

Club sciences

Philippe Ribiere

ribierep@orange.fr

Mercredi 14 Mars 2012

Mercredi 28 Mars 2012

Quelques idées sur ... la théorie des cordes

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

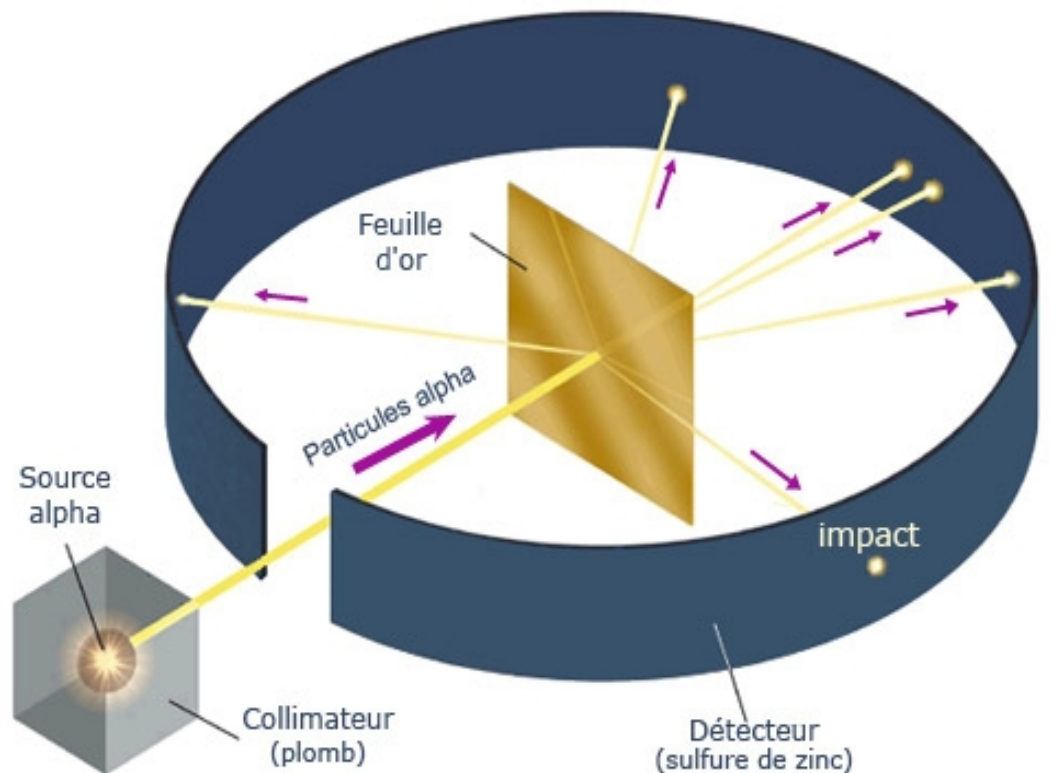
Sonder la structure de la matière

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Sonder la structure de la matière

Expérience de Rutherford (Prix Nobel 1908)

