

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 amphi	petit amphi	salle des fourmis	salle des fourmis

De l'infiniment petit à l'infiniment grand

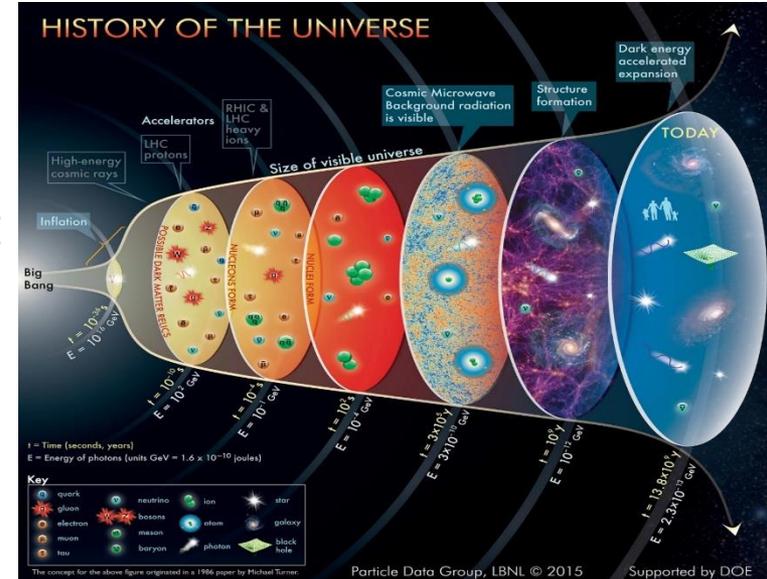
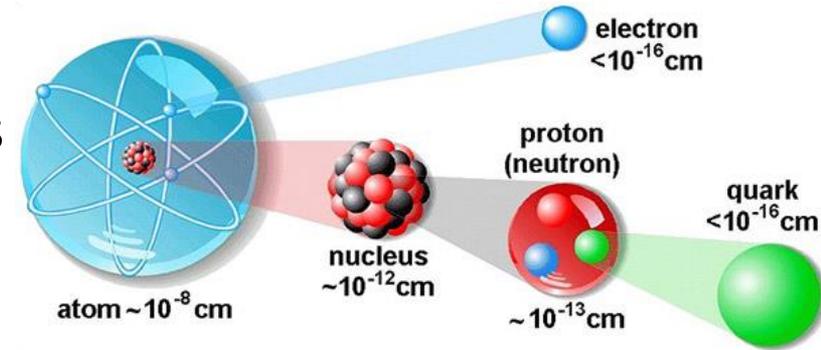
Recherches menées au LAPP:

- 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

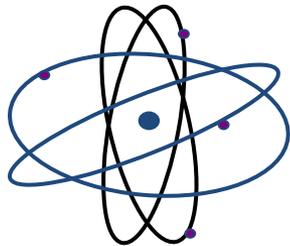
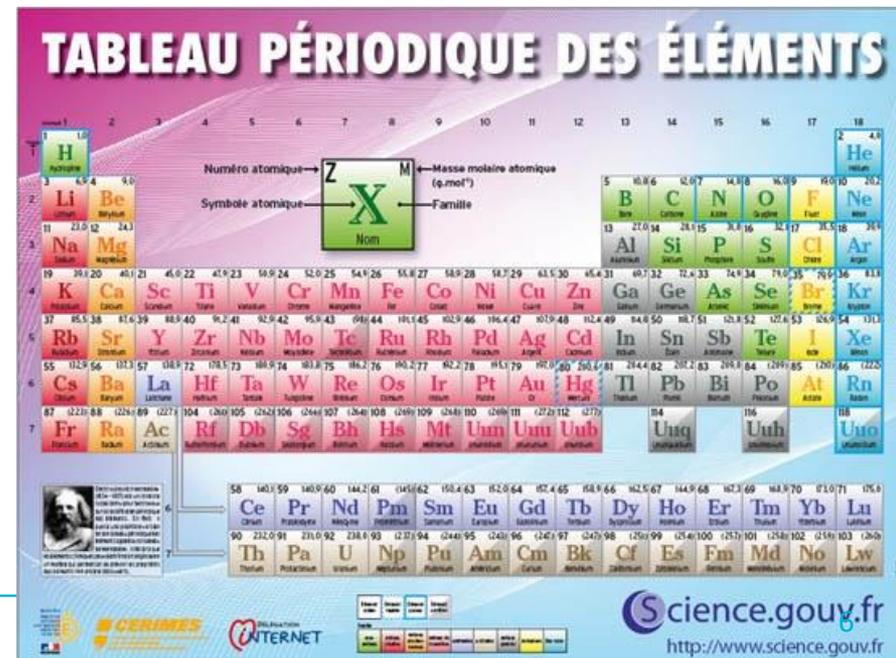


TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS



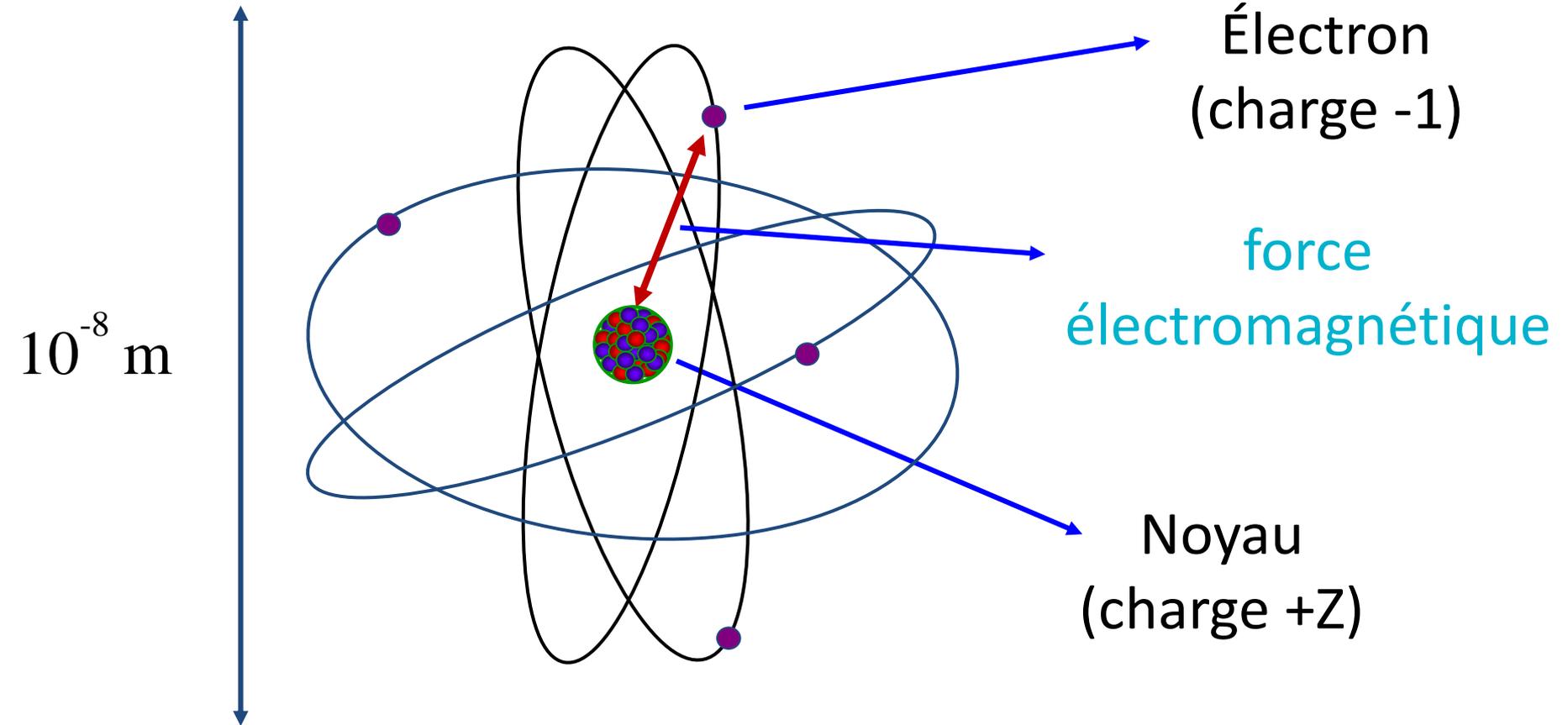
Numéro atomique Z Masse molaire atomique (g.mol⁻¹) M

