

La Femto Physique

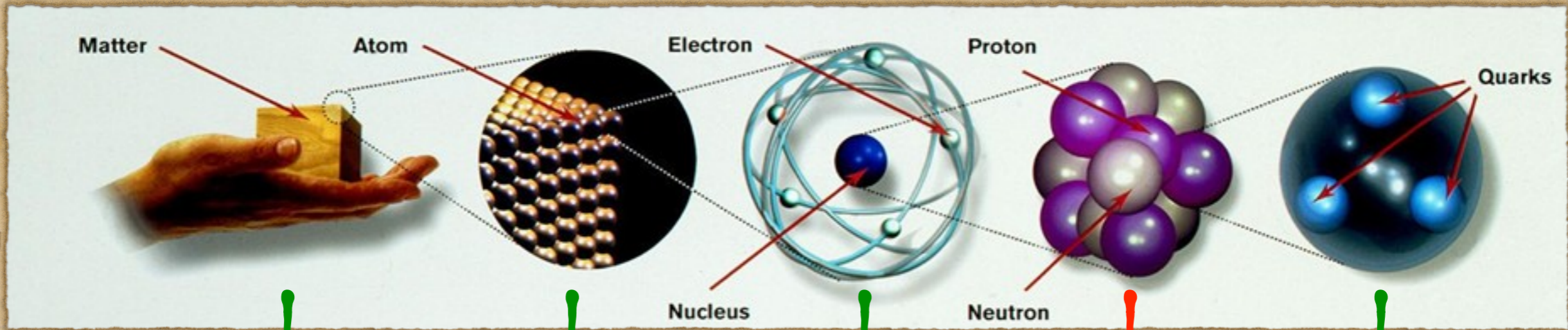
Frederik Van der Veken

BE HSSIP 2021 - Journée de découverte virtuelle

frederikvanderveken@gmail.com

1

Femto... ?



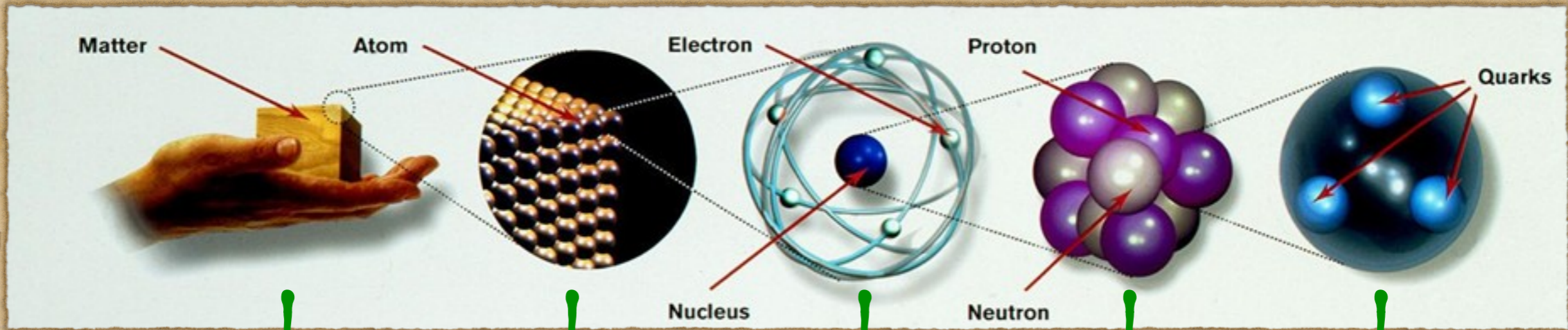
5cm
(10^{-2} m)

1Å
(10^{-10} m)

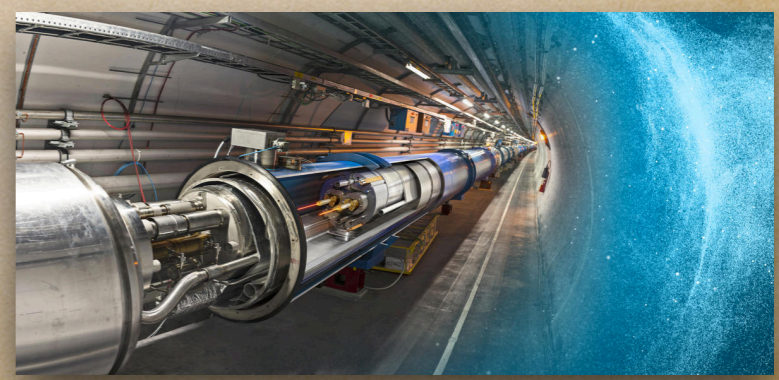
0.01pm
(10^{-14} m)

1am
(10^{-18} m)

Femto!
(10^{-15} m)



Credit: CERN



Credit: CERN

des machines géantes
atteignent des hautes énergies
en accélérant des protons
(d'une taille de quelques femtomètres)
pour les utiliser dans la recherche
des minuscules particules

2

Machines Géantes

Collisionneurs de Particules

Accélère: augmente l'énergie des particules

La collision: mets-en deux en collision pour libérer une énergie extrême

Découvre: observe la création des particules (nouvelles?)

~~**Comprends:** fais l'analyse, pour explorer profondément les mystères de la vie et l'univers~~

des gens, pas des machines
(c'est en train de changer pourtant...)

Collisionneurs de Particules

Meilleur exemple: le **Large Hadron Collider**



26.659 km

9593 aimants

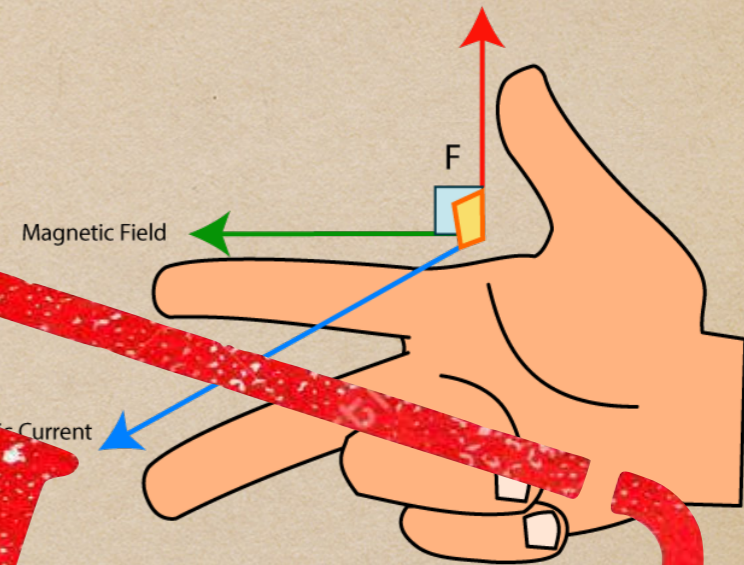
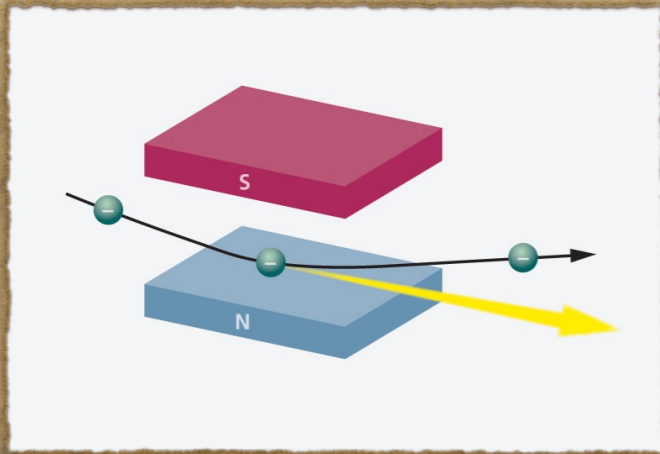
1~2 **milliards** de collisions / s

Accélérateurs

Aimants?

AIMANT

la force de Lorentz est perpendiculaire au mouvement.

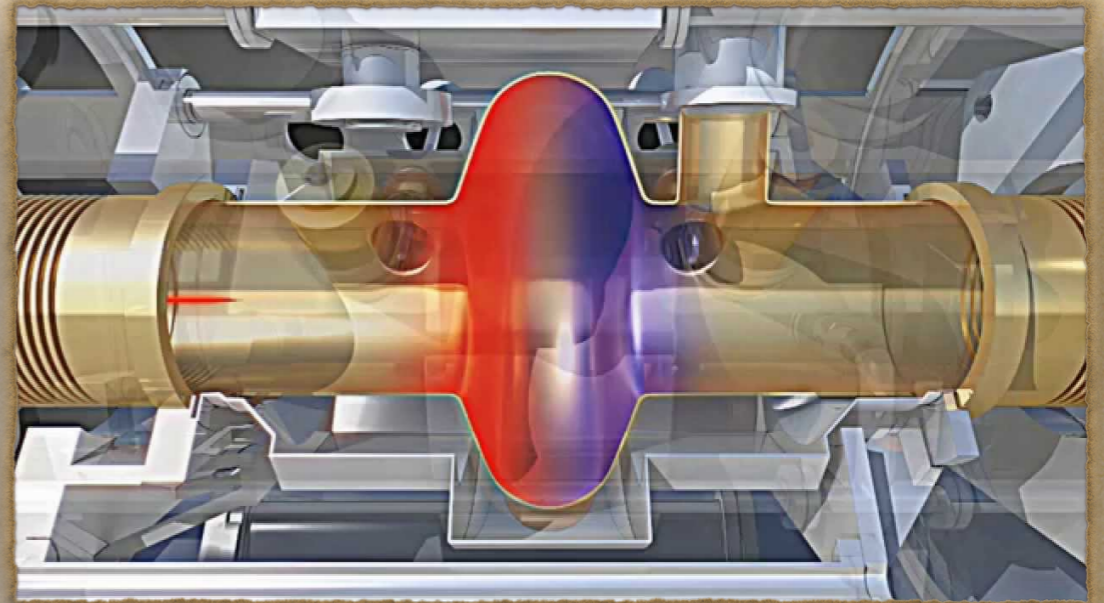


l'effet d'un aimant est dans la 'mauvaise' direction comme pousser une balançoire sur le côté