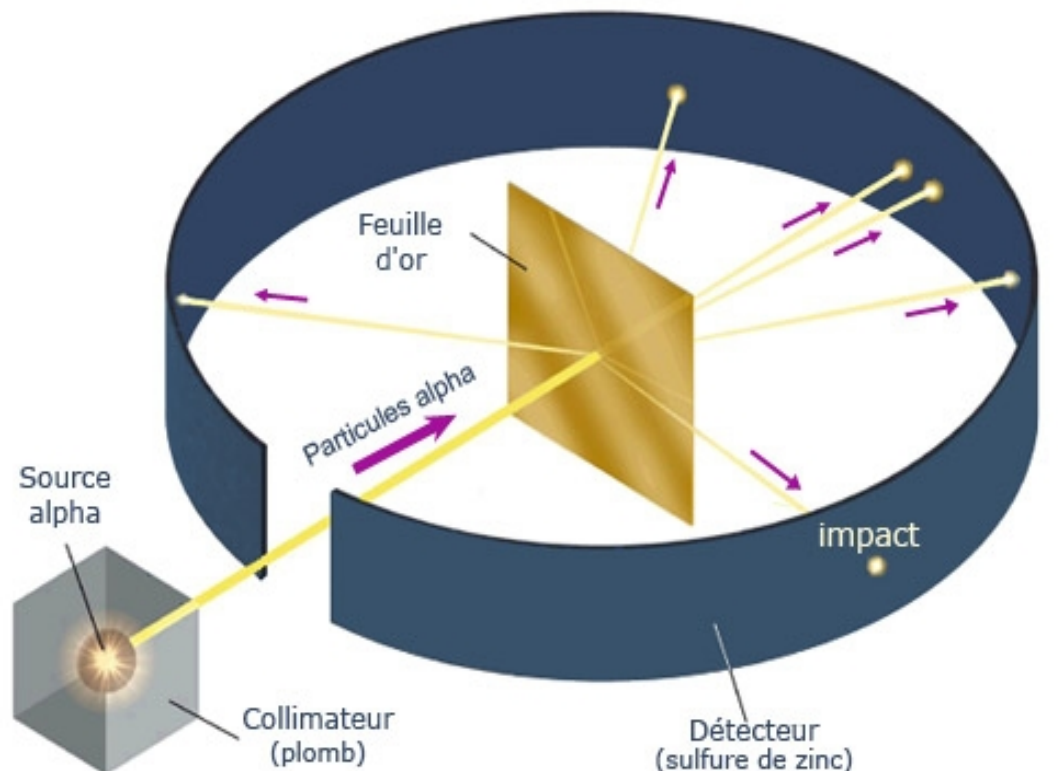


La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Sonder la structure de la matière

Expérience de Rutherford (Prix Nobel 1908)



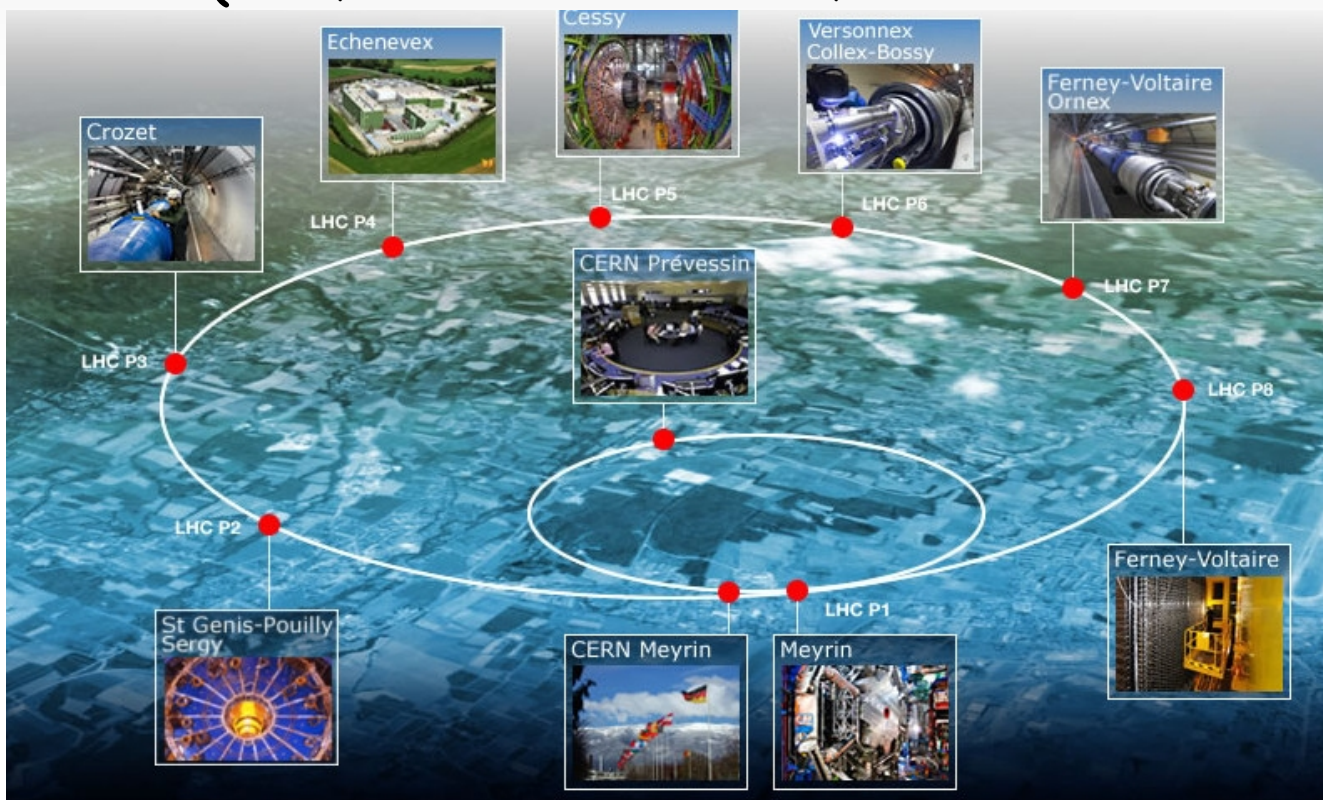
1 particule sur 8000 est déviée:
Structure lacunaire de l'atome