Symbôle atomique X Famille

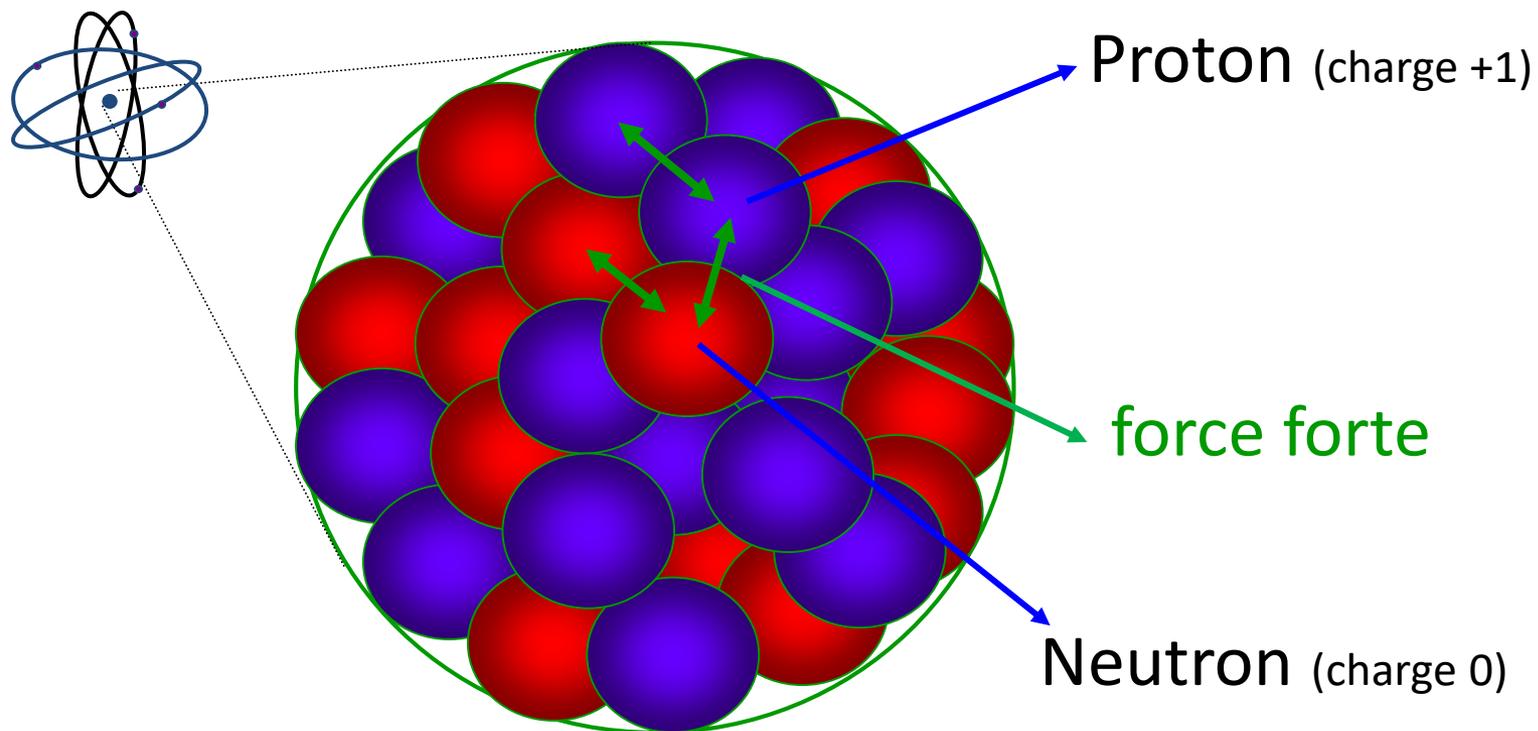
Nom

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H Hydrogène	He Hélium																
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Li Lithium	Be Béryllium	B Bore	C Carbone	N Azote	O Oxygène	F Fluor	Ne Néon										
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Na Sodium	Mg Magnésium	Al Aluminium	Si Silicium	P Phosphore	S Soufre	Cl Chlore	Ar Argon	K Potassium	Ca Calcium	Sc Scandium	Ti Titane	V Vanadium	Cr Chrome	Mn Manganèse	Fe Fer	Co Cobalt	Ni Nickel
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb Rubidium	Sr Strontium	Y Yttrium	Zr Zirconium	Nb Niobium	Mo Molybdène	Tc Technetium	Ru Ruthénium	Rh Rhodium	Pd Paladium	Ag Argent	Cd Cadmium	In Indium	Sn Étain	Sb Antimoine	Te Tellure	I Iode	Xe Xénon
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Cs Césium	Ba Baryum	La Lanthane	Hf Hafnium	Ta Tantale	W Wolfram	Re Rhenium	Os Osmium	Ir Iridium	Pt Platine	Au Or	Hg Mercure	Tl Thallium	Pb Plomb	Bi Bismuth	Po Polonium	At Astatine	Rn Radon
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
Fr Francium	Ra Radium	Ac Actinide	Rf Rutherfordium	Db Dubnium	Sg Seaborgium	Bh Bohrium	Hs Hassium	Mt Meitnerium	Uun Ununium	Uub Unbibium	Uuq Unquadium	Uuh Unhennium	Uuo Unoctium				
			58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
			Ce Cérite	Pr Praseodyme	Nd Néodyme	Pm Prométhée	Sm Samarium	Eu Europium	Gd Gadolinium	Tb Terbium	Dy Dysprosium	Ho Holmium	Er Erbium	Tm Thulium	Yb Ytterbium	Lu Lutécium	
			90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
			Th Thorium	Pa Protactinium	U Uranium	Np Neptunium	Pu Plutonium	Am Americium	Cm Curium	Bk Berkélium	Cf Californium	Es Einsteinium	Fm Fermium	Md Mendelevium	No Néodymium	Lw Lawrencium	