Accélérateurs

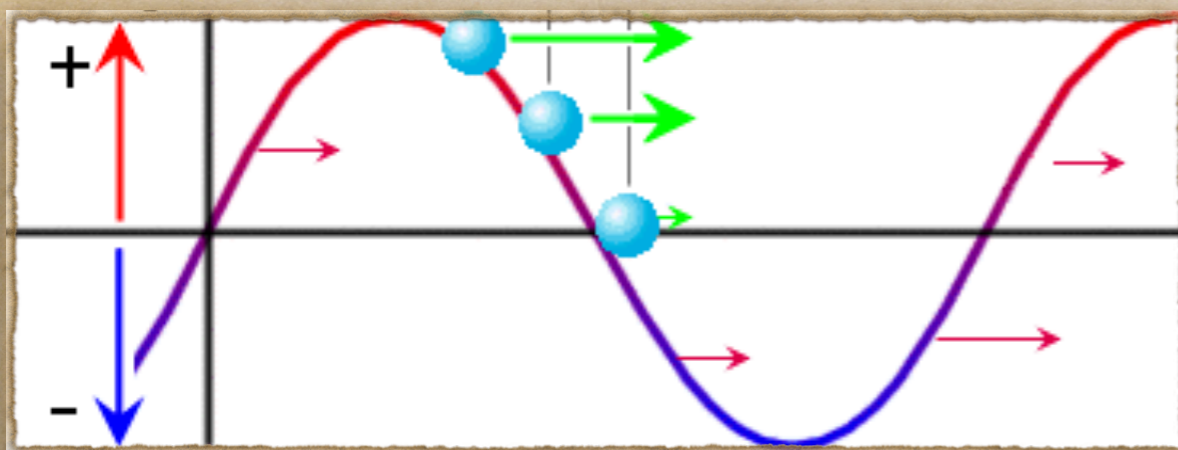
le champ électrique:
cavités RF



Credit: CERN

Il faut avoir un champ positif au bon moment

Une synchronisation exacte est indispensable



Credit: JLAB

cette force est *longitudinale*

Mais..

Mais..

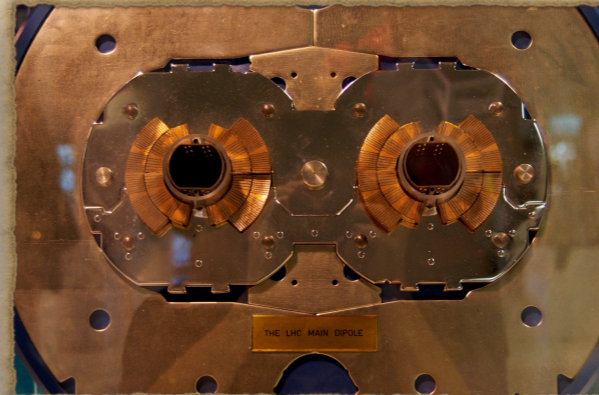
Le LHC a 9600 aimants!

Alors.. pourquoi?

Aimants

dipôle:

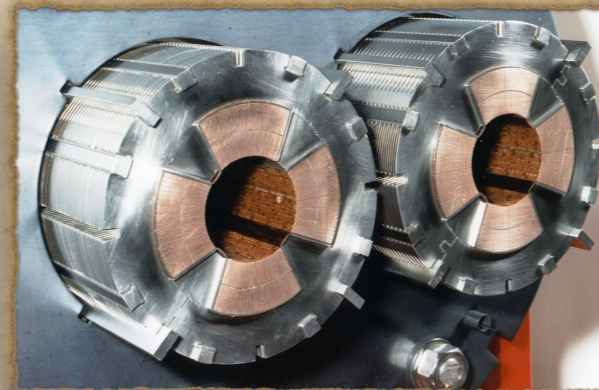
déviat



Credit: CERN

quadrupole:

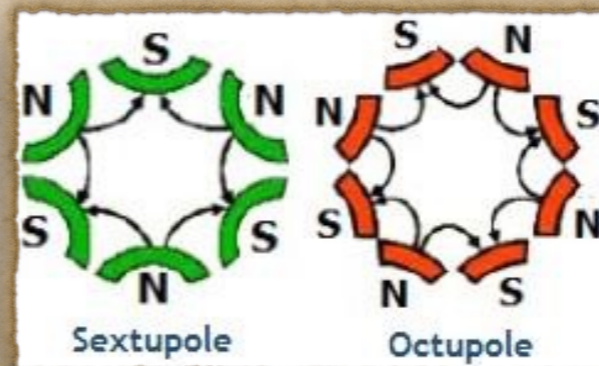
focalisation



Credit: CERN

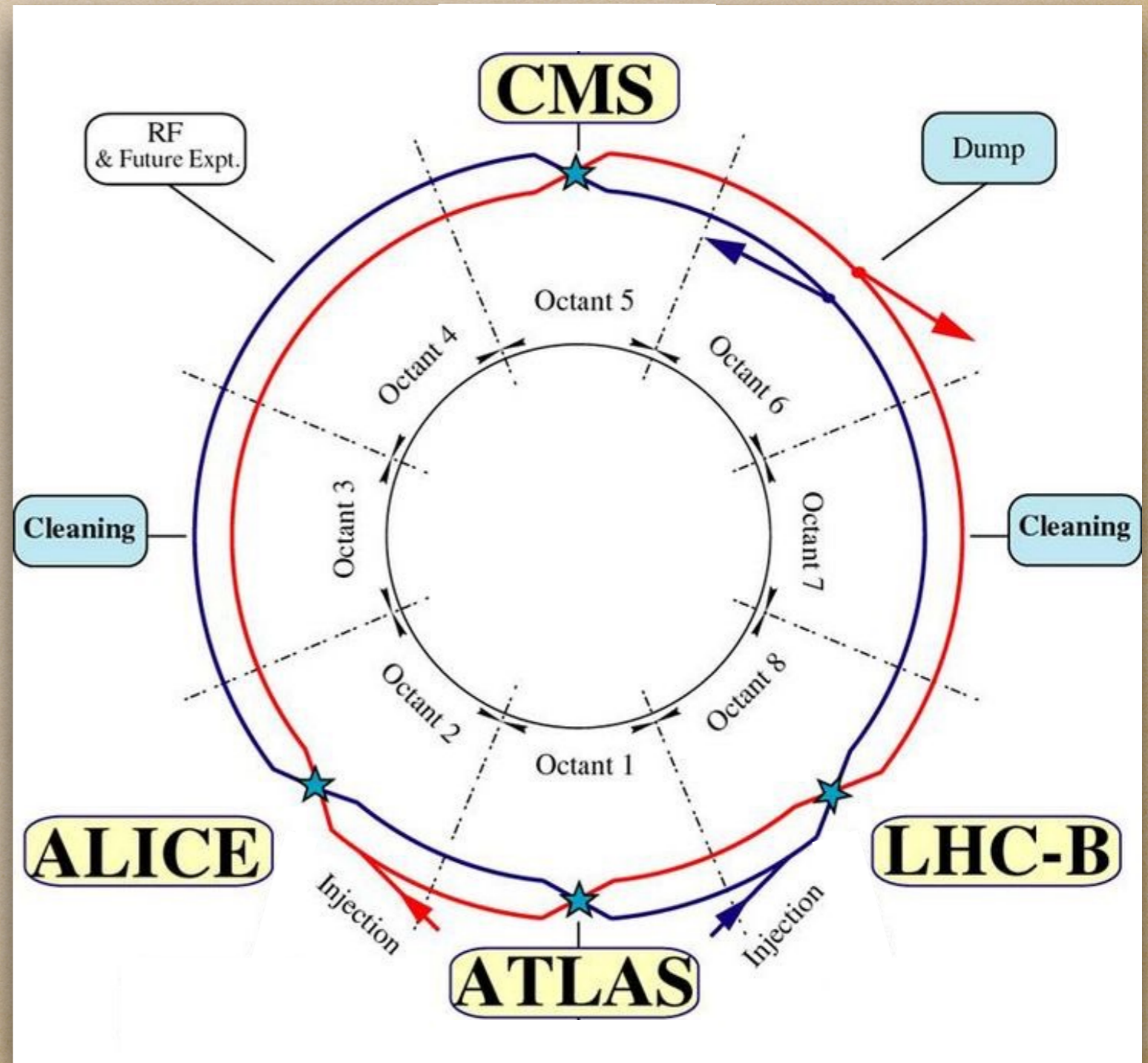
ordres plus hauts:

des trucs divers

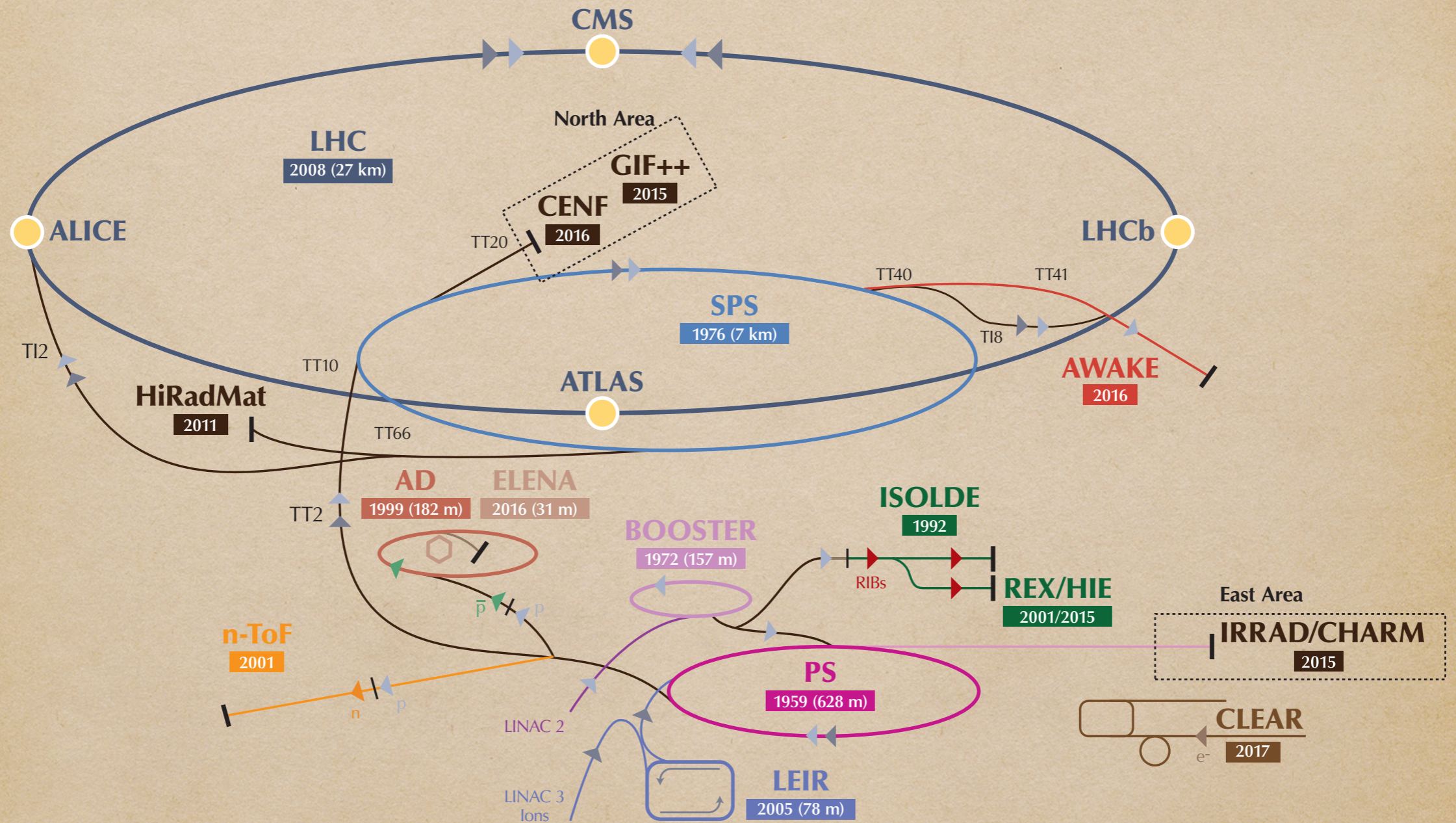


Le Large Hadron Collider

Détecteurs
Accélération
Sortie
de faisceau
Nettoyage
du faisceau



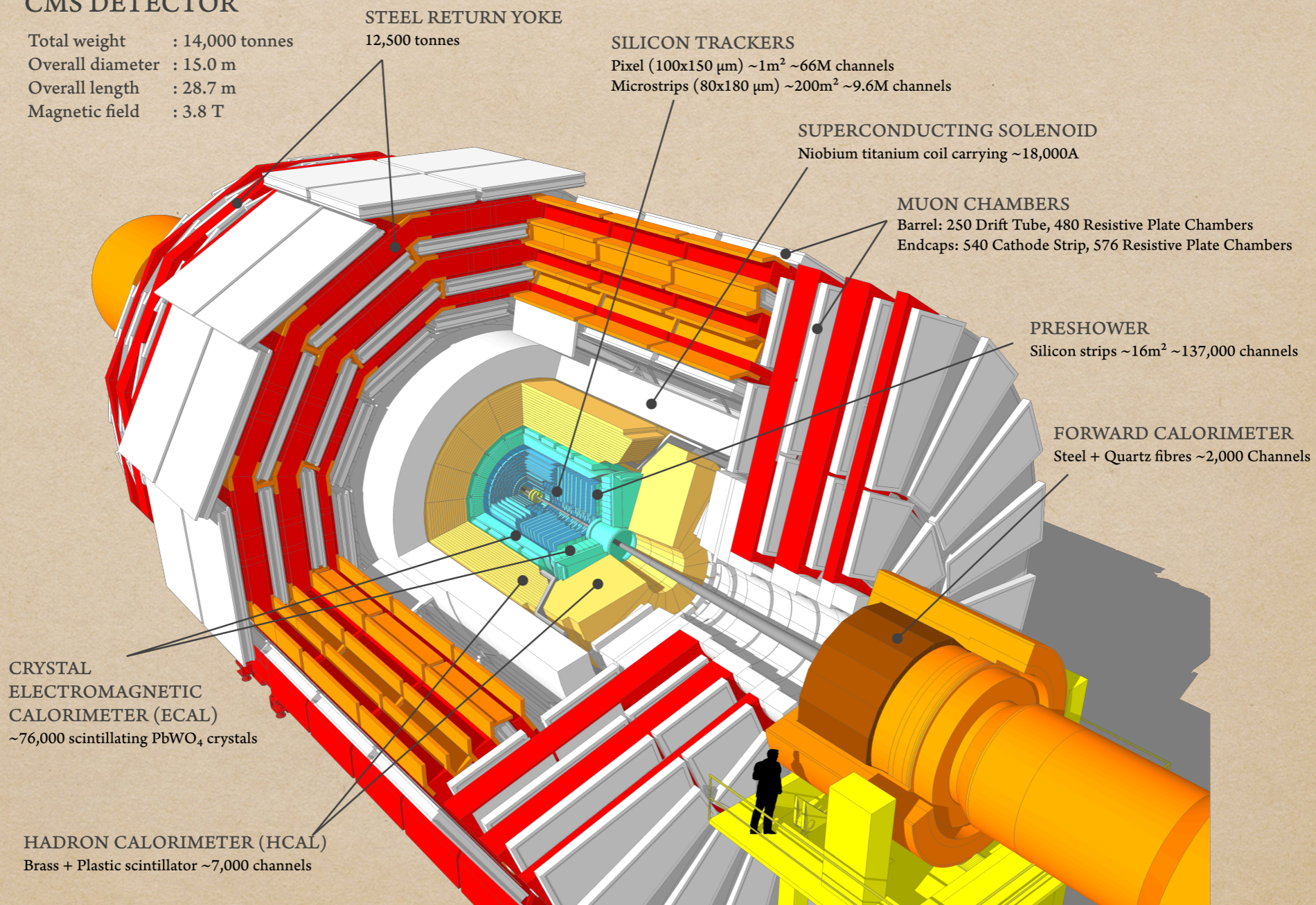
L'Ensemble des Accélérateurs



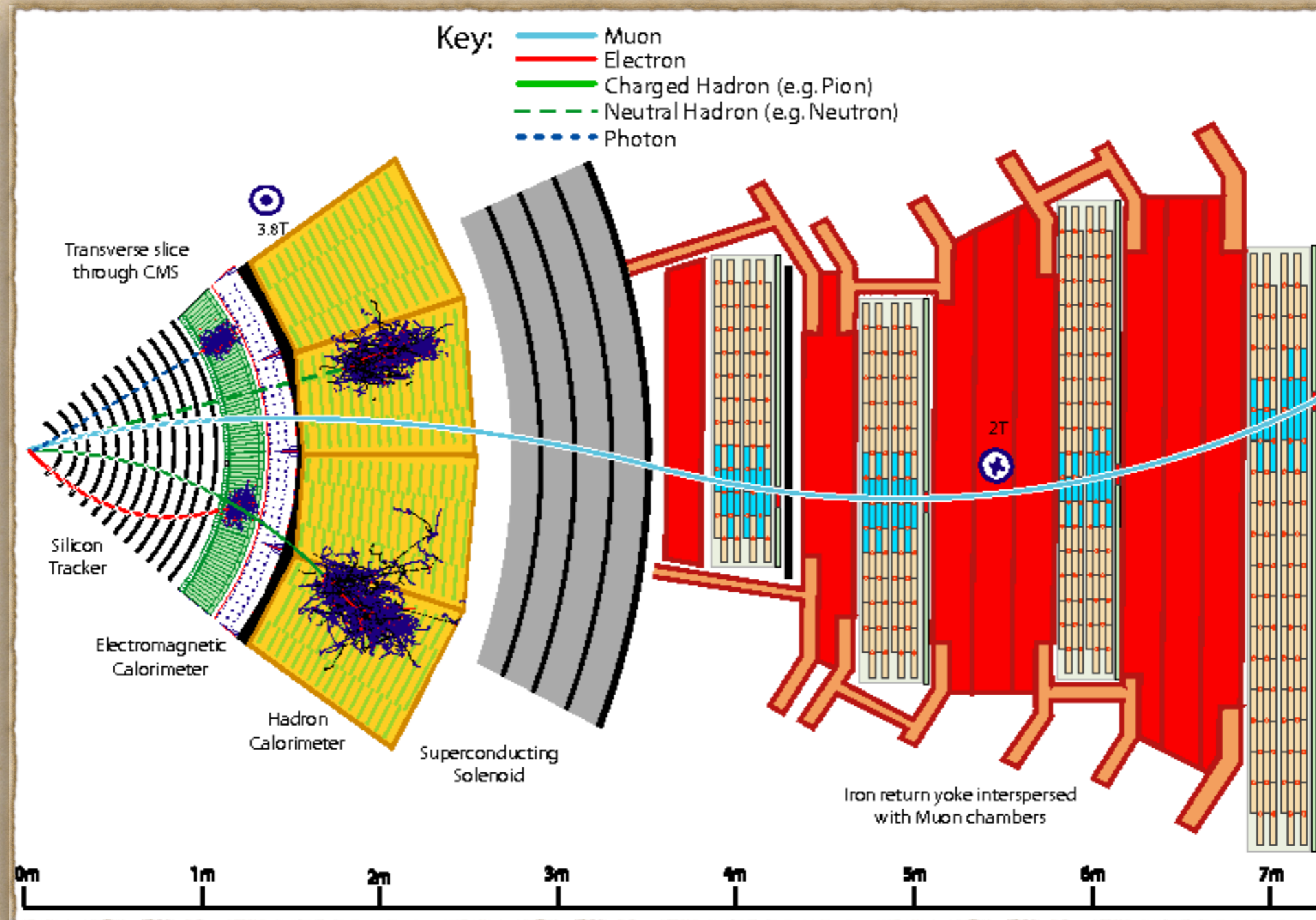
Détecteurs

CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T



Détecteurs



3

Minuscules Particules

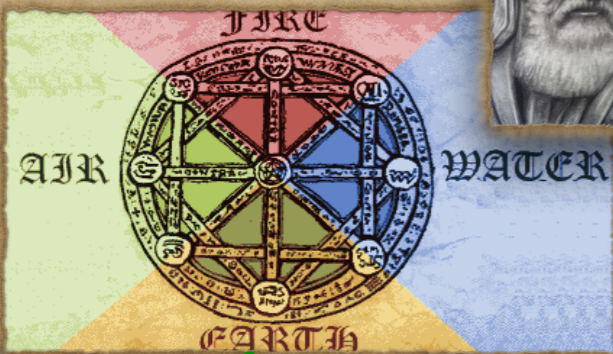
De quoi sommes-nous faits?

De quoi l'univers est-il fait?

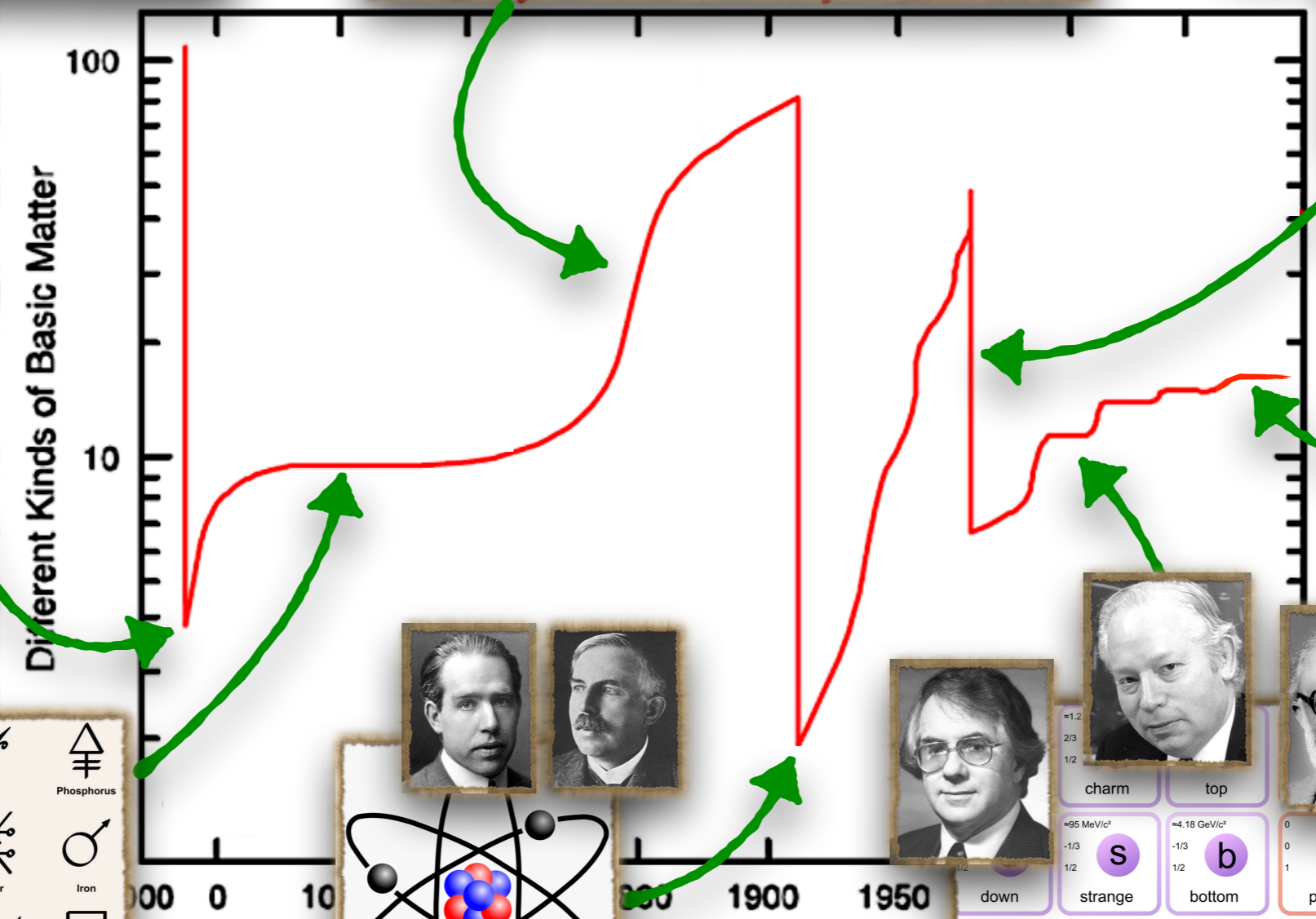
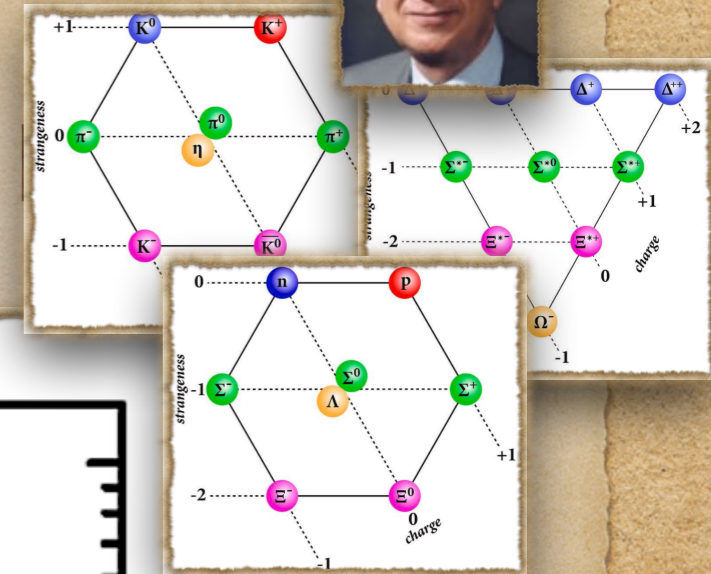
Pourquoi tout "marche" simplement?



... ?

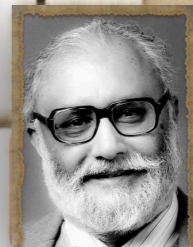
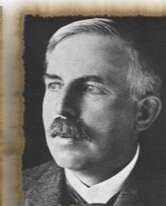


1	2											13	14	15	16	17	18	
1	H											He						
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
lanthanoid series		6	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
actinoid series		7	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		



v/c^2
H
Higgs boson

Antimony	Bismuth	Gold	Phosphorus
Lead	Mercury	Copper	Iron
Sulfur	Tin	Silver	Potassium
Zinc	Platinum	Magnesium	Arsenic



charm	top	γ photon
$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ s strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ b bottom	Z Z boson
0.511 MeV/c^2 e electron	105.7 MeV/c^2 μ muon	1.777 GeV/c^2 τ tau
$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ ν_e electron neutrino	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ ν_μ muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ ν_τ tau neutrino
		80.4 GeV/c^2 W W boson

[/arxiv.org/abs/1311.1769](https://arxiv.org/abs/1311.1769)

17

particules



A portion of the periodic table of elements, showing various chemical symbols and atomic numbers.



Different Kinds of Basic Matter



Antimony	Bismuth	Gold	Phosphorus
Lead	Mercury	Copper	Iron
Sulfur	Tin	Silver	Potassium
Zinc	Platinum	Magnesium	Arsenic

A collection of particle physics cards and portraits of scientists. Cards include charm, top, down, strange, bottom, photon, electron, muon, tau, Z boson, electron neutrino, muon neutrino, tau neutrino, and W boson. Portraits include various scientists.

