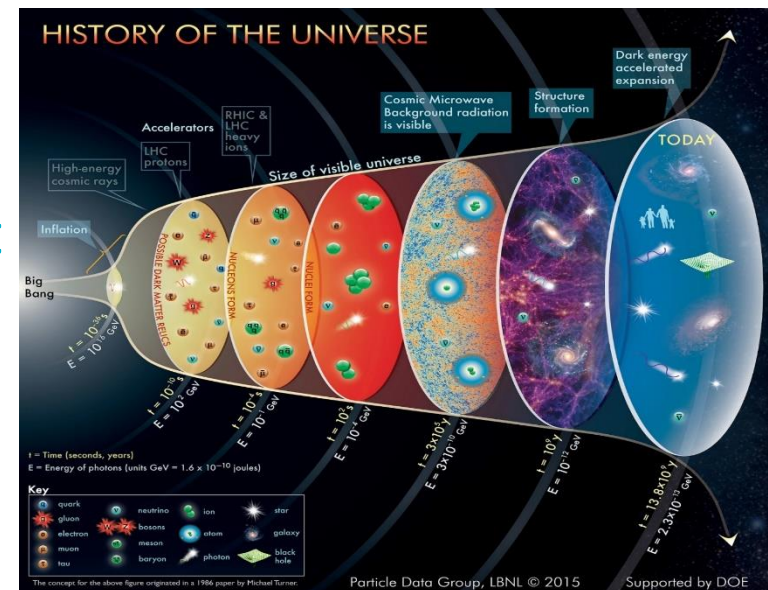
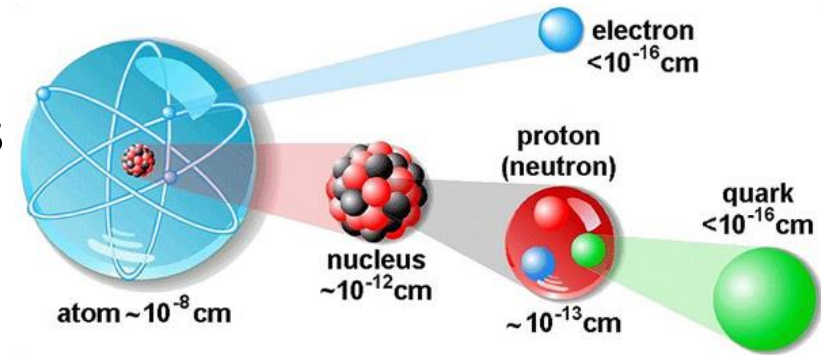
Recherches menées au LAPP:

- 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

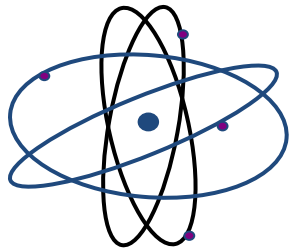
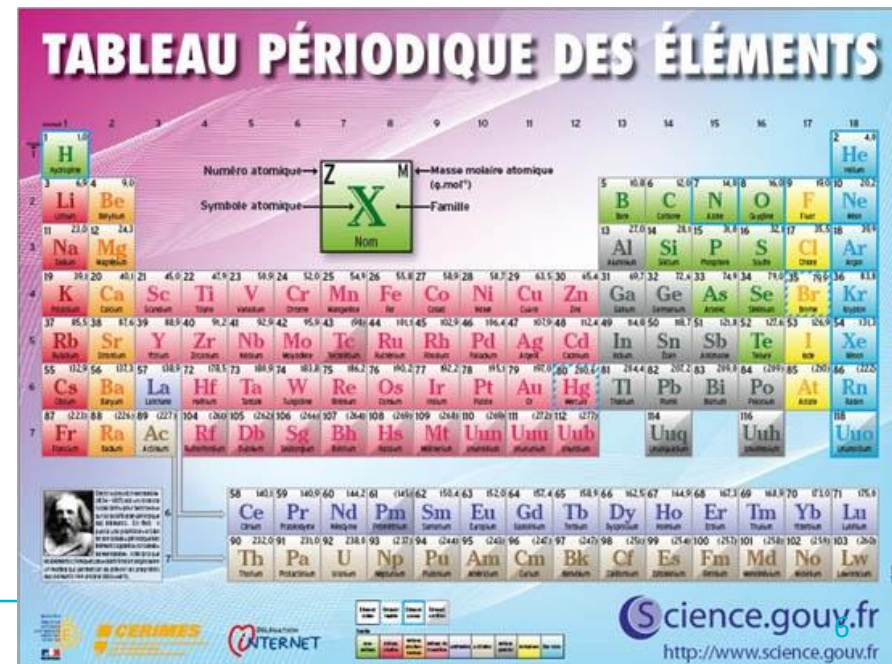


TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS



Numéro atomique \rightarrow Z \leftarrow Masse molaire atomique (g.mol⁻¹)

Symbole atomique \rightarrow X \leftarrow Famille

Nom

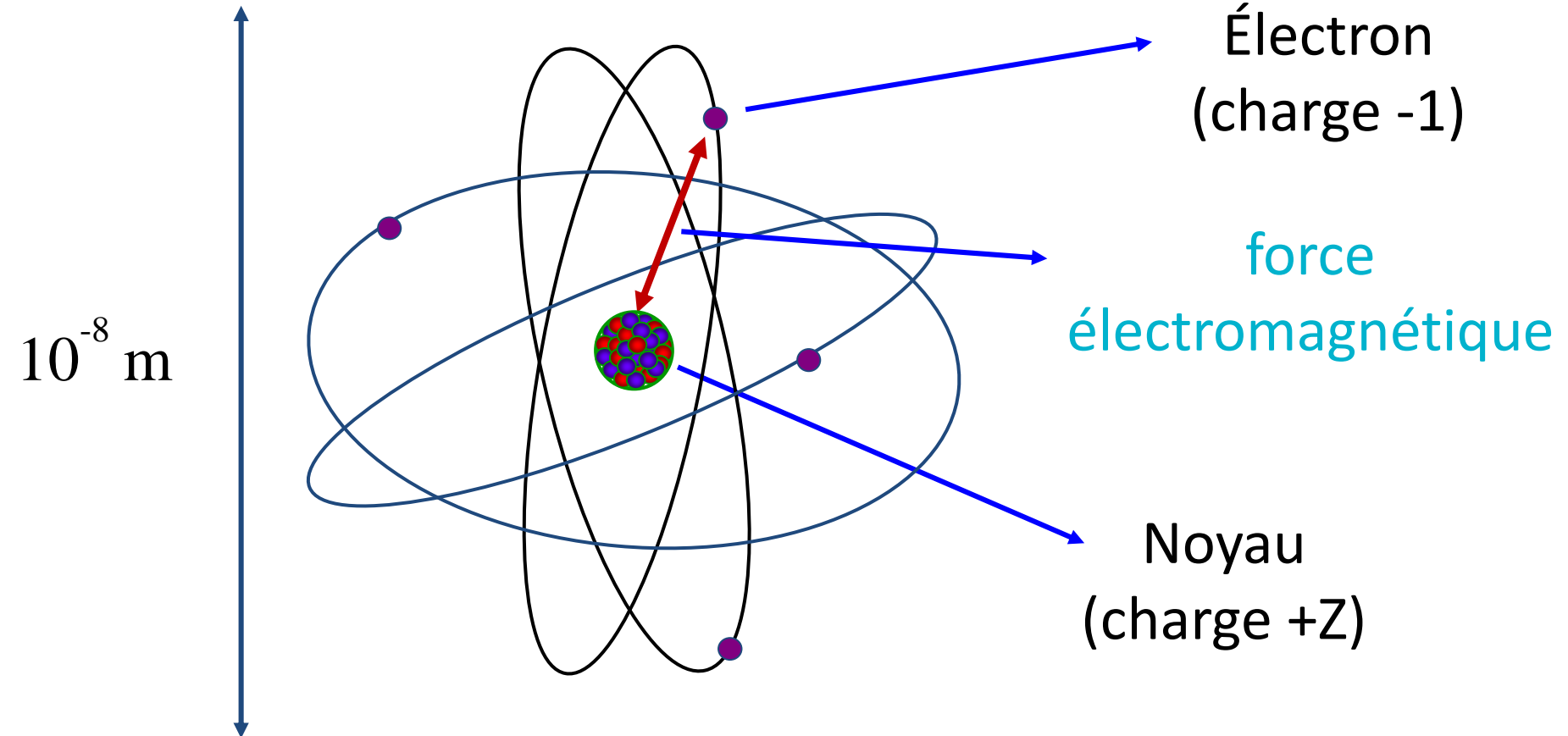
58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72

Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu

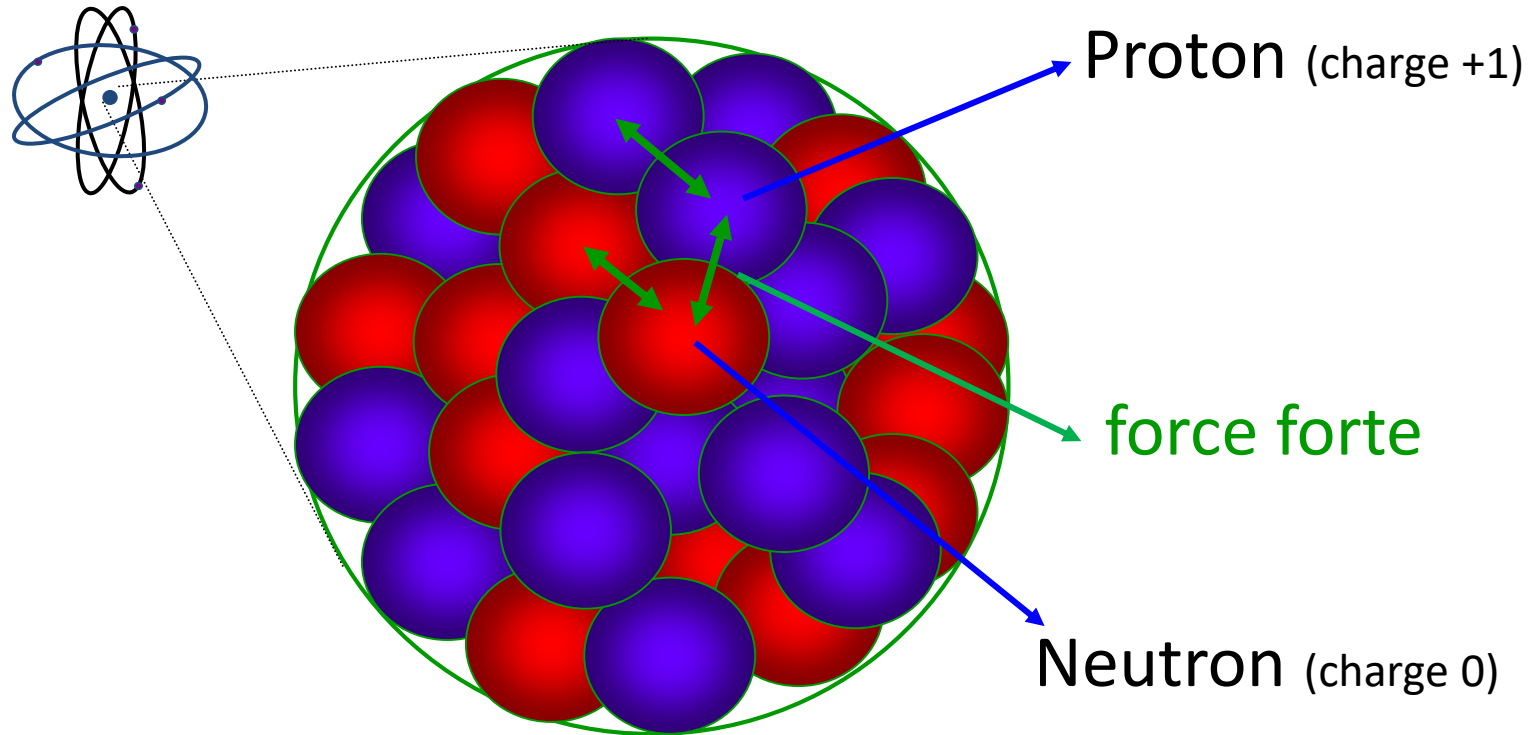
90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104

Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lw

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

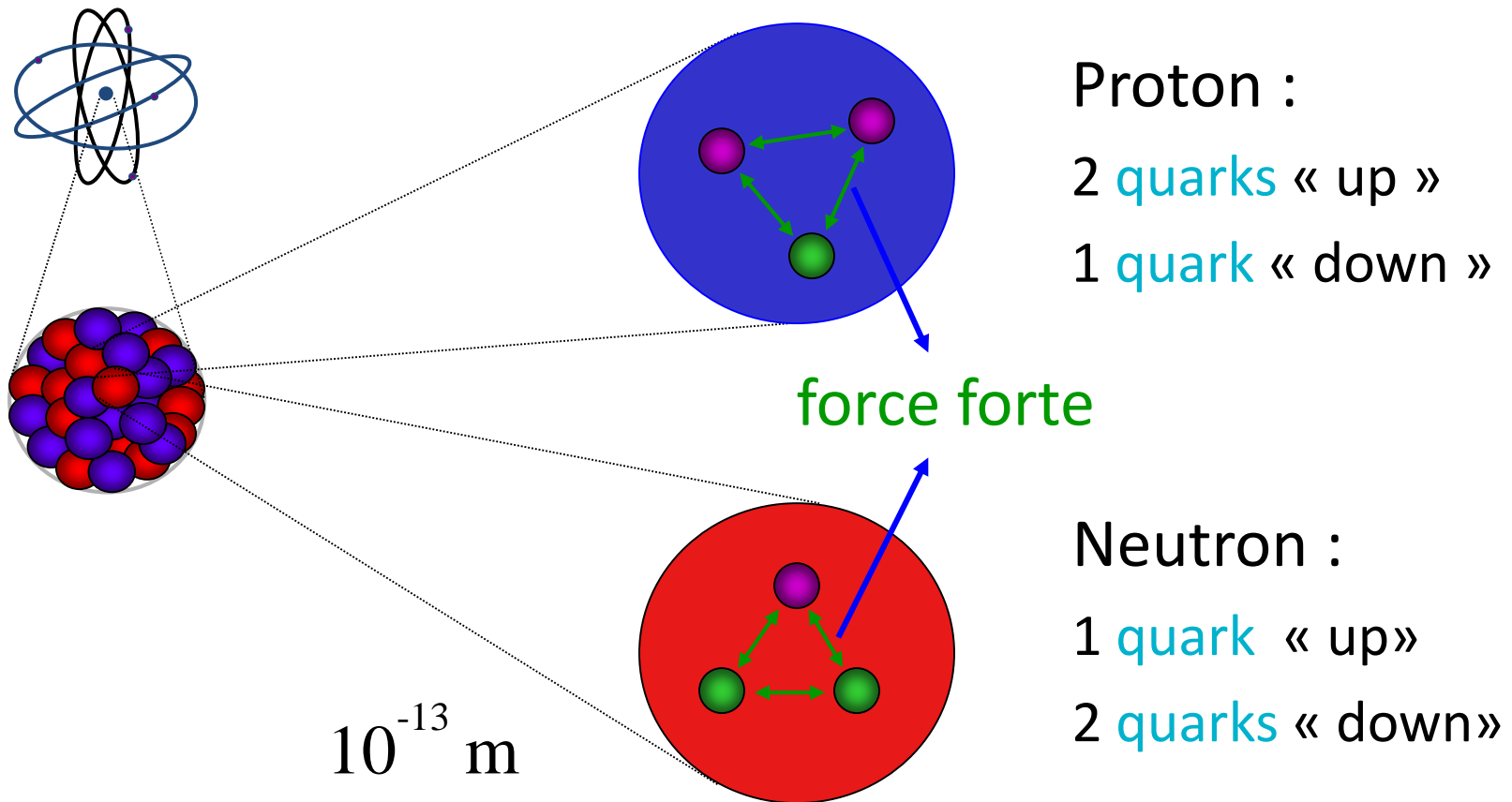


Deux corps électrisés s'attirent (si charges de signe opposés) ou se repoussent (si charges de même signe) c'est la **force électromagnétique**