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Sonder la structure de la matière

LHC (2008, 27 km de circonférence, enfoui à 100 mètres sous terre, refroidi à $-271,3^{\circ}\text{C}$)

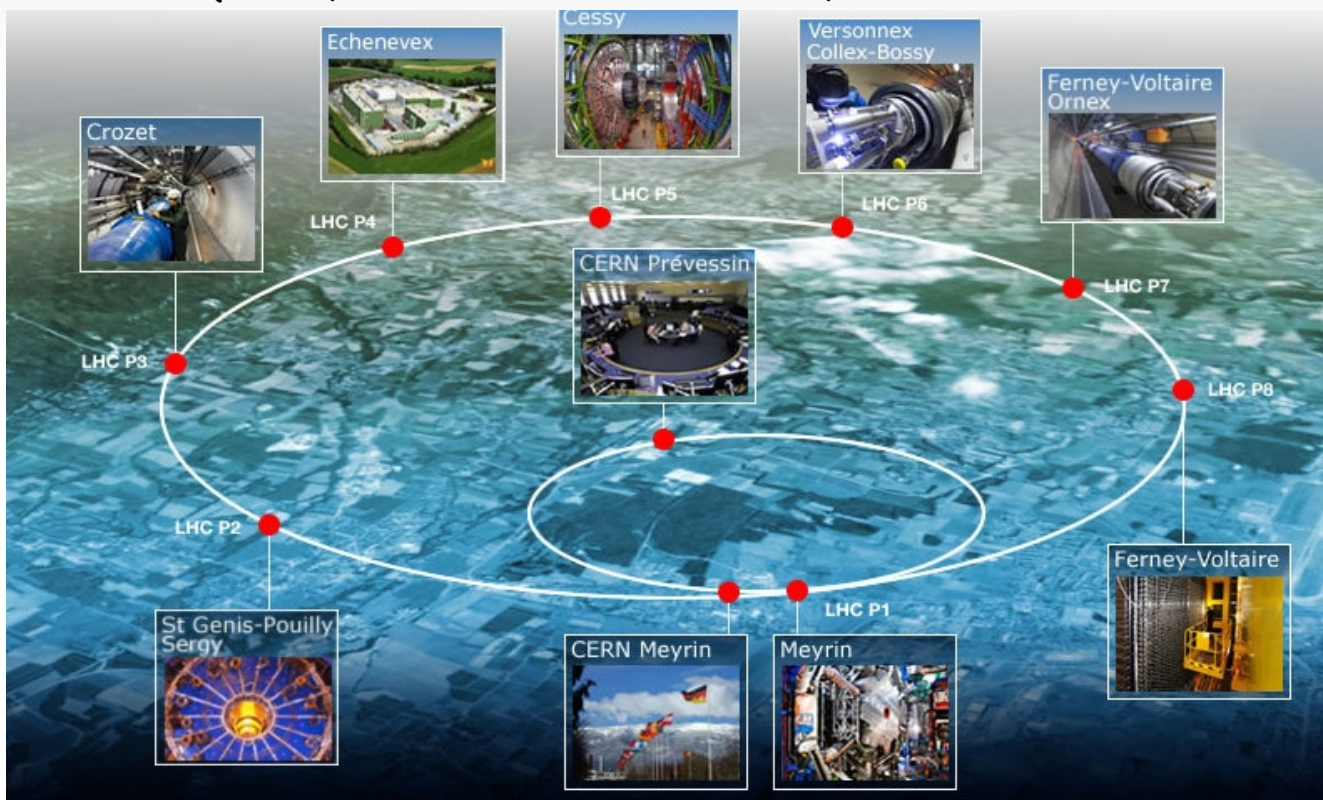


La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Sonder la structure de la matière