Higgs boson

H

V/c^2

AC

BC

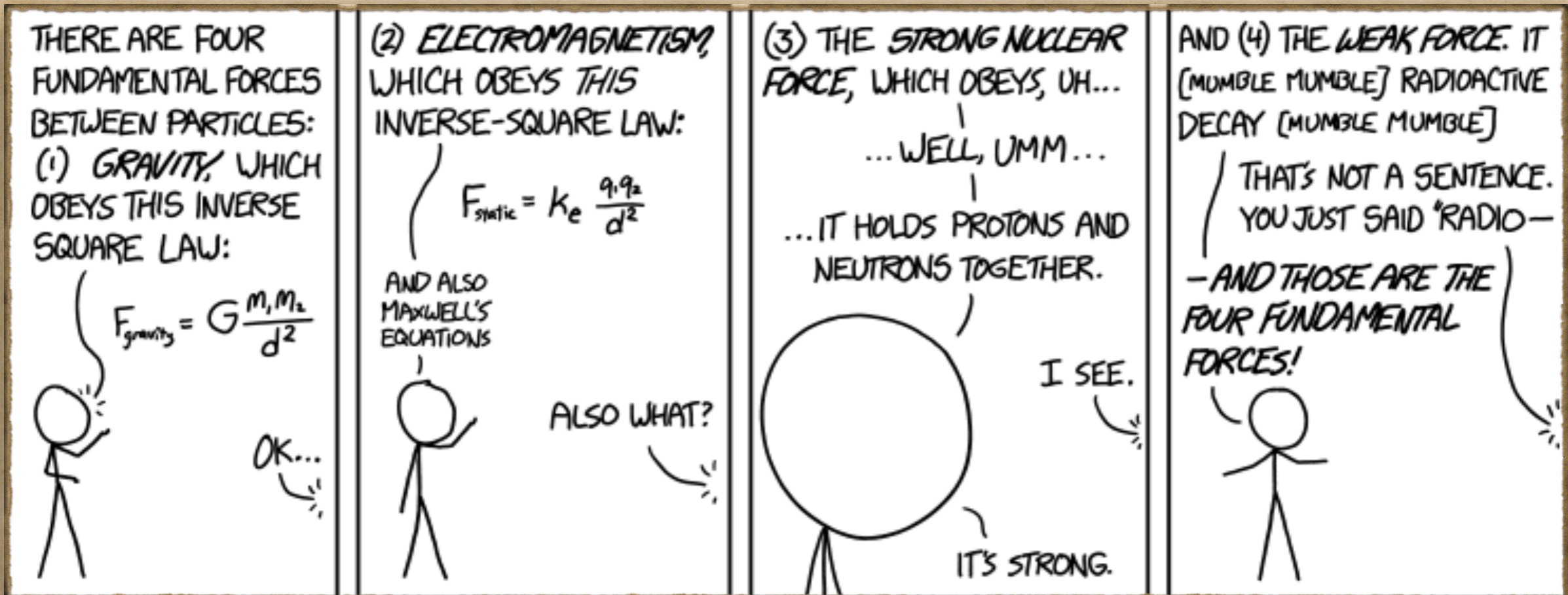
Le Modèle Standard

	mass → $\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 126 \text{ GeV}/c^2$
	charge → $2/3$	$2/3$	$2/3$	0	0
	spin → $1/2$	$1/2$	$1/2$	1	0
	u	c	t	g	H
	up	charm	top	gluon	Higgs boson
QUARKS	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	
	$-1/3$	$-1/3$	$-1/3$	0	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
	d	s	b	γ	
	down	strange	bottom	photon	
LEPTONS	$0.511 \text{ MeV}/c^2$	$105.7 \text{ MeV}/c^2$	$1.777 \text{ GeV}/c^2$	$91.2 \text{ GeV}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
	e	μ	τ	Z	
	electron	muon	tau	Z boson	
LEPTONS	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$80.4 \text{ GeV}/c^2$	
	0	0	0	± 1	
	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1	
	ν_e	ν_μ	ν_τ	W	
	electron neutrino	muon neutrino	tau neutrino	W boson	
				GAUGE BOSONS	

4

Hautes Énergies

La physique des Hautes Énergies



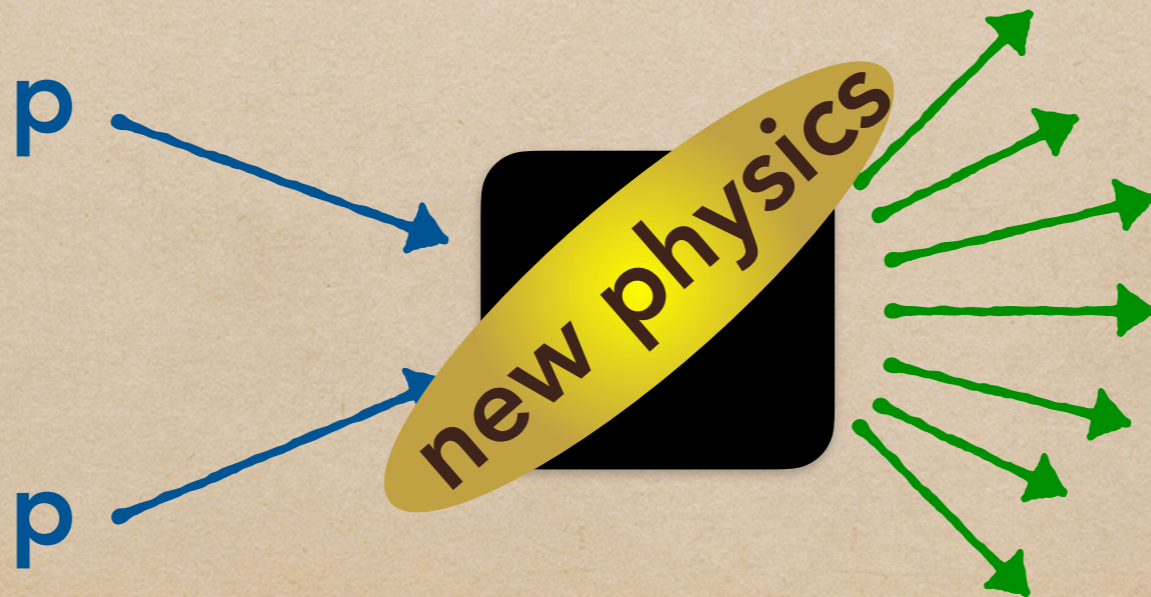
Comment on le fait?

Mécanisme de la boîte noire:

on sait ce qu'on met dedans

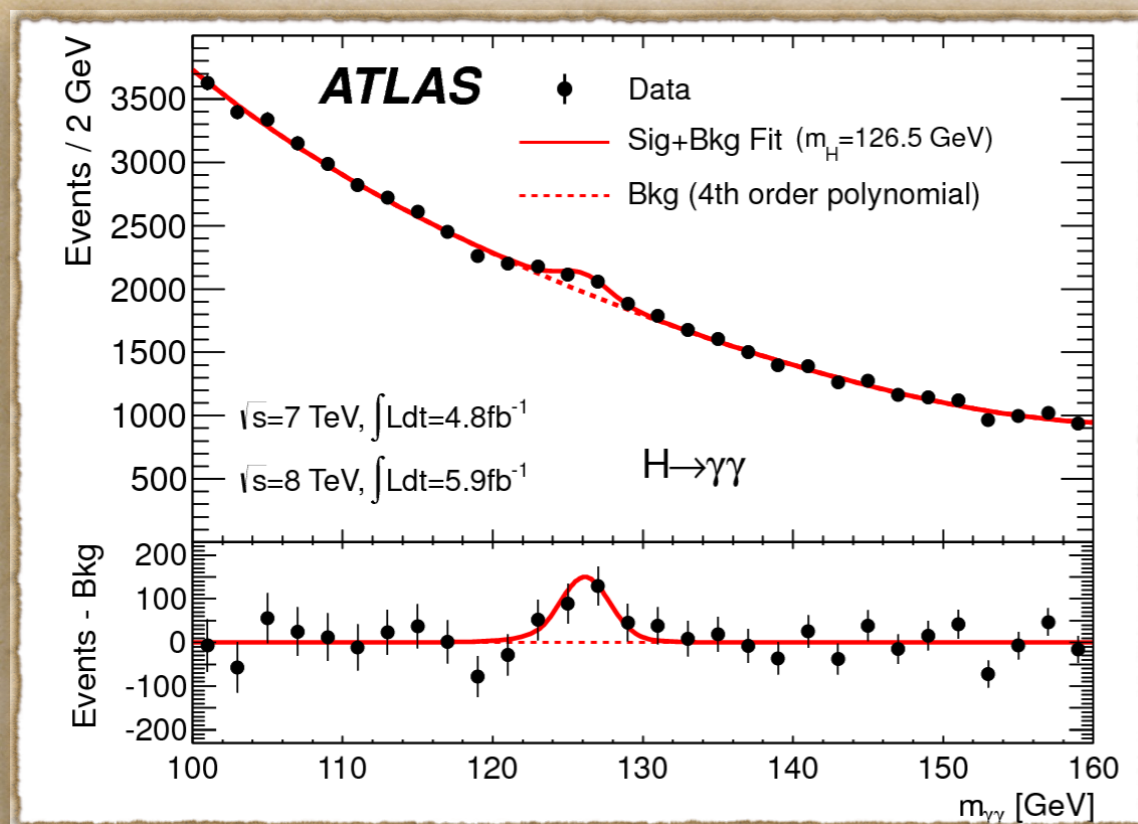
on observe ce qui sort

on utilise les statistiques pour déduire ce qui s'est passé au milieu

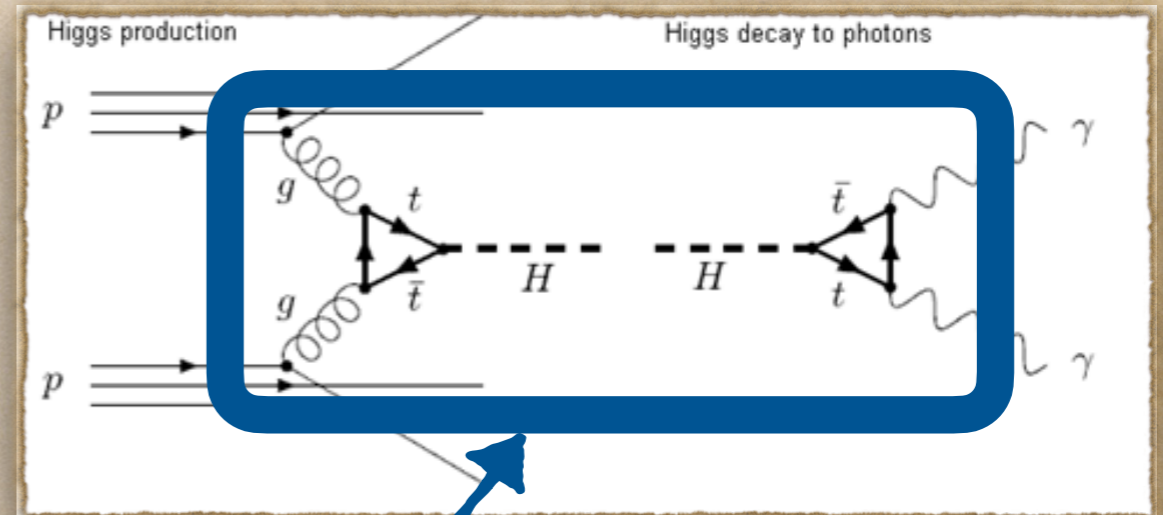


Les Statistiques!