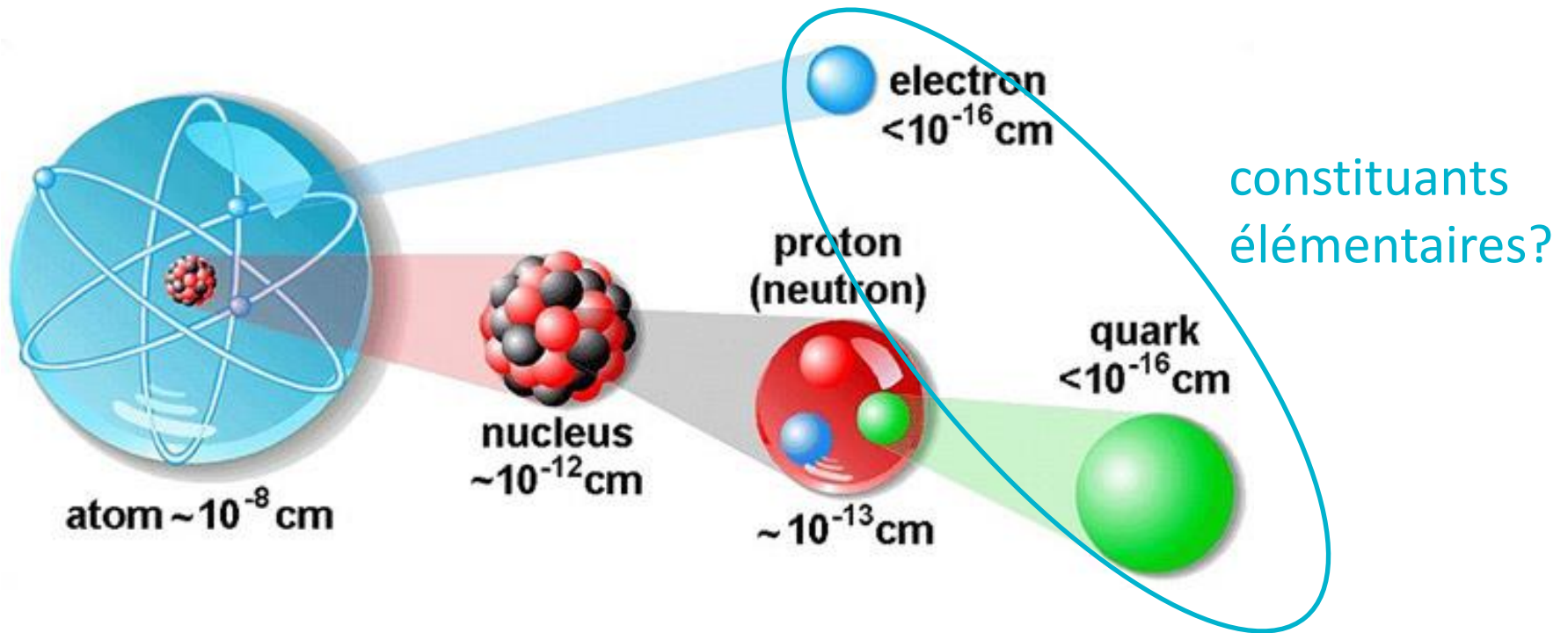
10^{-12} m

Les protons et les neutrons



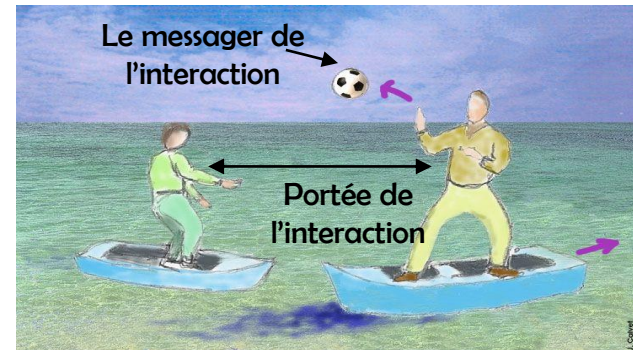
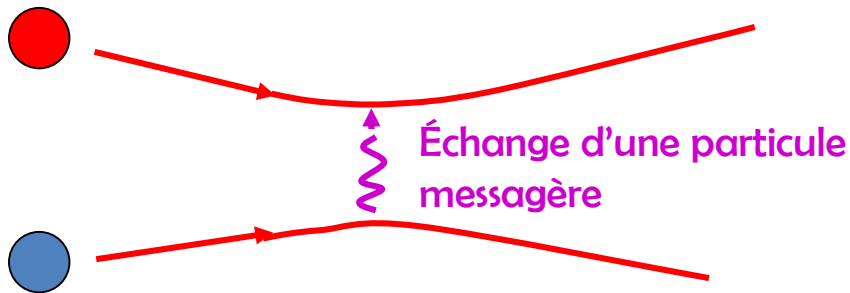
Les quarks ont une masse, une charge électrique et une « couleur » \Rightarrow sensible à la force forte

Les constituants élémentaires



Les interactions fondamentales

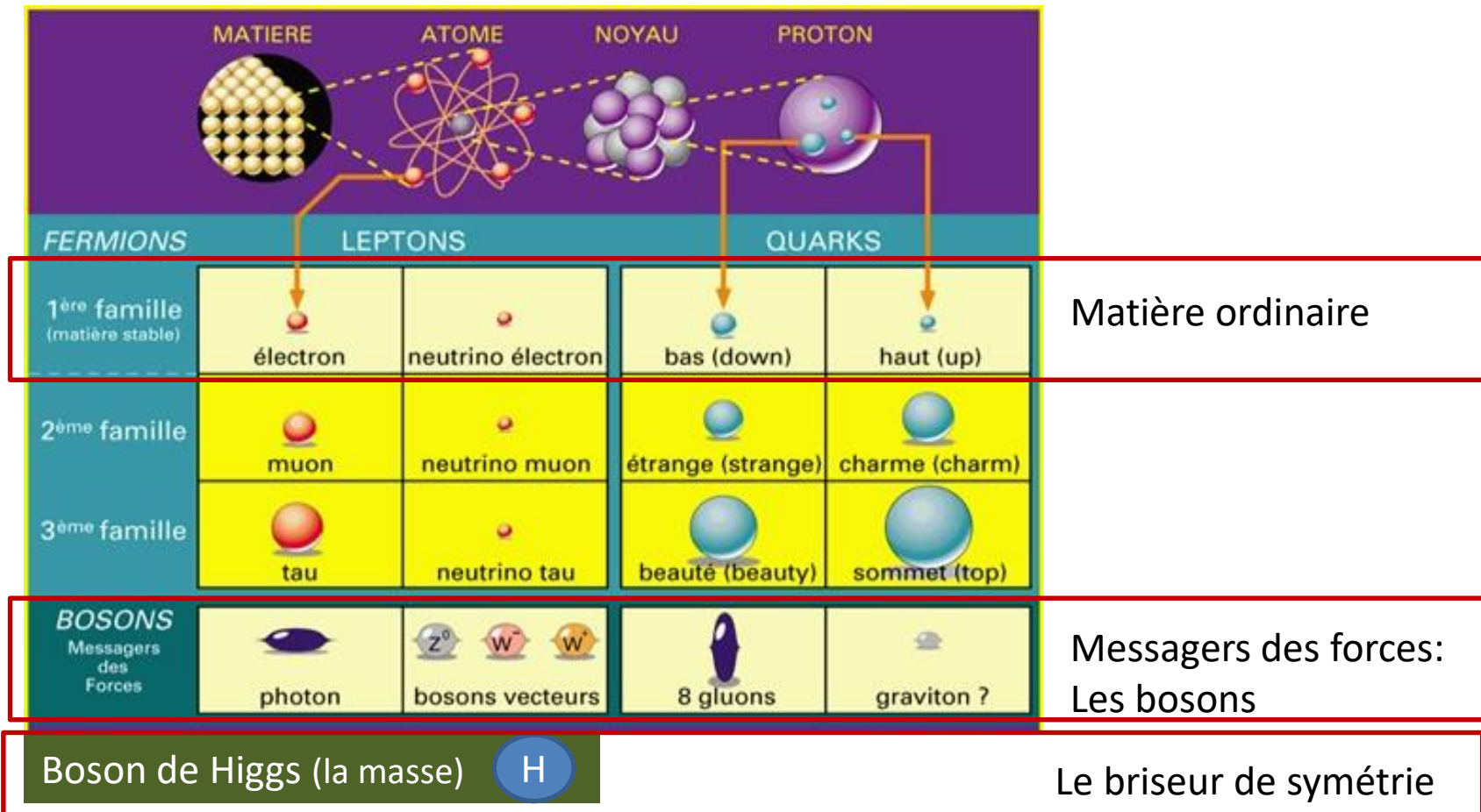
En physique des particules, l'**interaction** (force) qui s'exerce entre 2 particules élémentaires est décrite comme l'**échange** d'une **particule messagère** entre ces 2 particules.