LHC (2008, 27 km de circonférence, enfoui à 100 mètres sous terre, refroidi à $-271,3^{\circ}\text{C}$)



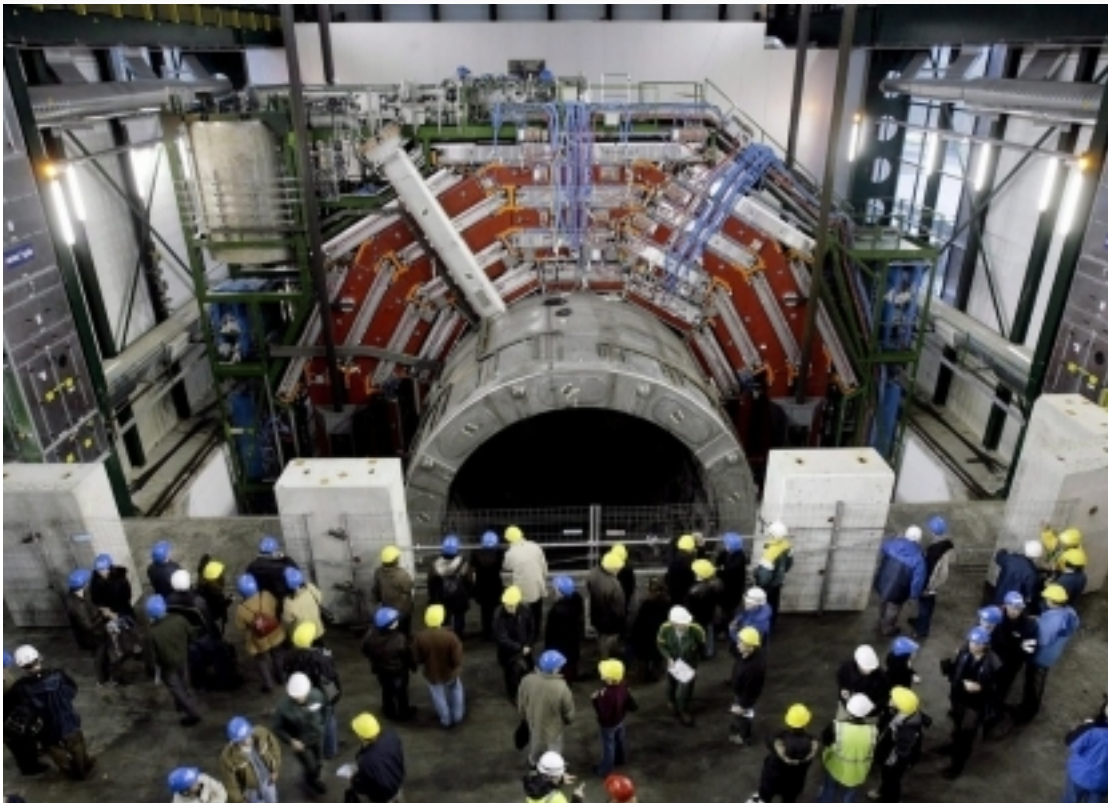
Deux faisceaux de hadrons (des protons) réalisent une collision frontale : le LHC recrée les conditions qui existaient juste après le Big Bang