On a trouvé le boson de Higgs!



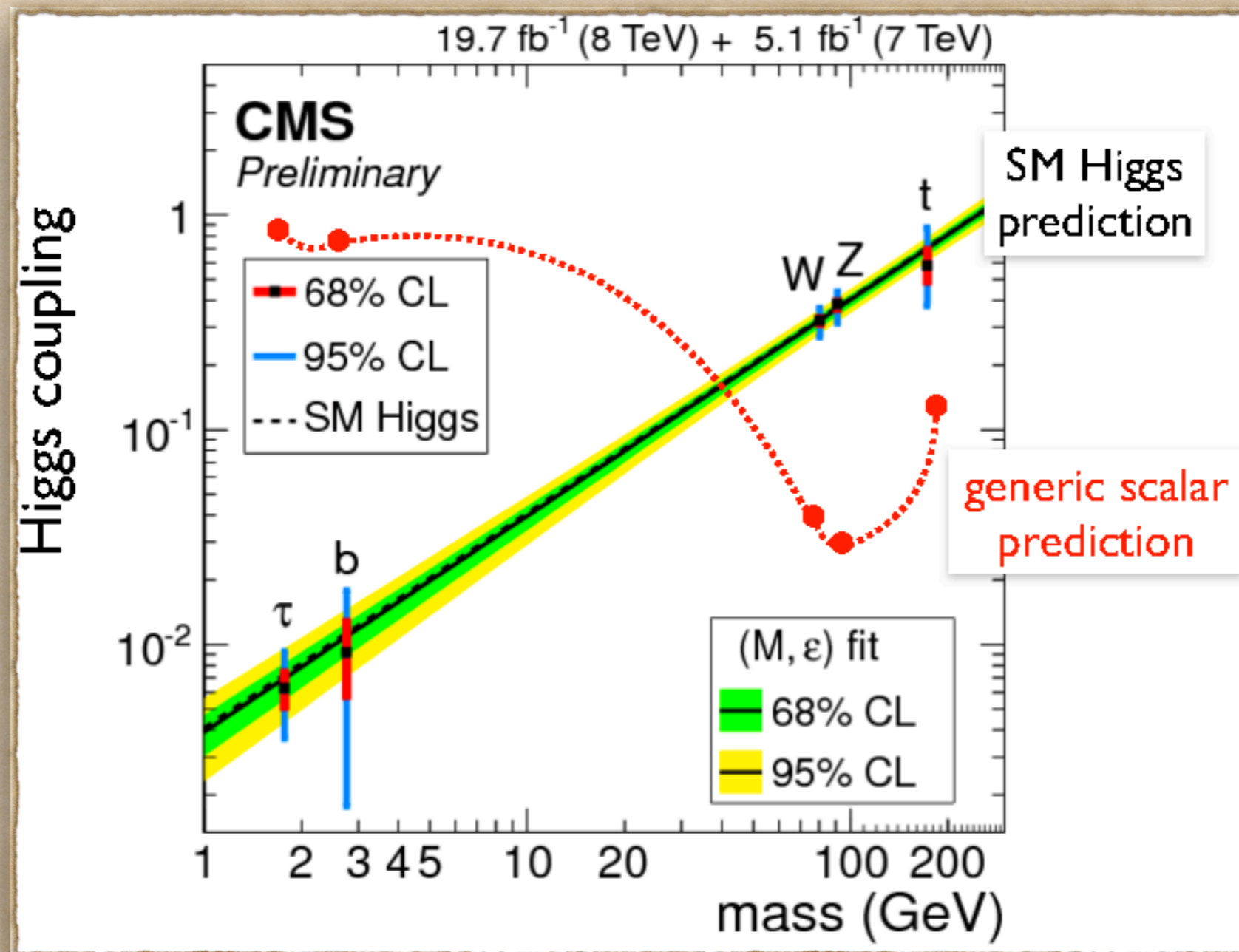
Exemple



La boîte noire:

Peut être n'importe quel processus (Higgs, photon, gluon,)
Utilise les **statistiques** et la **probabilité** pour faire une estimation

Ça bouge comme un Higgs...