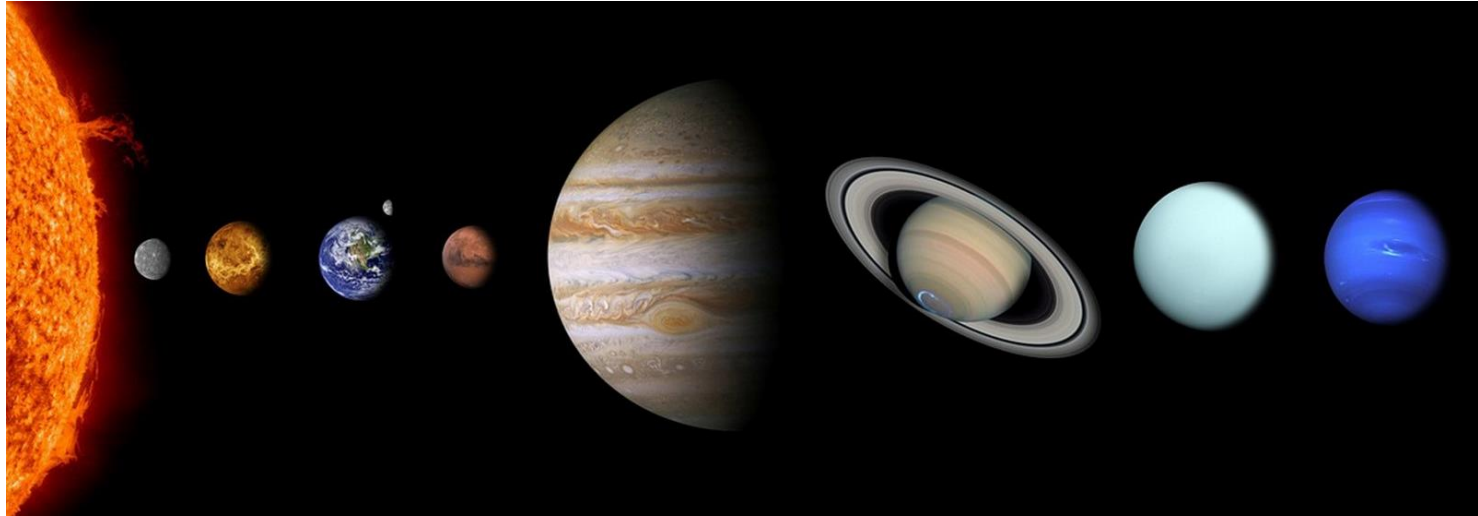


TYPE	FORCE RELATIVE	PARTICULES ÉCHANGÉES	EXEMPLE DE DOMAINE D'APPLICATION
FORTE	≈ 1	gluons	noyau, nucléons
ÉLECTROMAGNÉTIQUE	$\approx 10^{-2}$	photons	cortège électronique de l'atome, lumière, chimie
FAIBLE	$\approx 10^{-6}$	bosons Z^0, W^+, W^-	radioactivité β énergie solaire
GRAVITATION	$\approx 10^{-38}$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

Résumé: particules élémentaires et forces

Le Modèle Standard de physique des particules



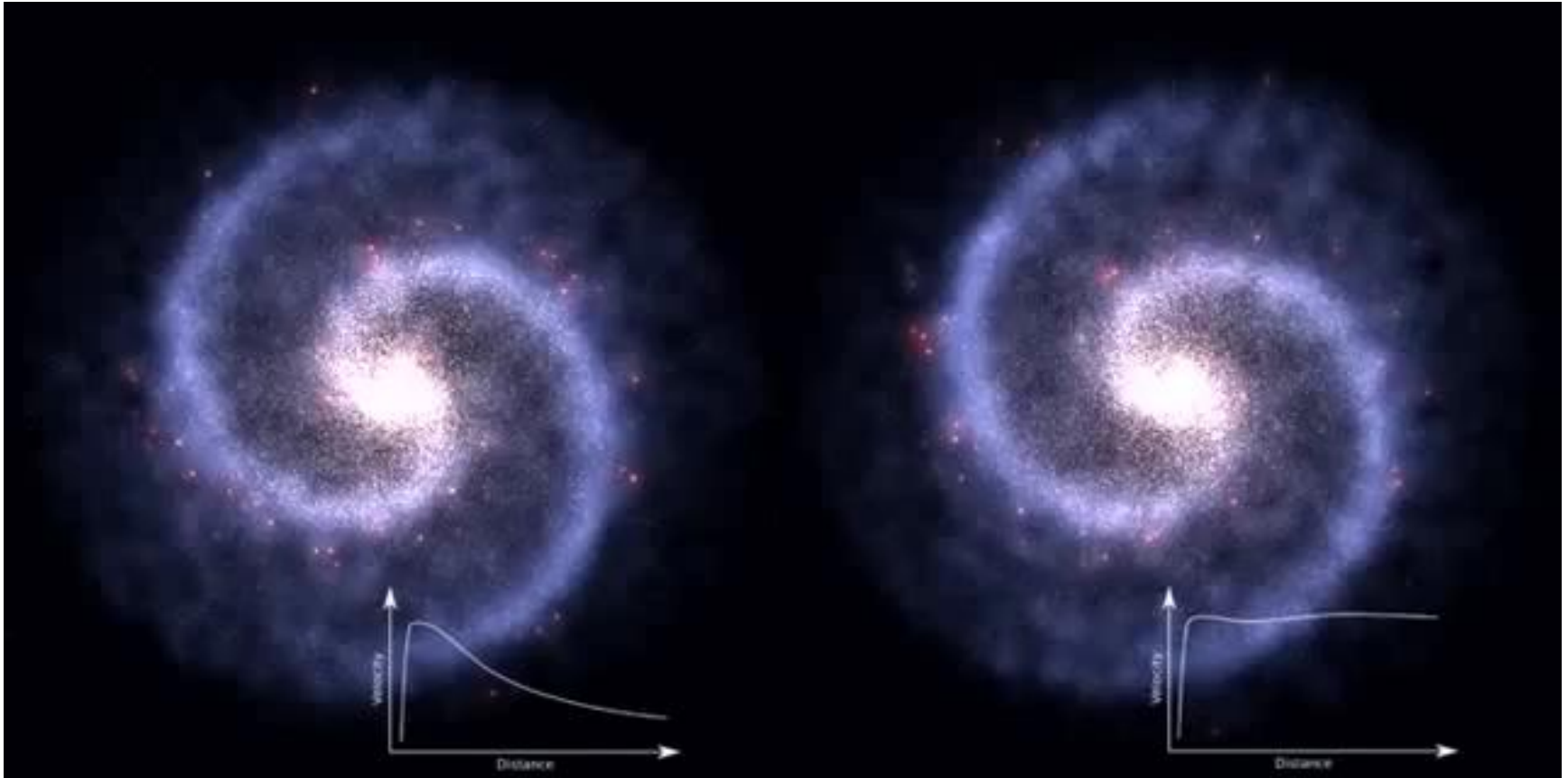


- Vitesse des planètes dans le système solaire:

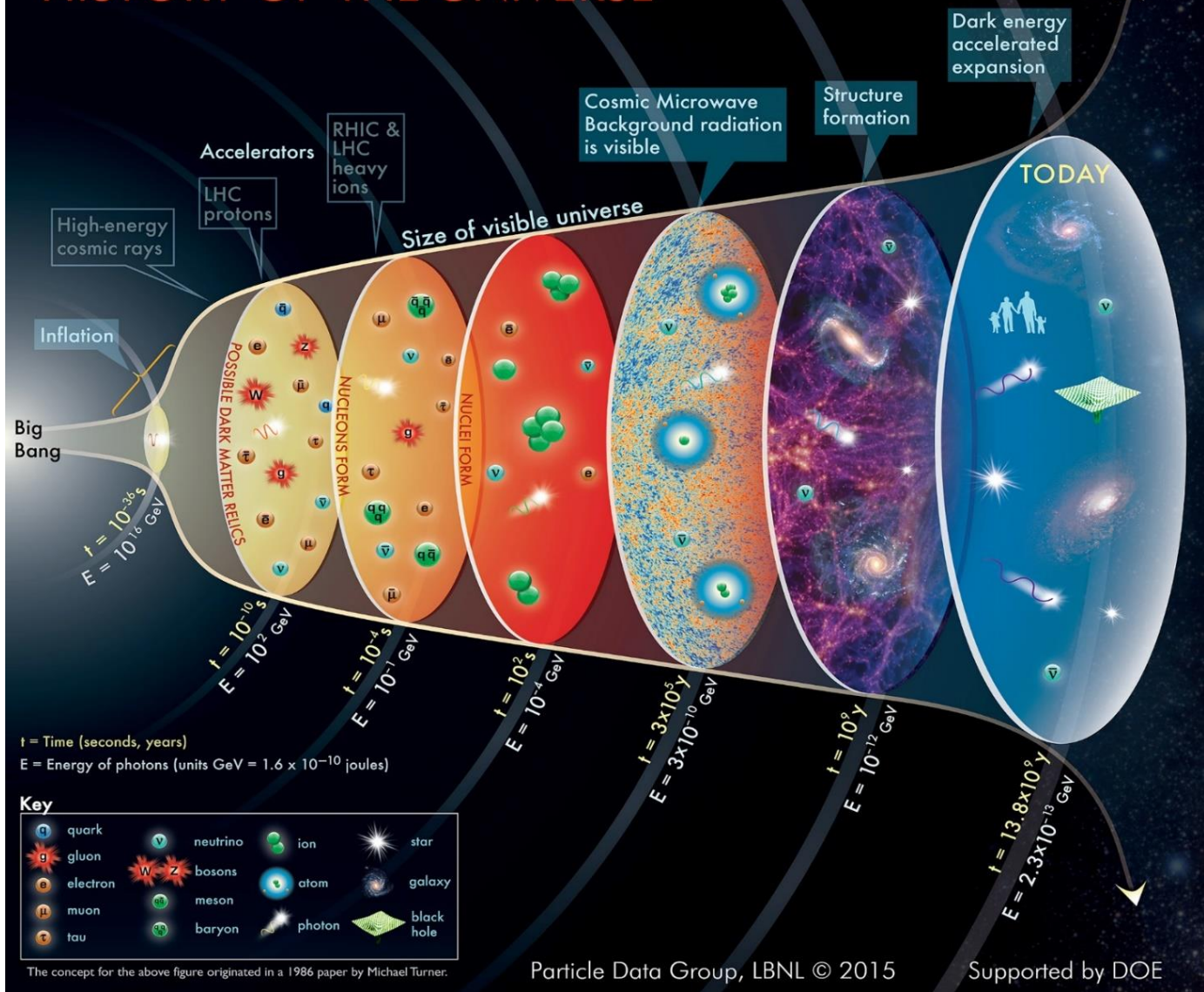
- | | |
|-------------------------|------------------------|
| – Mercure: 172 800 km/h | – Jupiter: 46 800 km/h |
| – Vénus: 126 000 km/h | – Saturne: 36 000 km/h |
| – Terre: 104 400 km/h | – Uranus: 25 200 km/h |
| – Mars: 86 400 km/h | – Neptune: 18 000 km/h |

$$F = G \frac{M_1 M_2}{d^2}$$

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



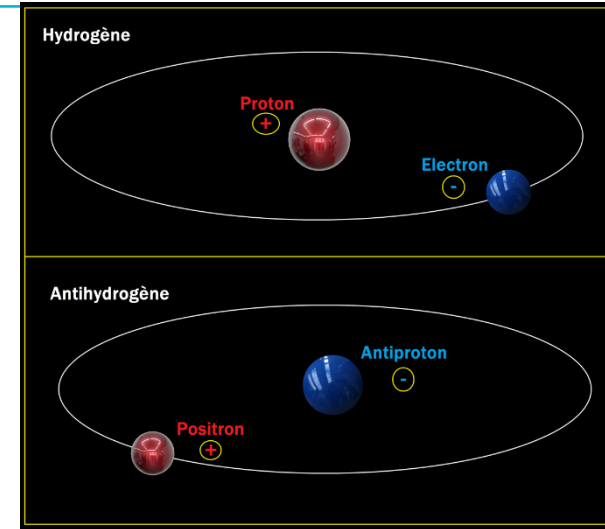
HISTORY OF THE UNIVERSE



James Peeble

L'antimatière:

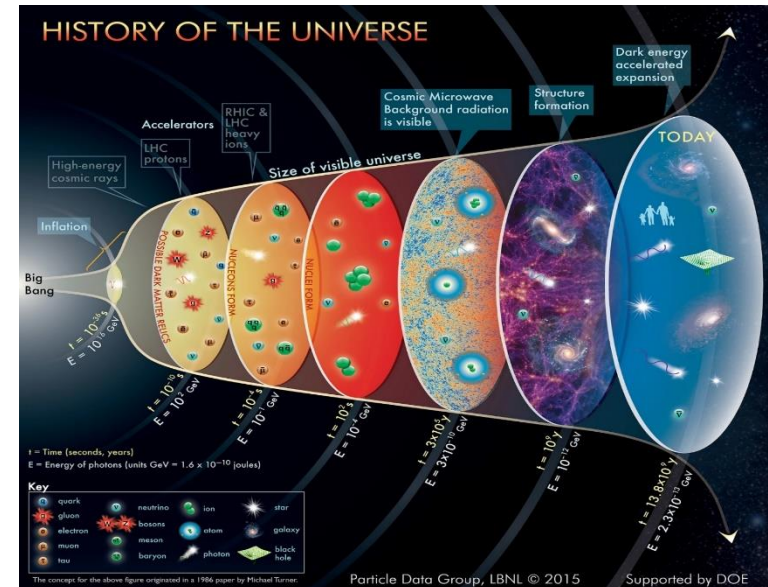
- Pour chaque particule il existe une anti-particule de même masse et de charge opposée
 - Ex: le positron (e^+) est l'antiparticule de l'électron (e^-)
- Particule et anti-particule s'annihilent



Où ça?