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Sonder la structure de la matière

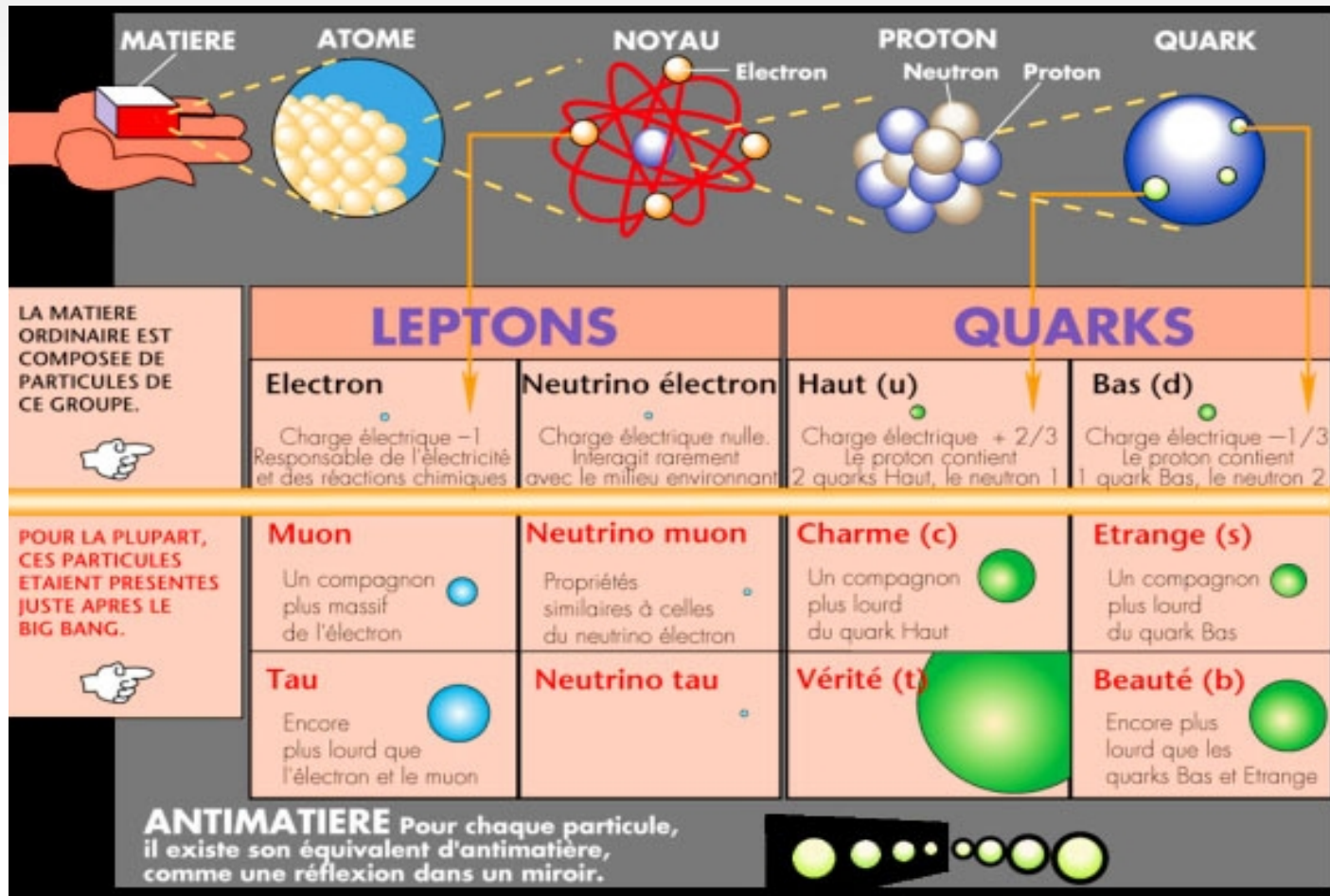
LHC (2008, 27 km de circonférence, enfoui à 100 mètres sous terre, refroidi à $-271,3^{\circ}\text{C}$)



La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.