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

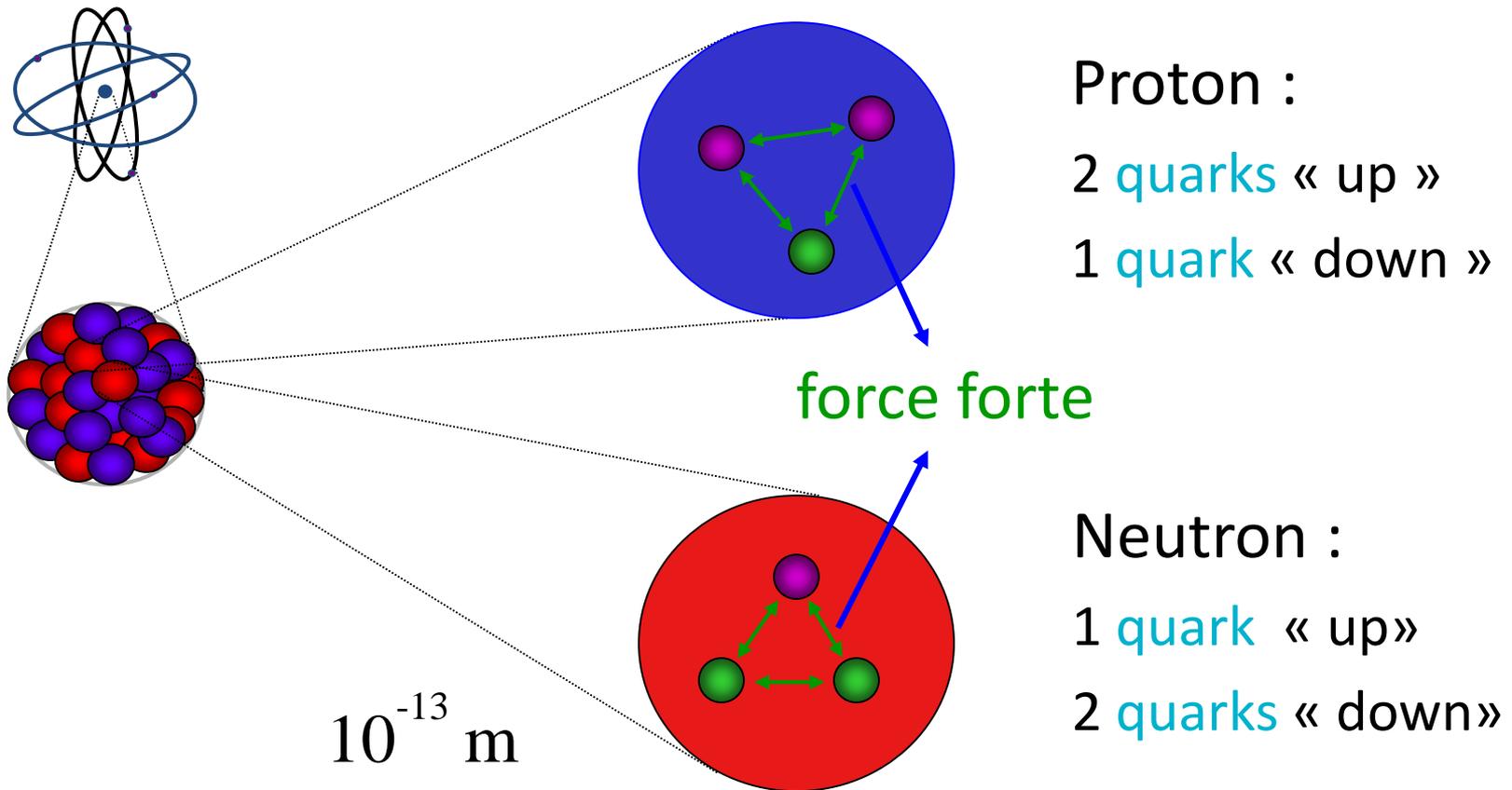


Deux corps électrisés s'attirent (si charges de signe opposés) ou se repoussent (si charges de même signe) c'est la **force électromagnétique**



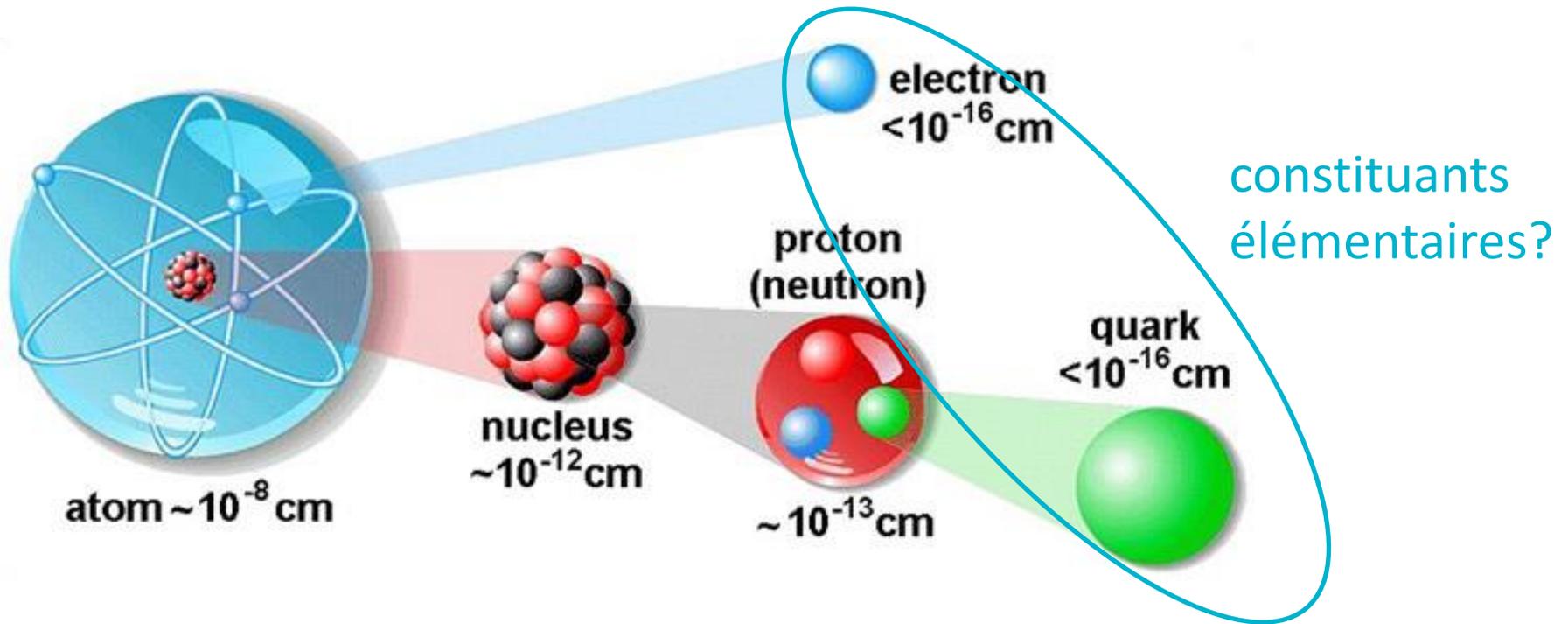
10^{-12} m

Les protons et les neutrons



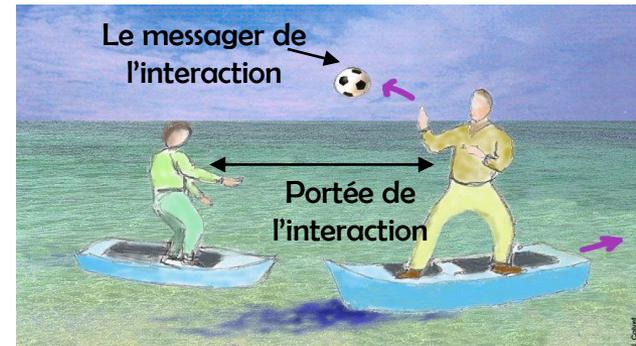
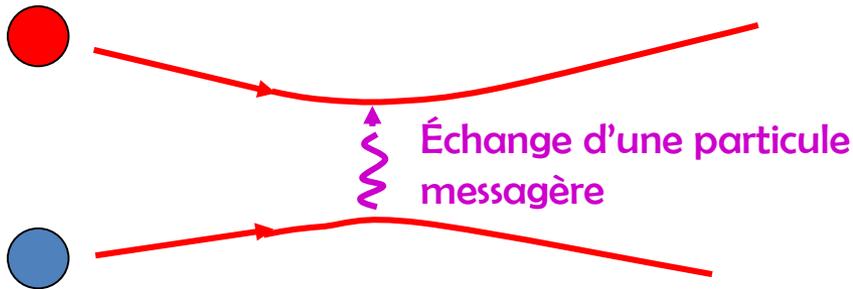
Les quarks ont une masse, une charge électrique et une « couleur » \Rightarrow sensible à la force forte