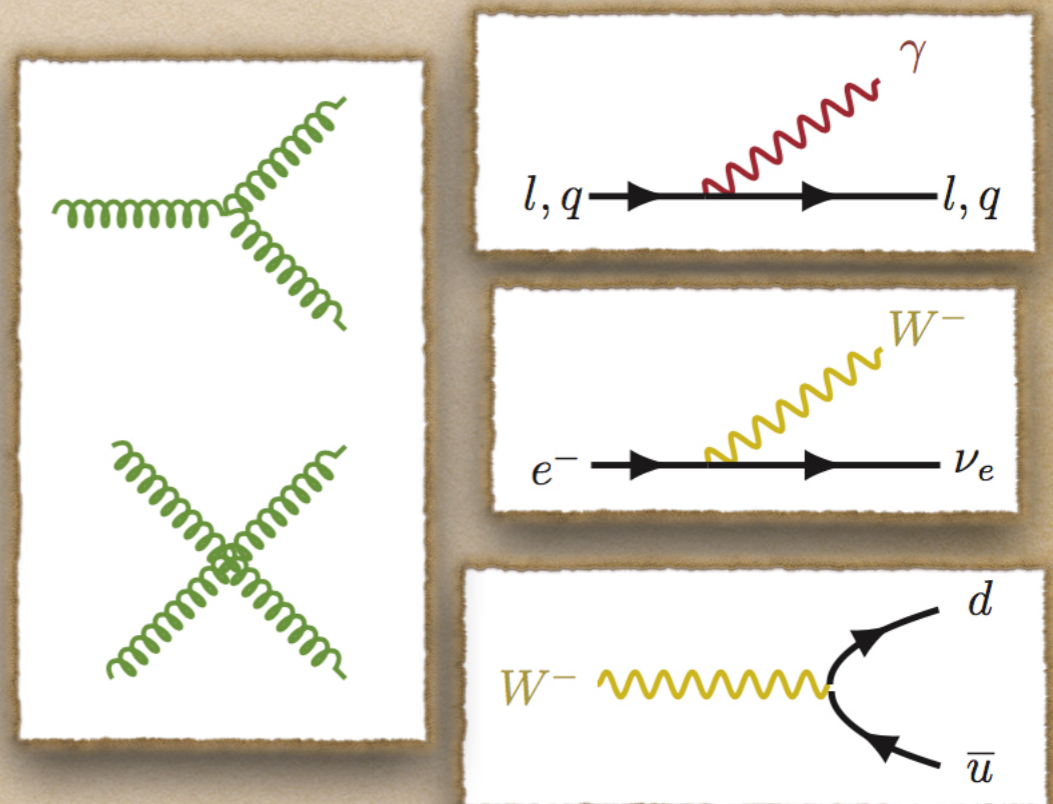
Dans la Boîte Noire

Diagrammes de Feynman

Éléments de base



Interactions

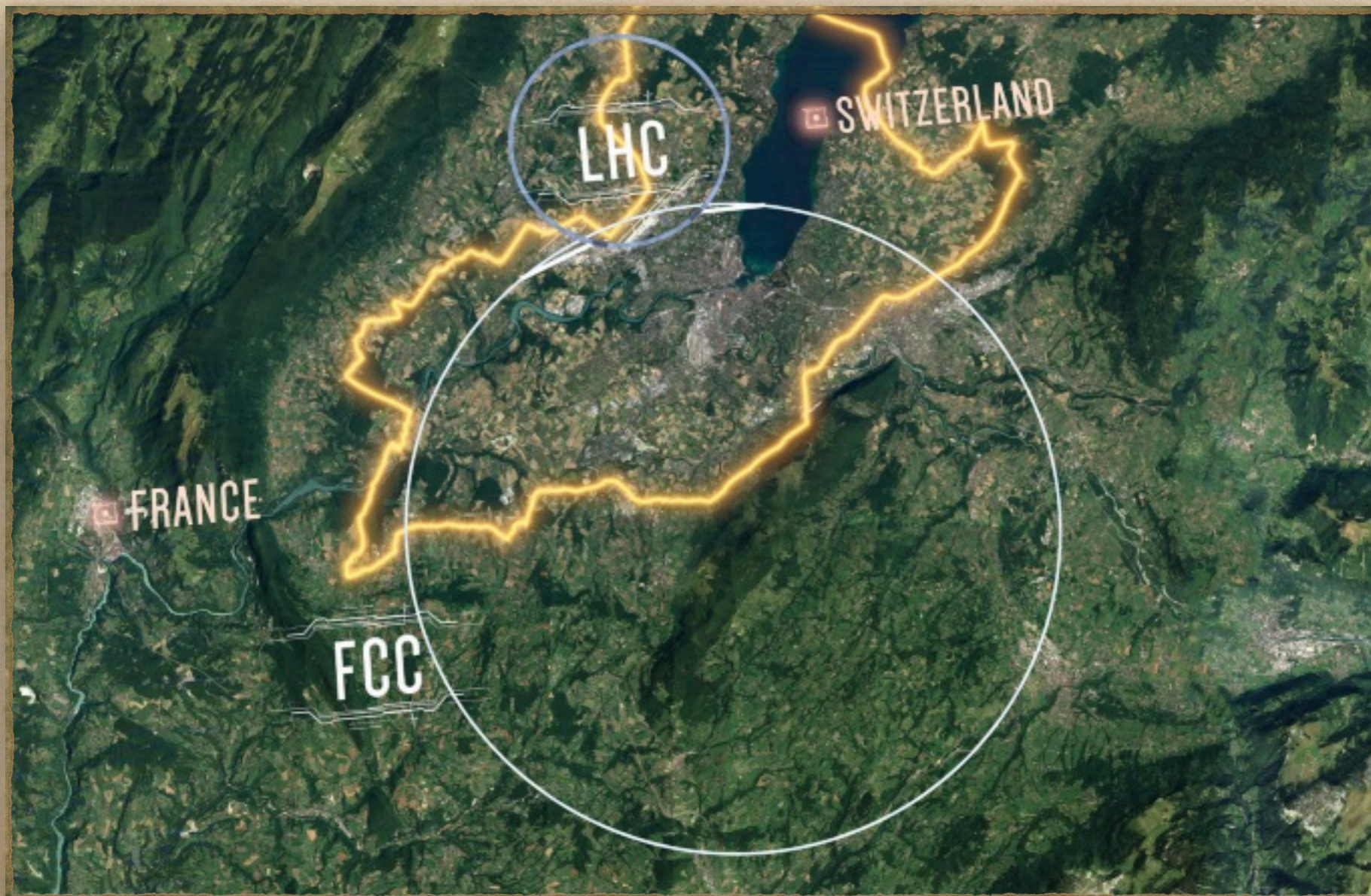


5

L'Avenir

Élargir la Recherche...

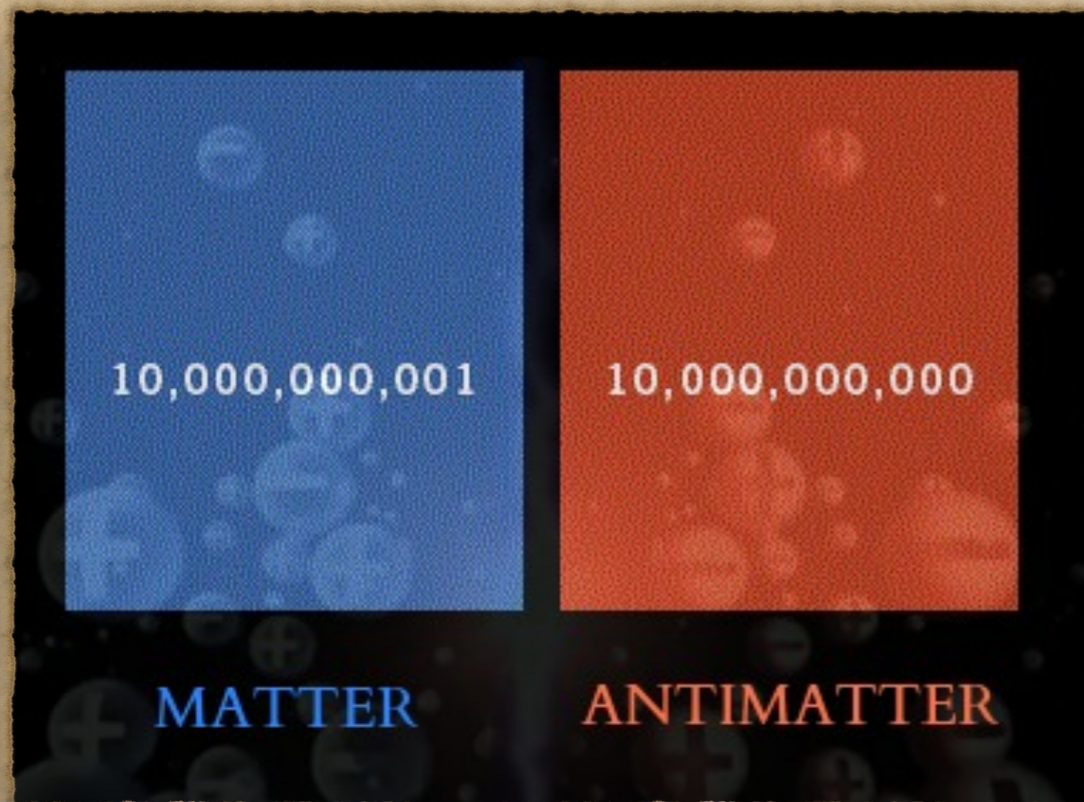
plus grand, plus large, meilleur



(Anti)Matter Asymmetry



(Anti)Matter Asymmetry

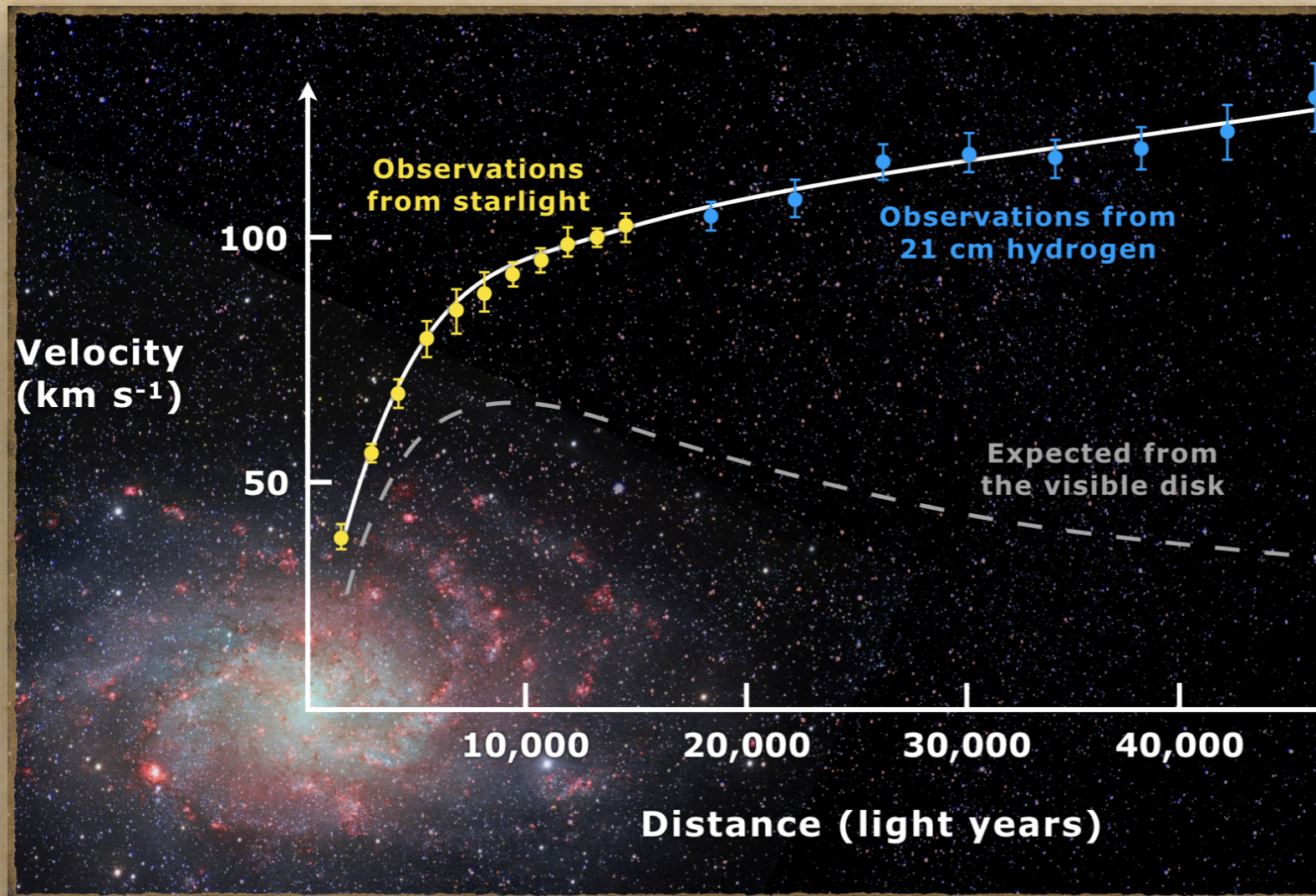


Caché loin quelque part?

Créé de manière asymétrique?

Annihilation asymétrique?