Fermions: constituants de la matière



La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Bosons: vecteur des interactions

F O R C E S	Gravité	Electro- magnétisme	Force Faible	Force Forte
				
Q U A N T A	Graviton	Photon	bosons W et Z	Gluon
				

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

		fermions (3 générations de la matière)			bosons (forces)	
		I	II	III		
masse →		2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0	électromagnétisme
charge →		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	
spin →		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
nom →		u up	c charm	t top	γ photon	
	Quarks	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0	interaction forte
		$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
		d down	s strange	b bottom	g gluon	
	Leptons	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV	interaction faible
		0	0	0	0	
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
		ν_e neutrino électronique	ν_μ neutrino muonique	ν_τ neutrino tauique	Z^0 boson Z^0	
		0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV	interaction faible
	-1	-1	-1	± 1		
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1		
	e électron	μ muon	τ tau	W^\pm boson W		

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Apparition de constantes:

Valeurs non expliquées (non prédites) par la théorie

Mésurées expérimentalement

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Apparition de constantes:

Valeurs non expliquées (non prédites) par la théorie

Mésurées expérimentalement

g_1 , g_2 et α_s , les trois constantes de couplages des groupes de jauge (U_1 , SU_2 , int forte)

M_H et v la masse du boson de Higgs et sa valeur moyenne du champ;

les masses des particules

les quatre paramètres de la matrice de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa de mélange des quarks

les quatre paramètres de la matrice de Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata de mélange des leptons

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Peut-on unifier les quatre interactions fondamentales?

(peut on réconcilier la chromodynamique quantique QCD et la relativité générale RG?)

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Peut-on unifier les quatre interactions fondamentales?

(peut on réconcilier la chromodynamique quantique QCD et la relativité générale RG?)

Peut-on expliquer les 20 paramètres libres du modèle standard?

La théorie des cordes

1. Naissance du modèle standard.

Peut-on unifier les quatre interactions fondamentales?

(peut on réconcilier la chromodynamique quantique QCD et la relativité générale RG?)

Peut-on expliquer les 20 paramètres libres du modèle standard?

Peut on avoir une image de l'Univers dès le premier instant?

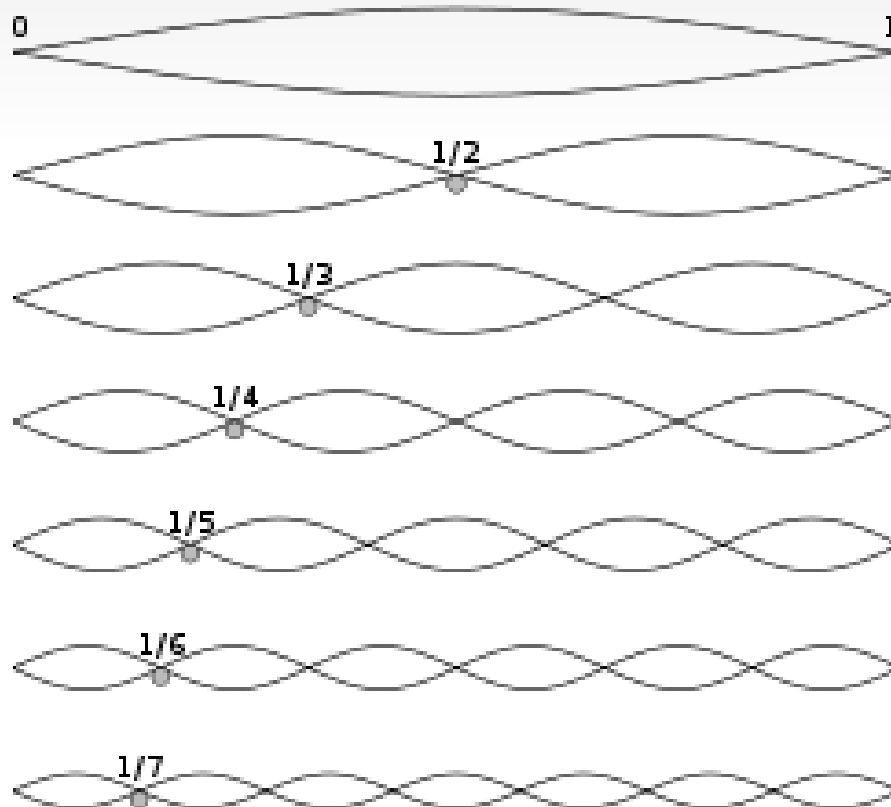
La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