Les constituants élémentaires



Les interactions fondamentales

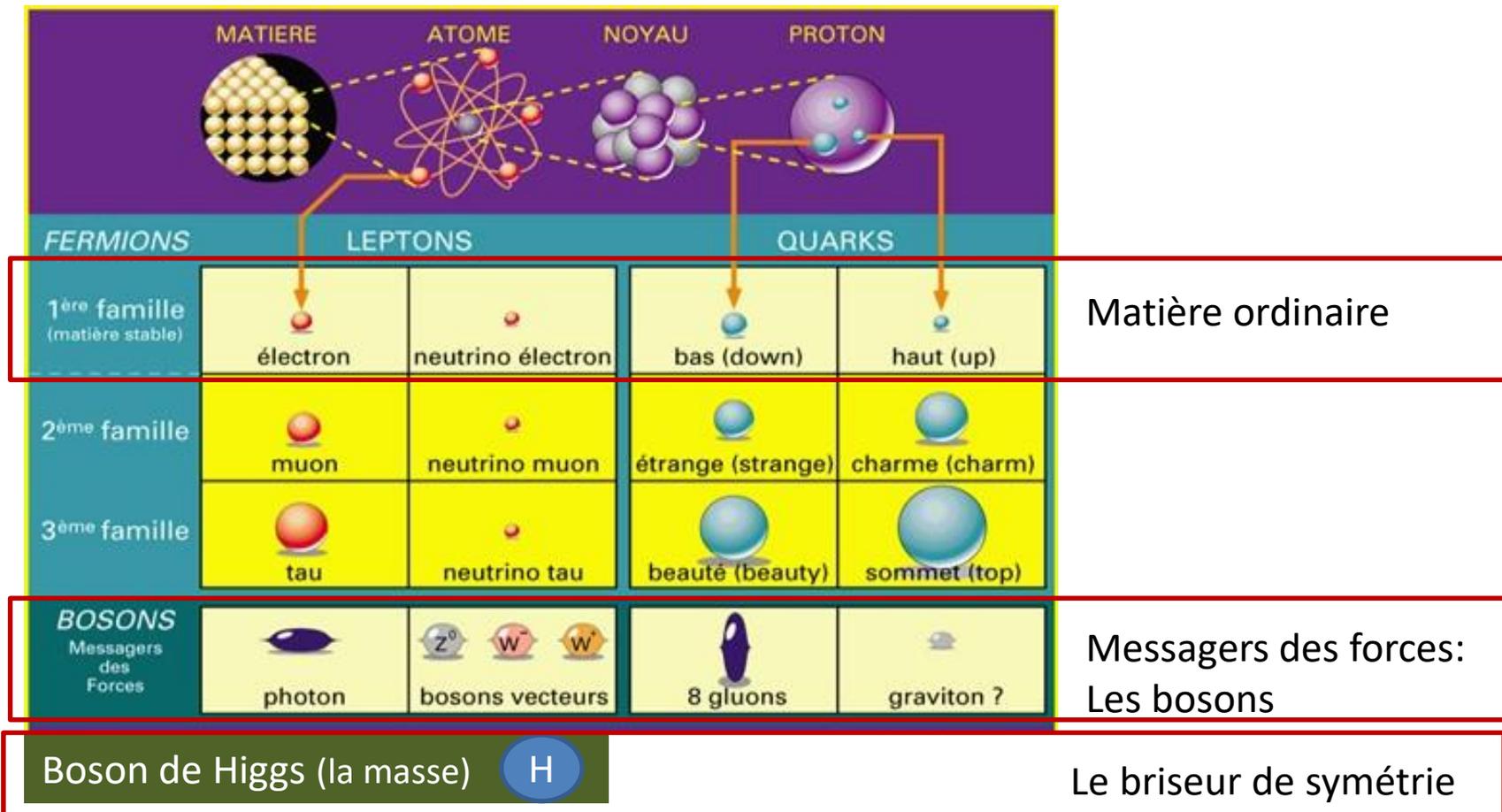
En physique des particules, l'**interaction** (force) qui s'exerce entre 2 particules élémentaires est décrite comme l'**échange** d'une **particule messagère** entre ces 2 particules.

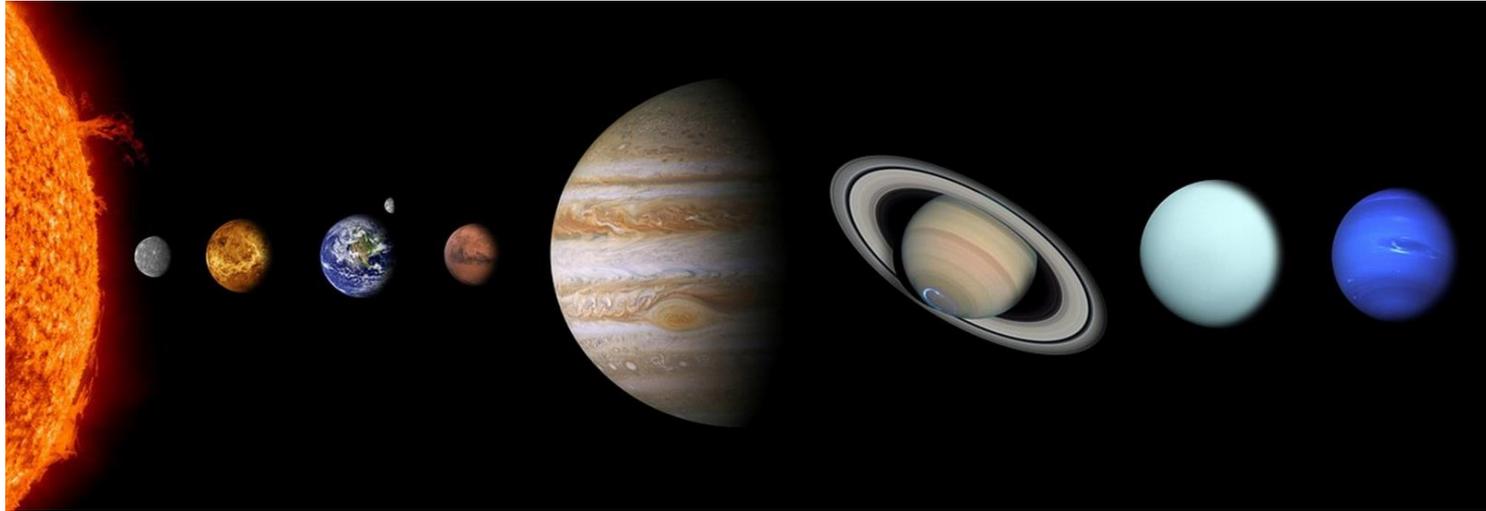


TYPE	FORCE RELATIVE	PARTICULES ÉCHANGÉES	EXEMPLE DE DOMAINE D'APPLICATION
FORTE	≈ 1	gluons	noyau, nucléons
ÉLECTROMAGNÉTIQUE	$\approx 10^{-2}$	photons	cortège électronique de l'atome, lumière, chimie
FAIBLE	$\approx 10^{-6}$	bosons Z^0, W^+, W^-	radioactivité β énergie solaire
GRAVITATION	$\approx 10^{-38}$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