Matière Noire



~~Trous noirs?~~

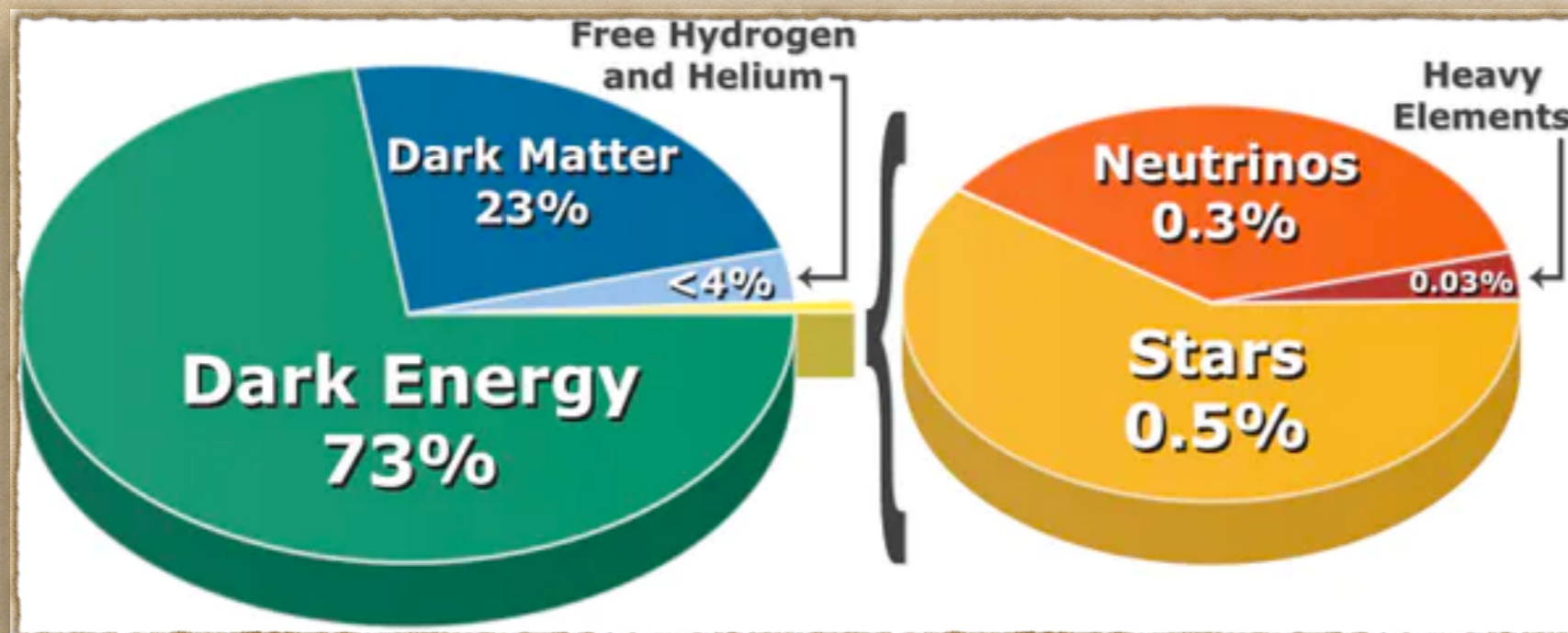
WIMPs?

Neutrinos stériles?

La gravité se comporte différemment à des échelles plus grandes?

Énergie Noire

Champs d'énergie variable?

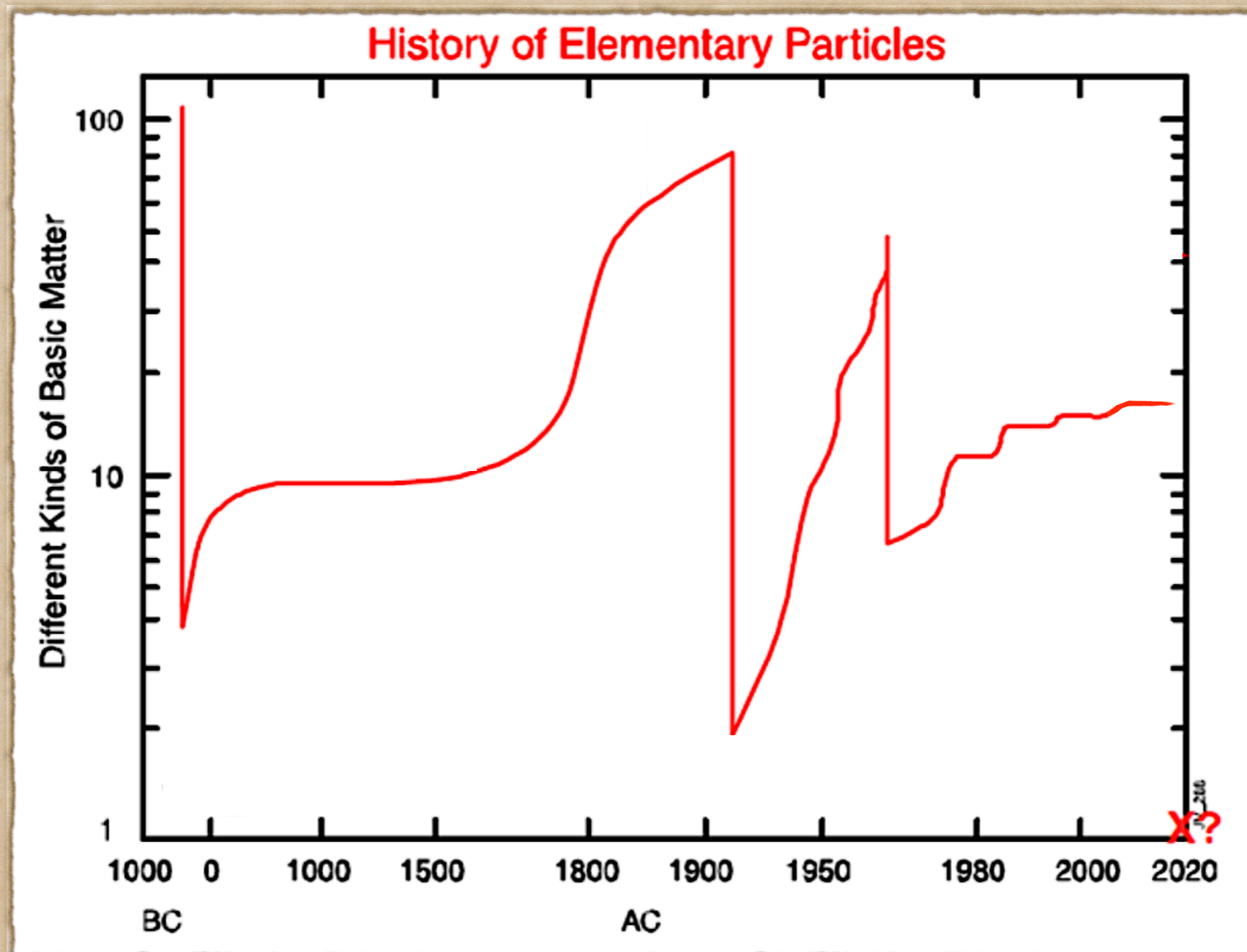


Propriété fondamentale de l'espace-temps?

La gravité se comporte différemment à des échelles plus grandes?

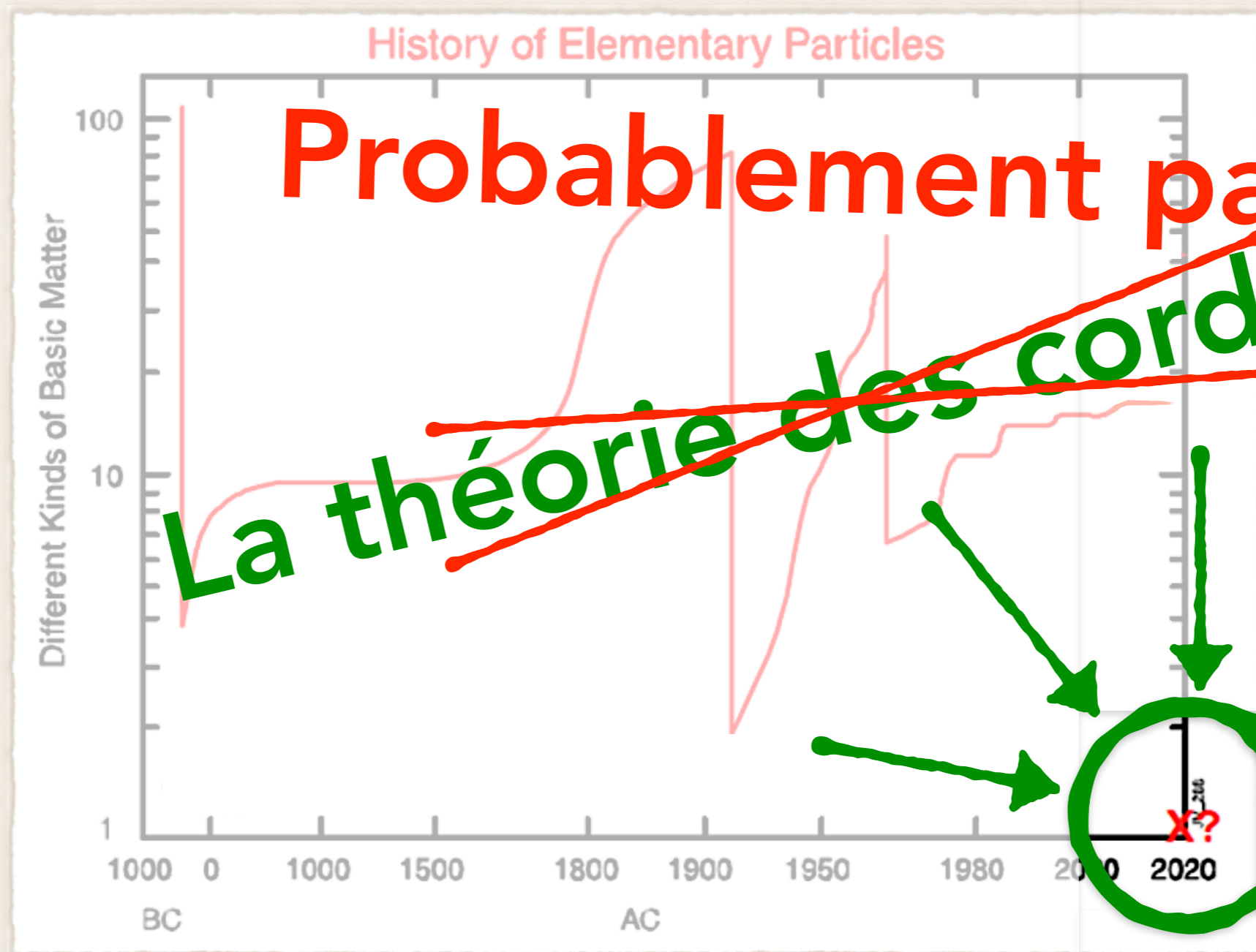
Une dernière chose..

Les Fondements de l'Univers



Credit: <http://arxiv.org/abs/1311.1769>

Basic Bricks of the Universe



Probablement pas..

La théorie des cordes?

Ce sont des questions encore ouvertes,
prêtes à être découvertes...

Merci pour votre attention

Questions?

=> frederikvanderveken@gmail.com