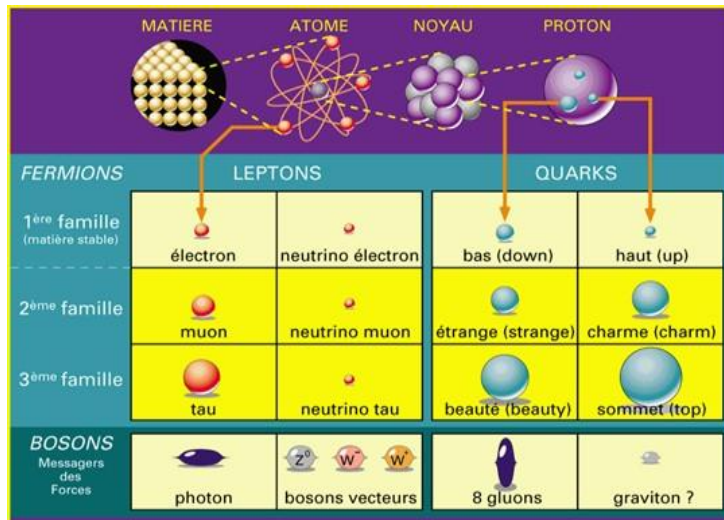
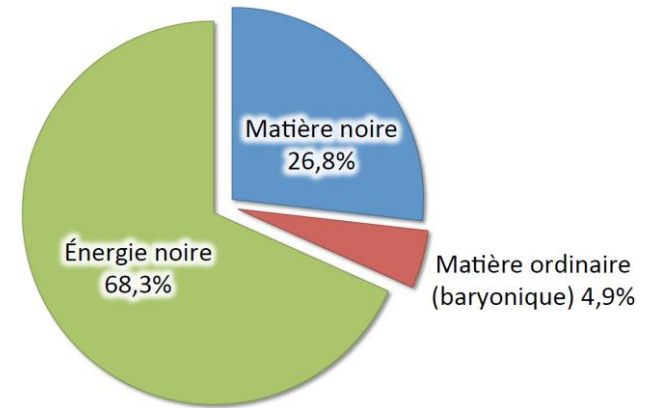
- Big Bang: autant de matière que d'anti-matière sont créées
- L'univers que nous observons est formé de matière

⇒ où est passée l'anti-matière?



Quelques grandes questions actuelles

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

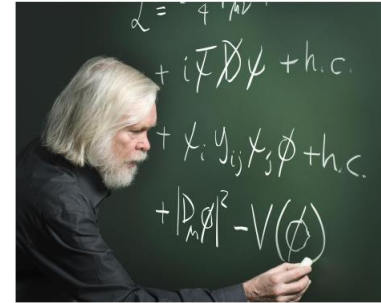


- Pourquoi n'observe-t'on pas d'antimatière dans l'Univers ?
- D'où vient la masse des particules ?
le boson de Higgs ! (2012)
- Existe-t'il d'autres particules très massives ?
- ...

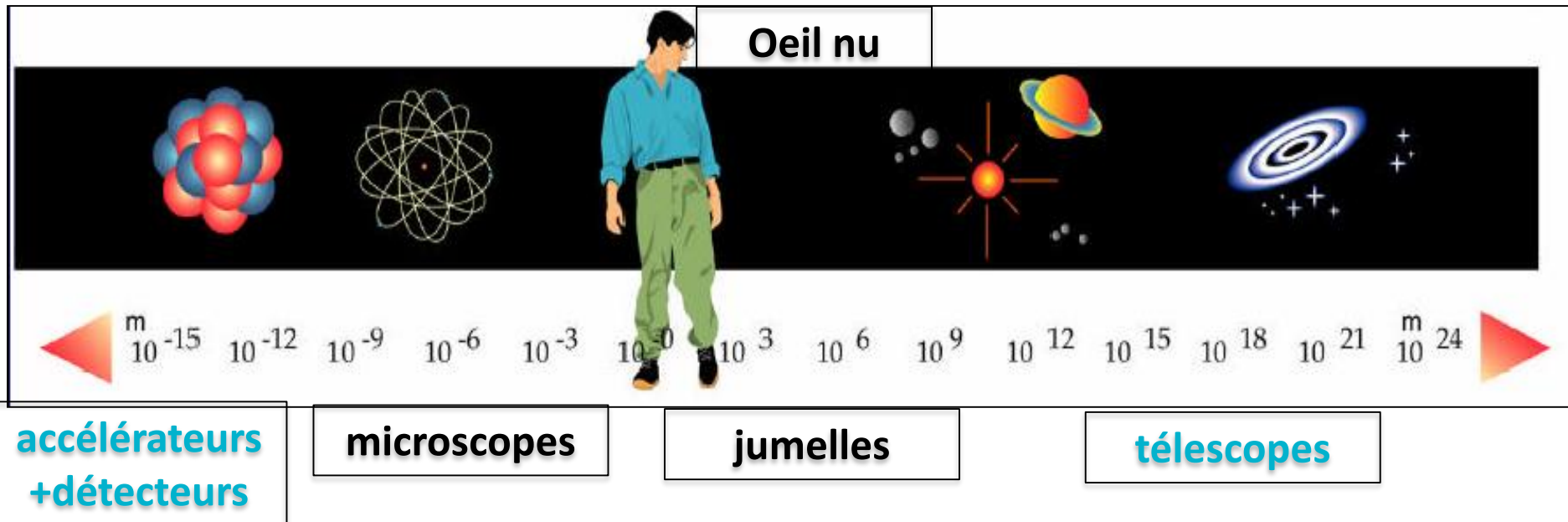
Comment répondre à ces questions?

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?

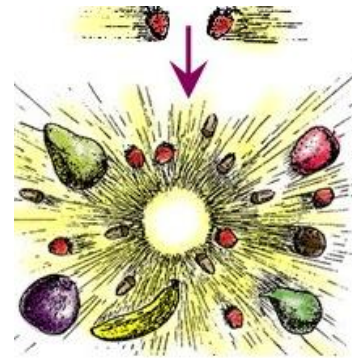


En 1905, Einstein montre l'équivalence masse-énergie par sa célèbre équation $E = mc^2$