Résumé: particules élémentaires et forces

Le Modèle Standard de physique des particules



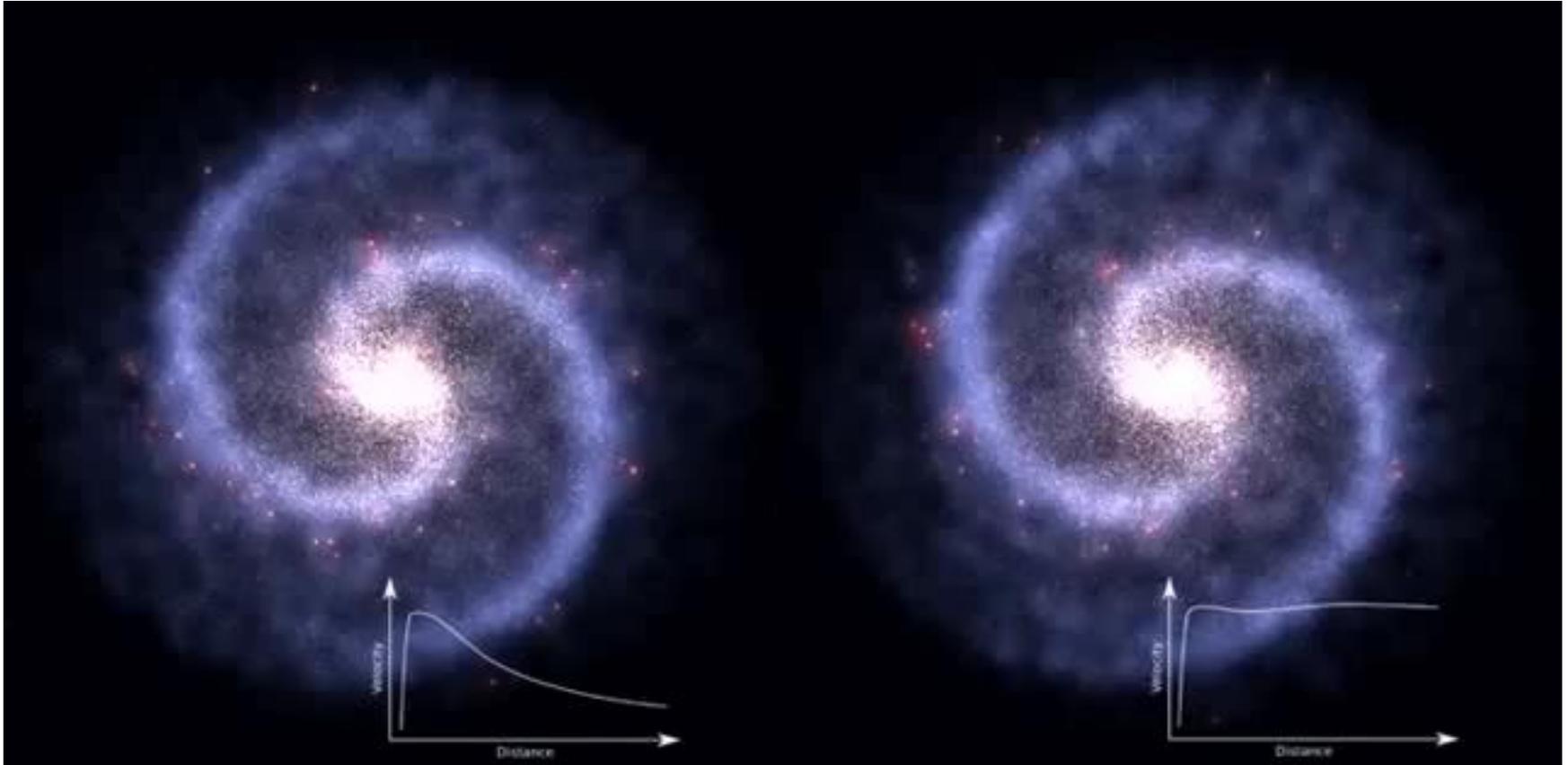


- Vitesse des planètes dans le système solaire:

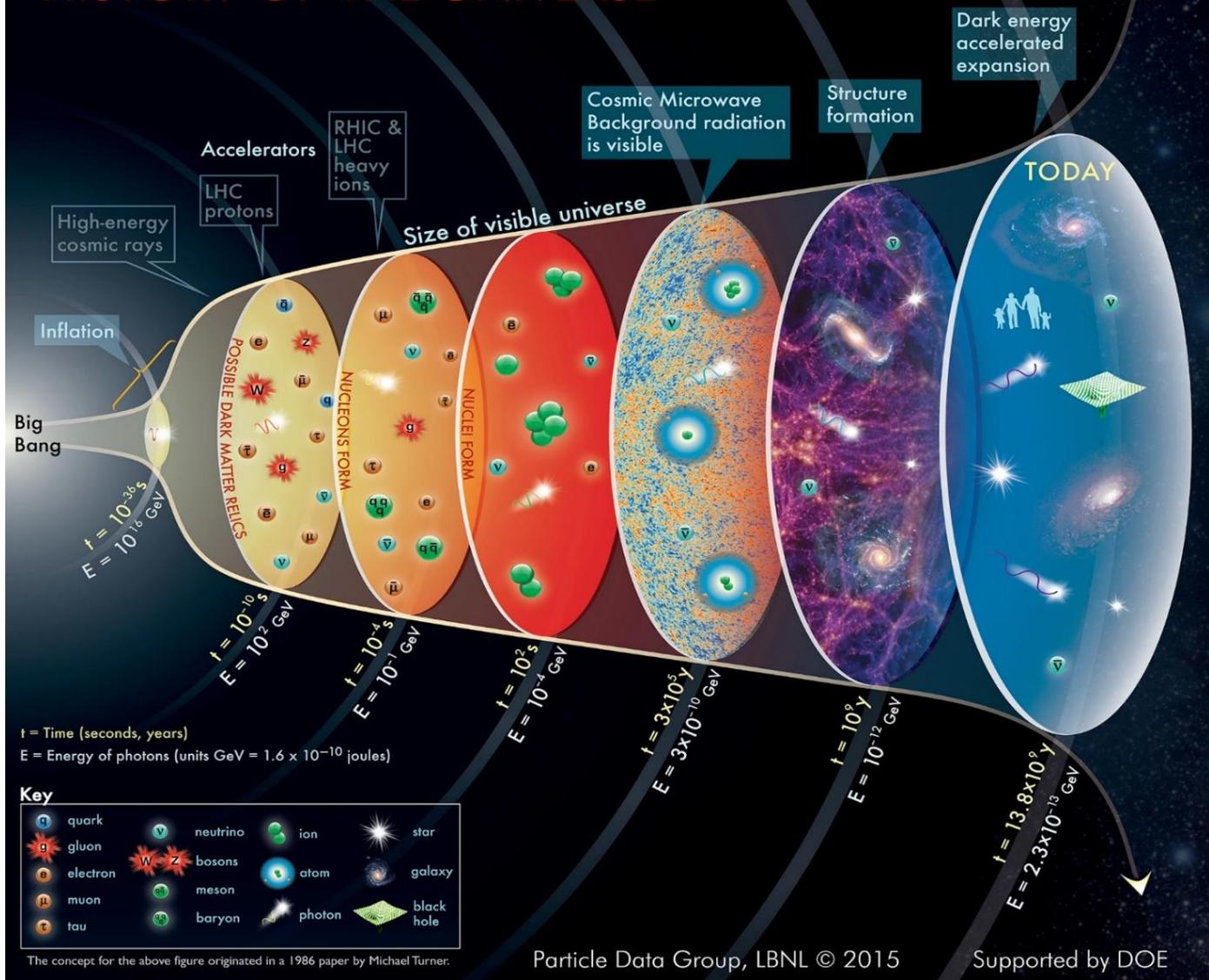
- | | |
|-------------------------|------------------------|
| – Mercure: 172 800 km/h | – Jupiter: 46 800 km/h |
| – Vénus: 126 000 km/h | – Saturne: 36 000 km/h |
| – Terre: 104 400 km/h | – Uranus: 25 200 km/h |
| – Mars: 86 400 km/h | – Neptune: 18 000 km/h |

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

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



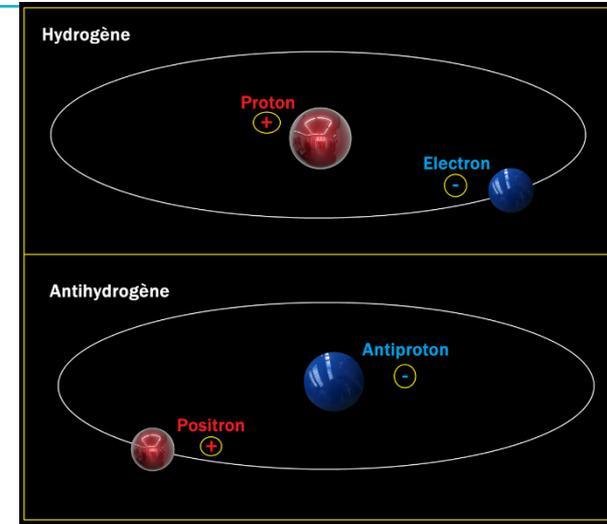
HISTORY OF THE UNIVERSE



James Peeble

L'antimatière:

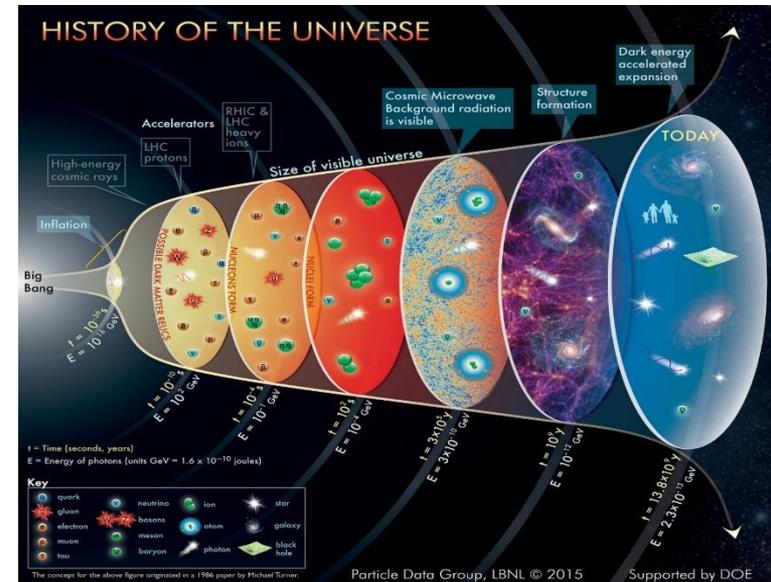
- Pour chaque particule il existe une anti-particule de même masse et de charge opposée
 - Ex: le positron (e^+) est l'antiparticule de l'électron (e^-)
- Particule et anti-particule s'annihilent



Où ça?

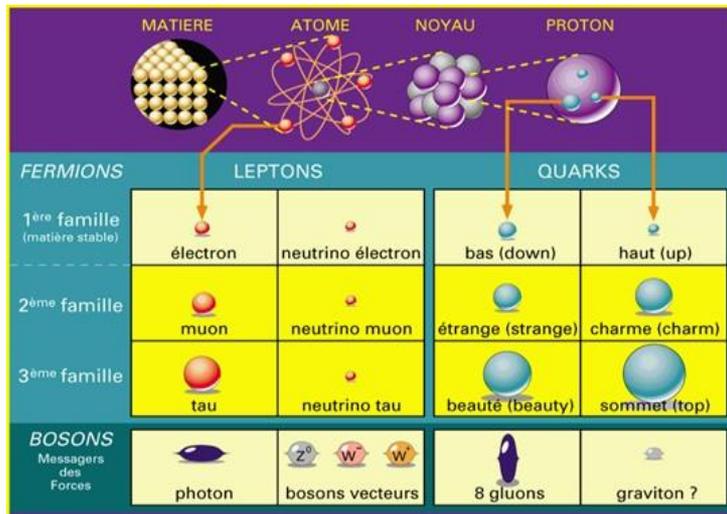
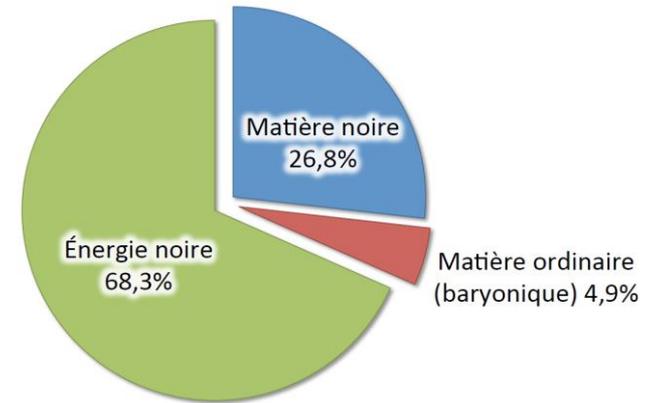
- Big Bang: autant de matière que d'anti-matière sont créées
- L'univers que nous observons est formé de matière

⇒ où est passée l'anti-matière?



Quelques grandes questions actuelles

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

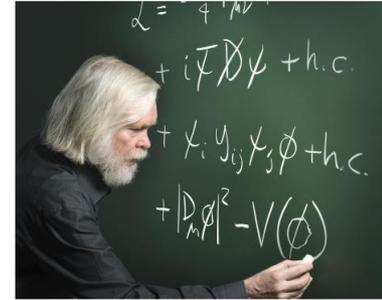


- Pourquoi n'observe-t'on pas d'antimatière dans l'Univers ?
- D'où vient la masse des particules ?
le boson de Higgs ! (2012)
- Existe-t'il d'autres particules très massives ?
- ...

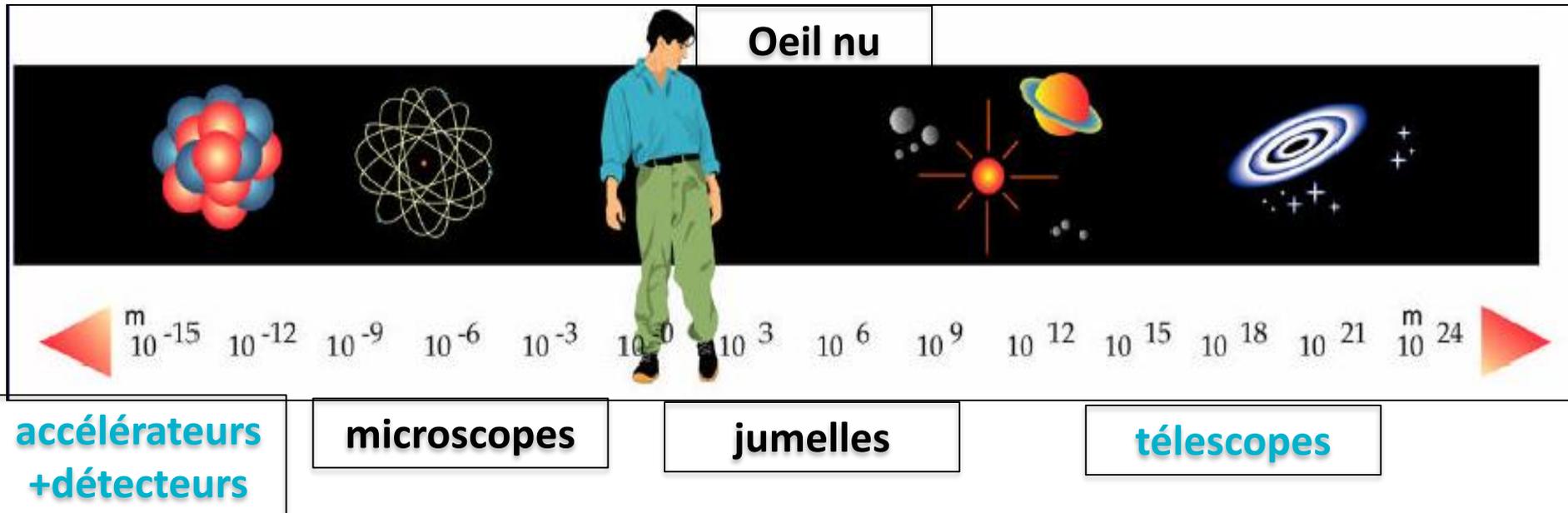
Comment répondre à ces questions?

On peut par exemple:

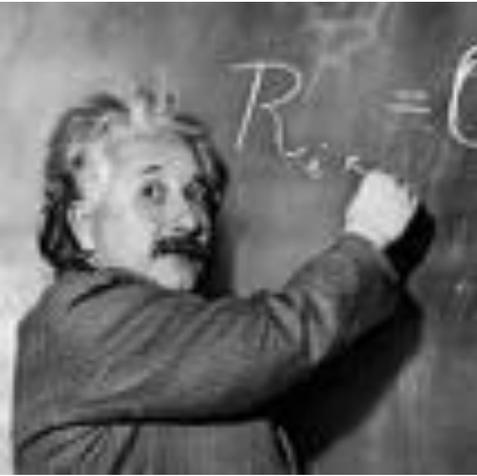
- Chercher de nouvelles particules
- Mesurer leurs propriétés
 - masse, durée de vie, produits de désintégration,...
- Confronter ces mesures aux prédictions des modèles théoriques



Avec quoi observe-t-on les particules élémentaires?

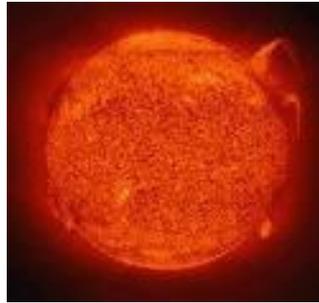


Créer de nouvelles particules: comment?

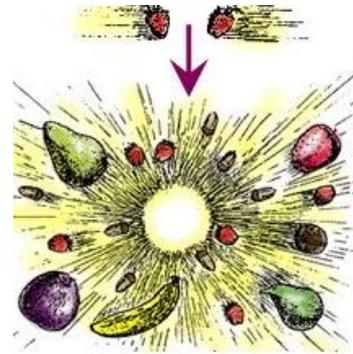


En 1905, Einstein montre l'équivalence masse-énergie par sa célèbre équation $E = mc^2$

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



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

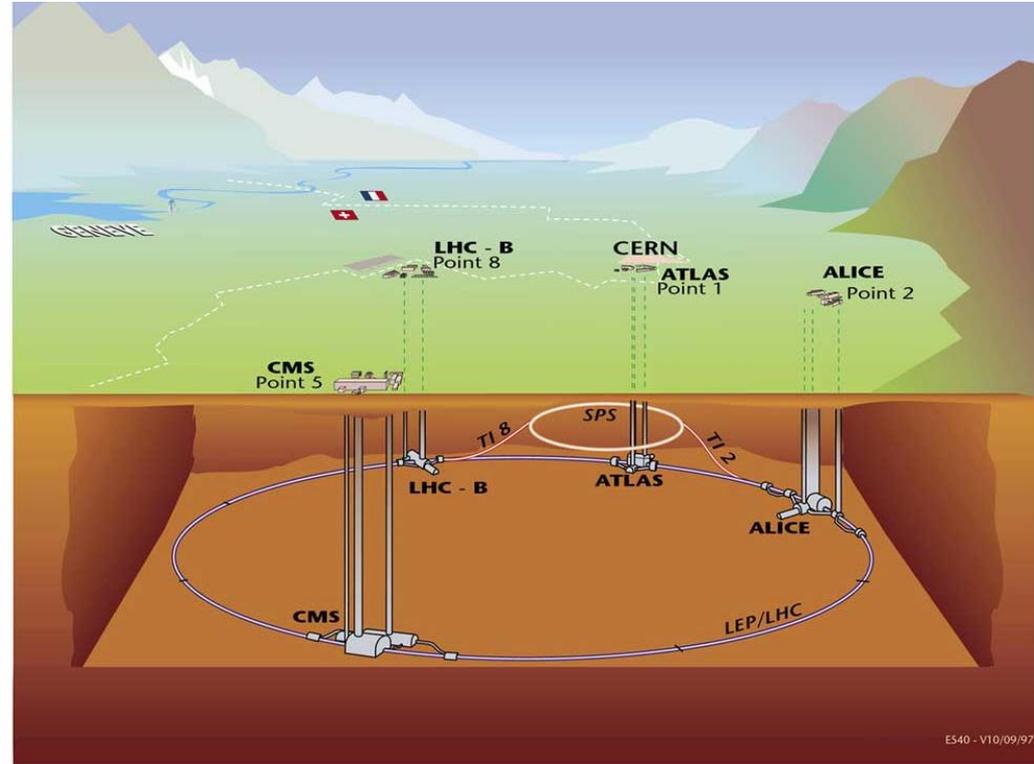


Un Accélérateur: le LHC

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

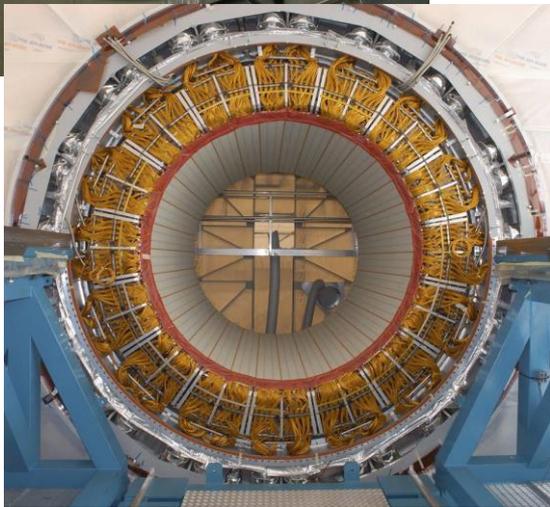
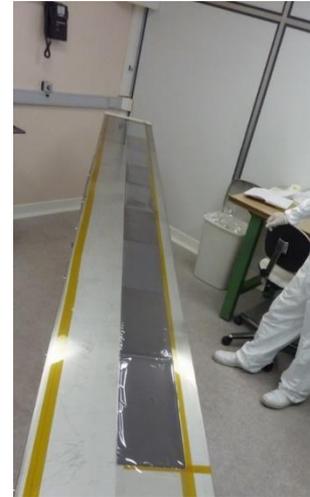
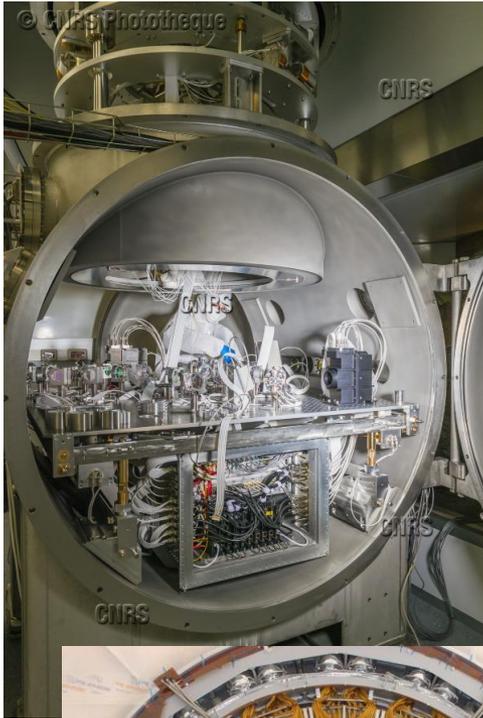


LHC :
Large
Hadron
Collider
grand collisionneur de hadrons
(=protons ou noyaux de Plomb)



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.