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



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

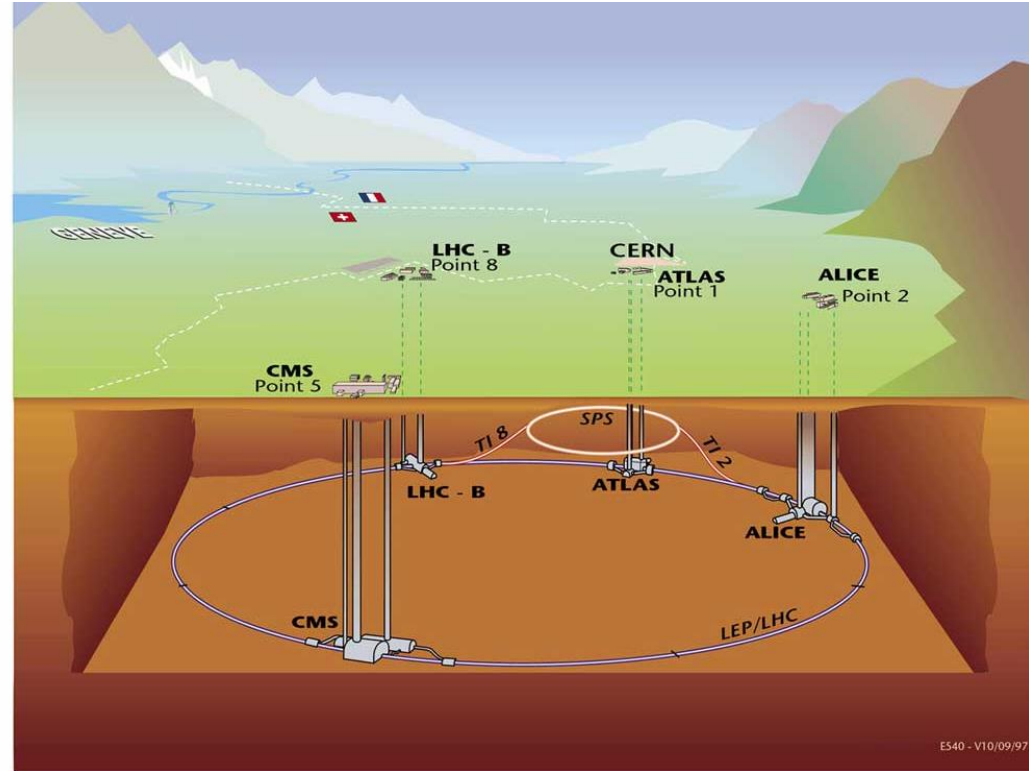


Un Accélérateur: le LHC

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

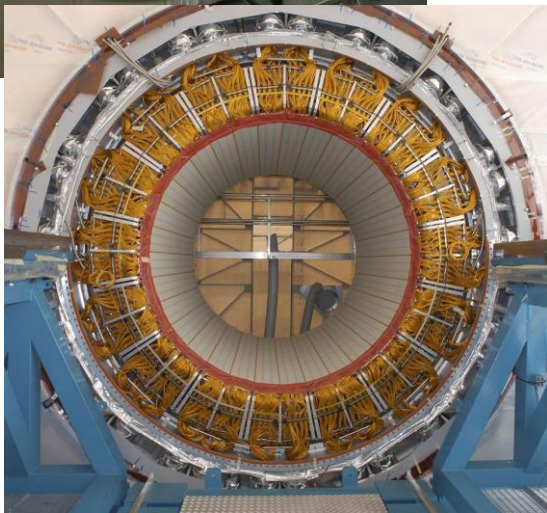
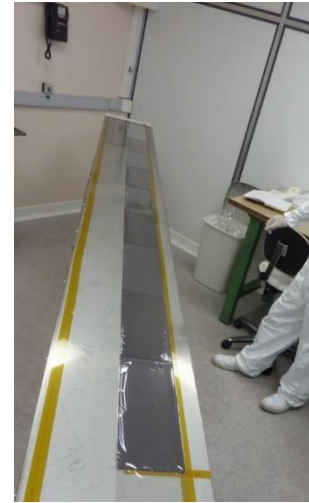
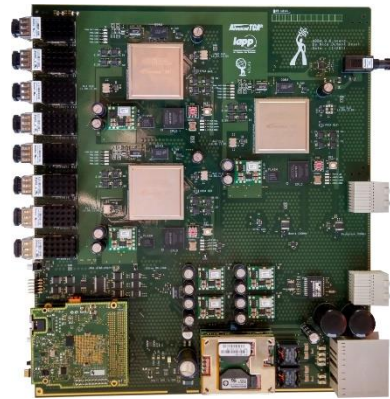
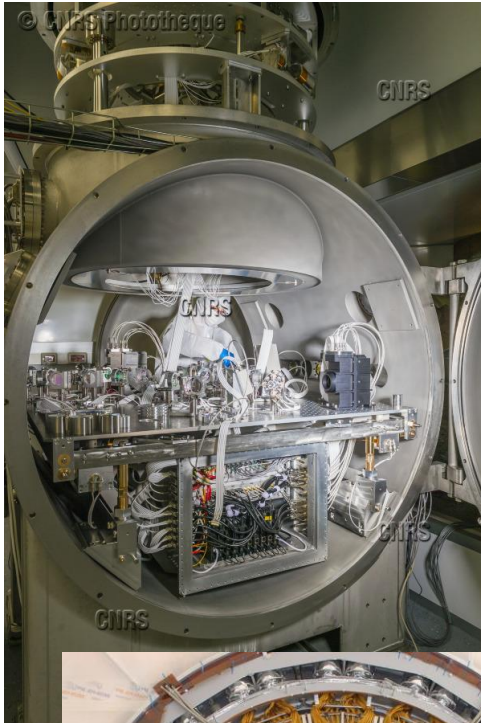


LHC :
Large
Hadron
Collider
grand collisionneur de hadrons
(=protons ou noyaux de Plomb)



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.

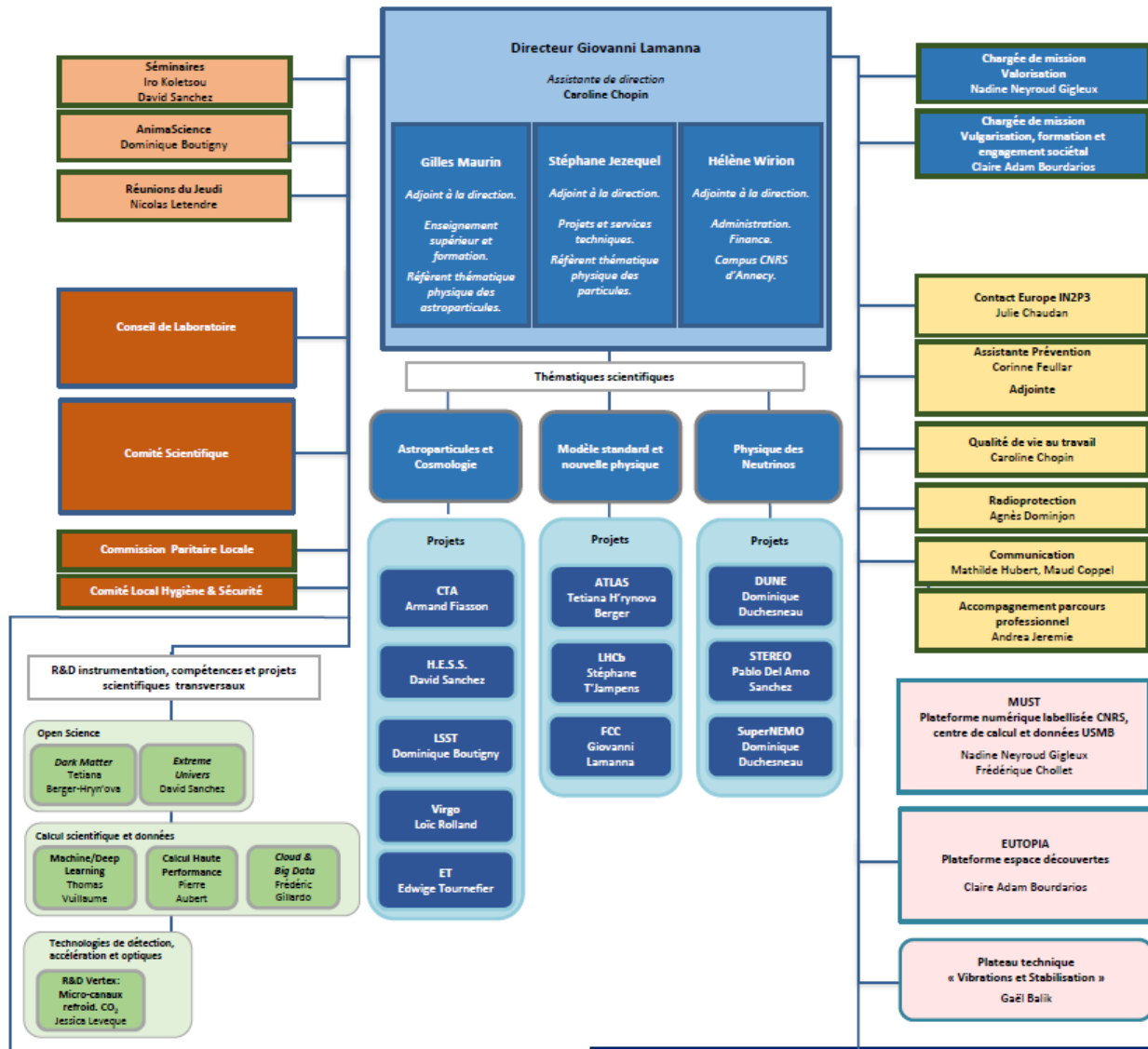
- Des administratifs (~ 10)

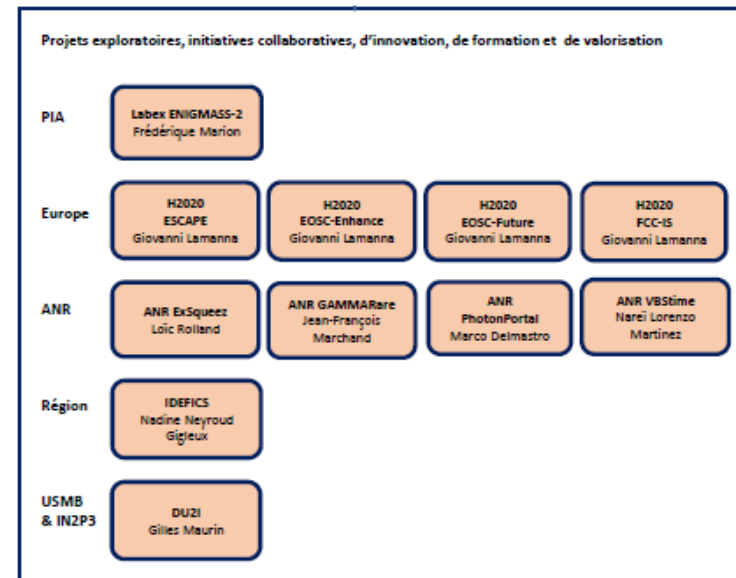
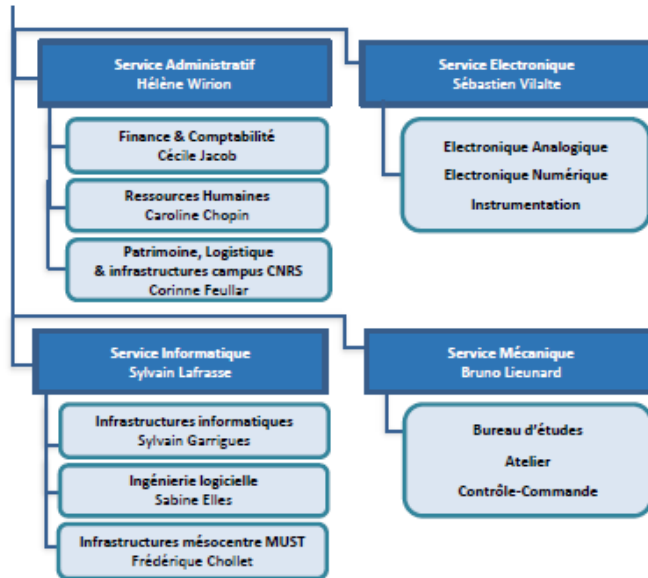
Pour effectuer les commandes, gérer, prévoir, communiquer...

https://lapp.in2p3.fr/IMG/pdf/Organigramme_LAPP_2021_VDef.pdf



Organigramme fonctionnel 2021

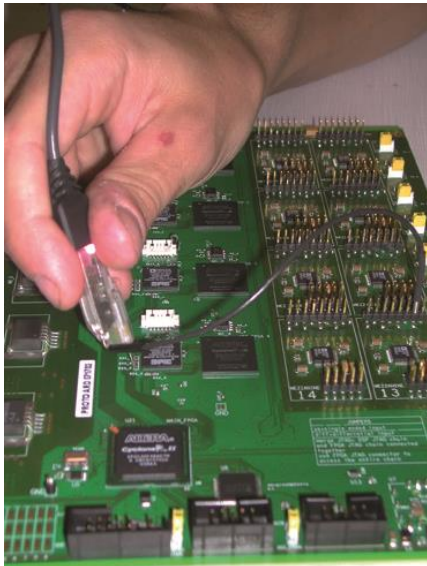




Les services techniques:

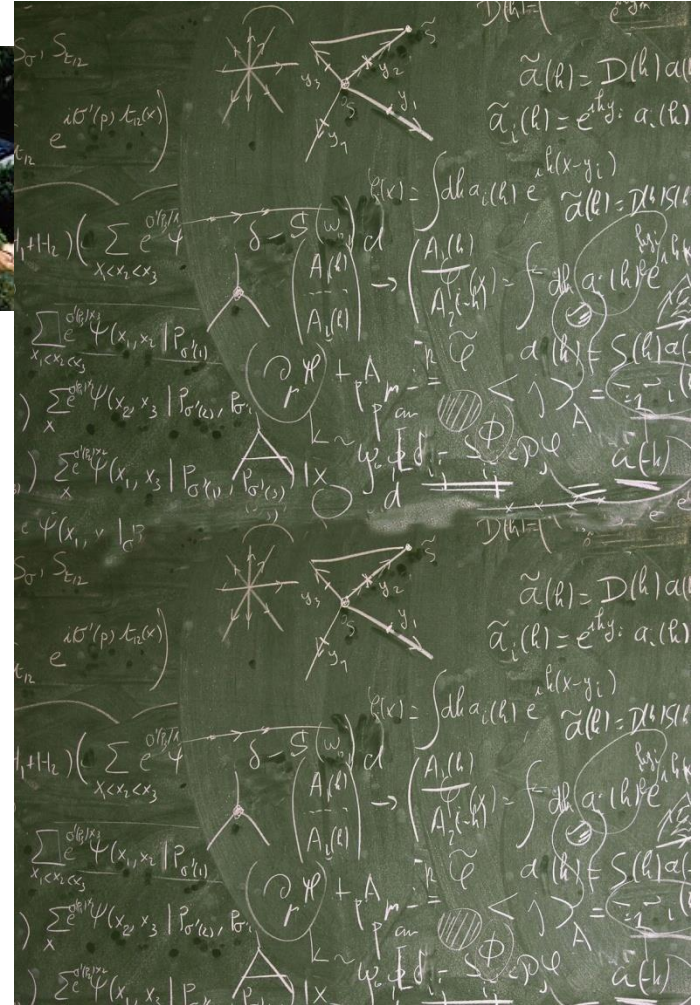
- mécanique
- électronique
- informatique

~ 80 ingénieurs et techniciens



Salle de calcul MUST

Et juste à côté : des théoriciens

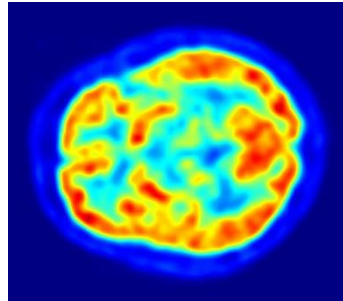


LAPP



LAPTh

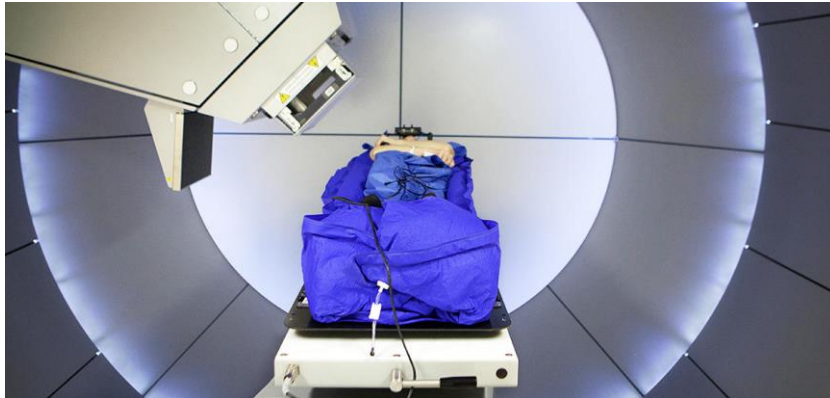
Imagerie médicale



Grille de calcul



Hadronthérapie



World Wide Web