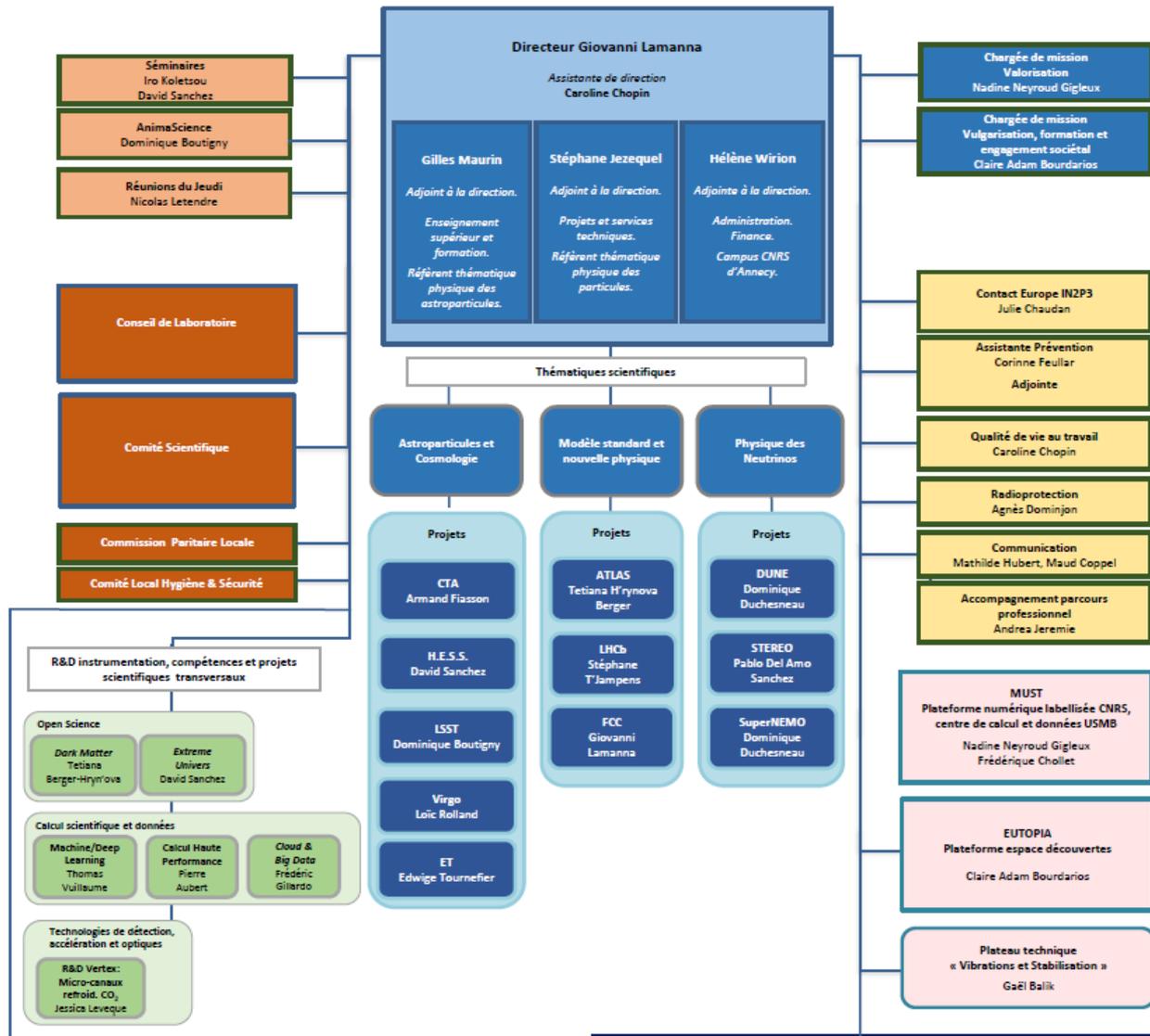
- Des administratifs (~ 10)

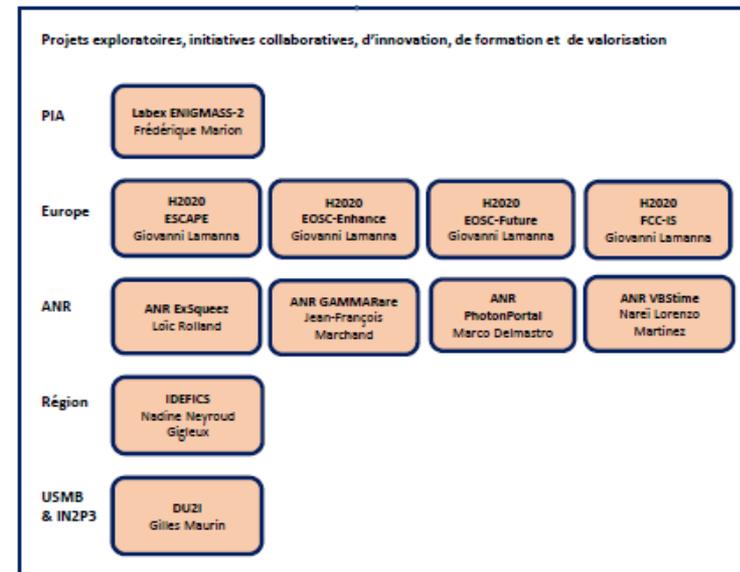
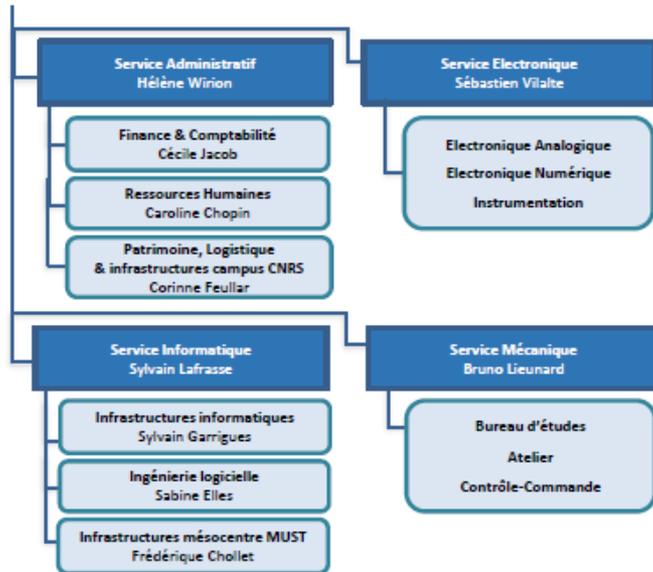
Pour effectuer les commandes, gérer, prévoir, communiquer...

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



Organigramme fonctionnel 2021





Les services techniques:

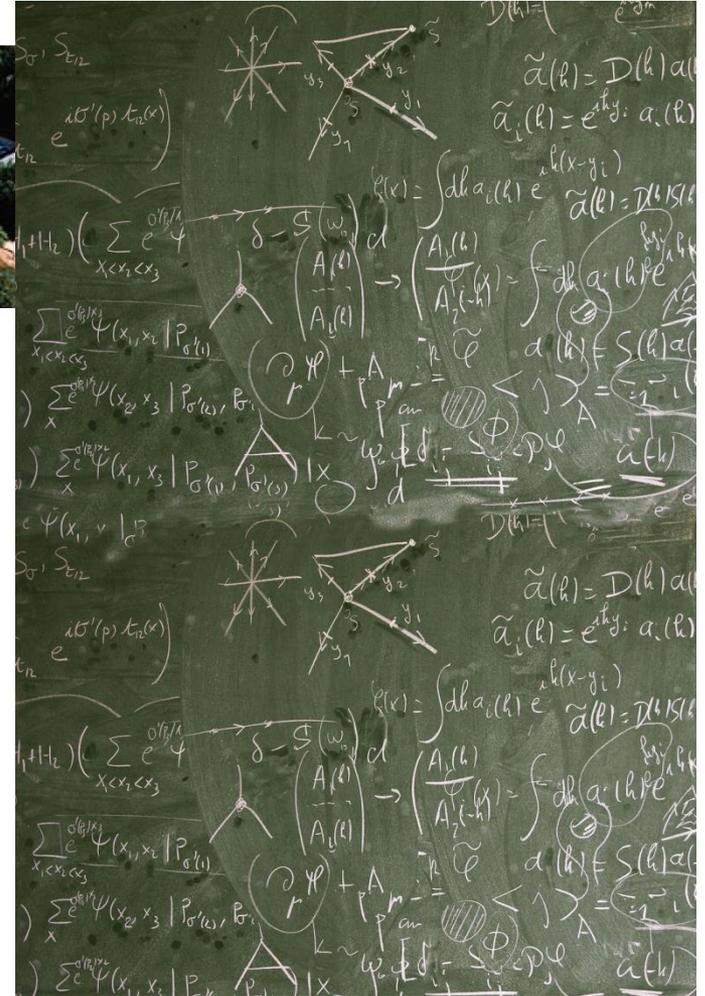
- mécanique
- électronique
- informatique

~ 80 ingénieurs et techniciens



Salle de calcul MUST

Et juste à côté : des théoriciens

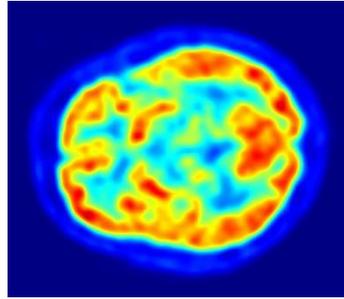


LAPP



LAPTh

Imagerie médicale



Grille de calcul



Hadronthérapie



World Wide Web