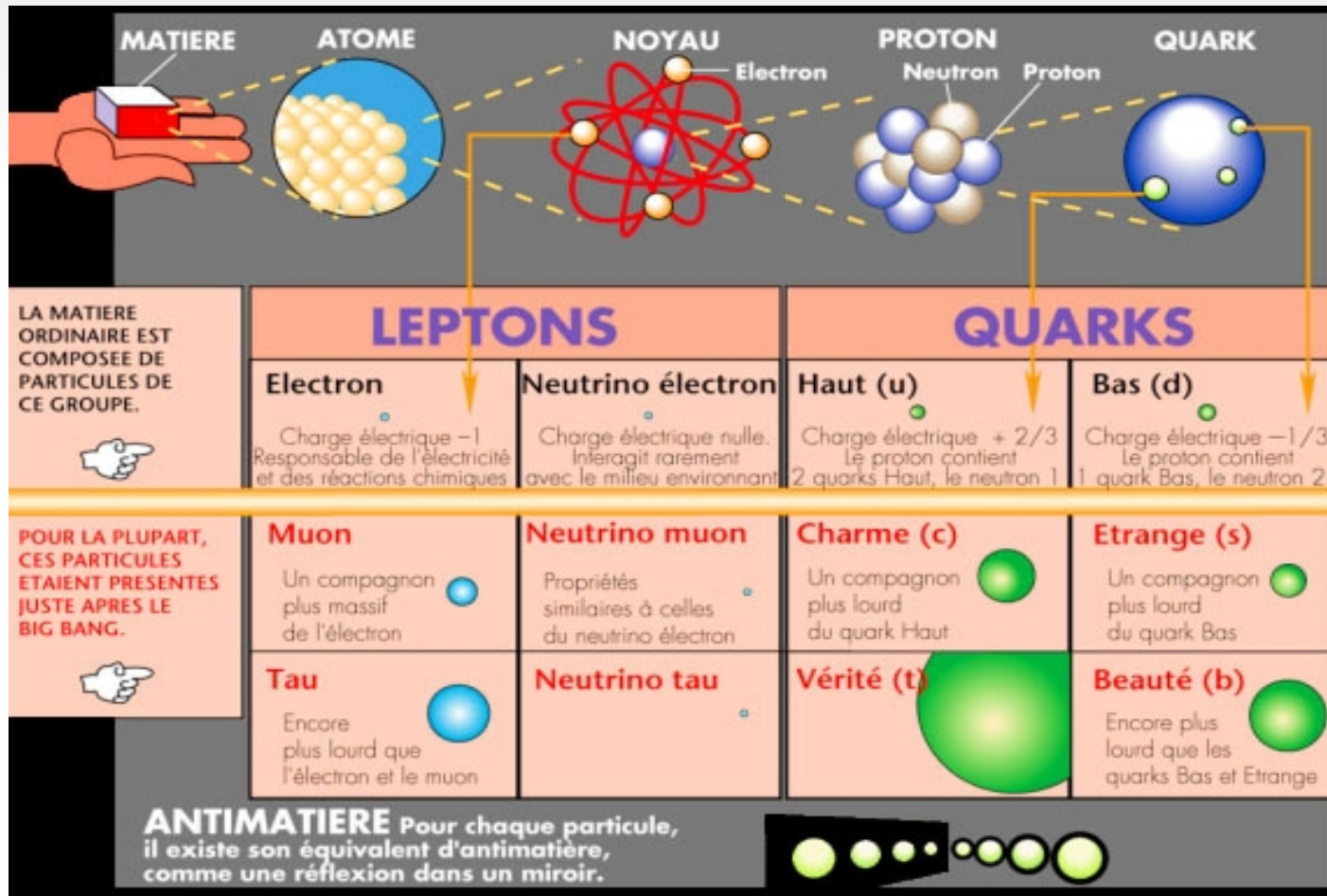
Les modes de la corde de Melde:



La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Chaque famille est un mode de vibration d'une corde

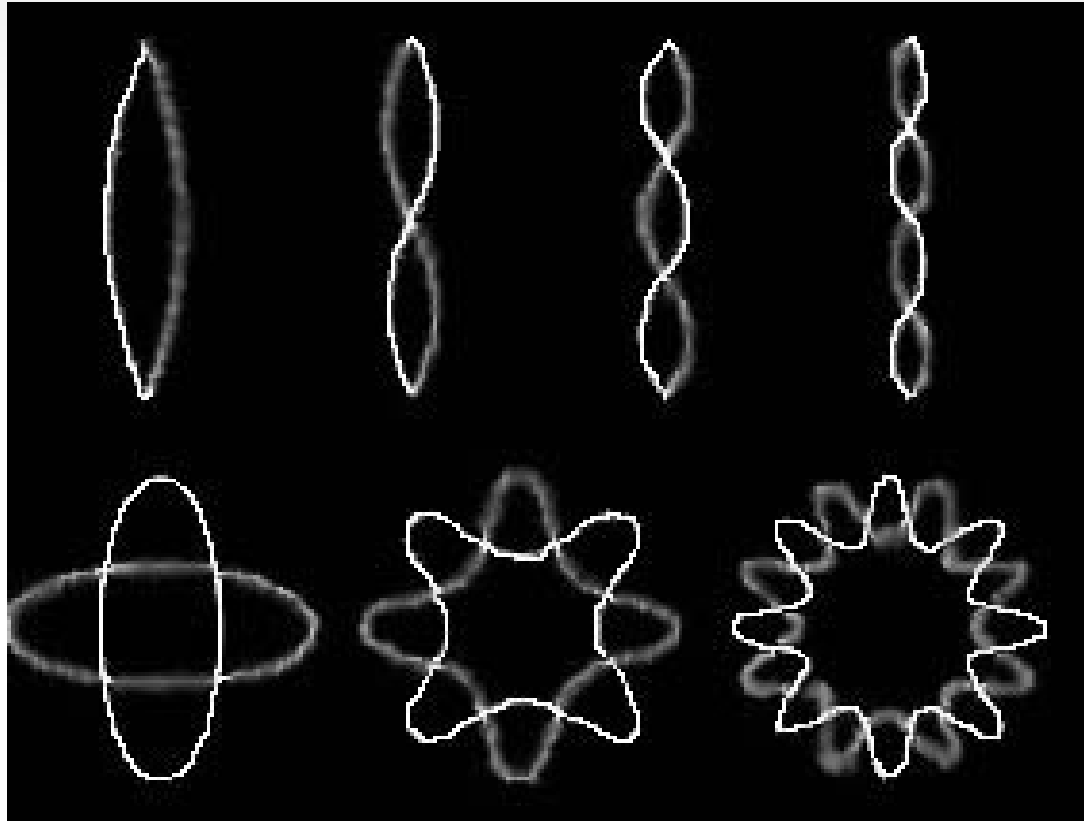


La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Chaque famille est un mode de vibration d'une corde

Corde ouverte

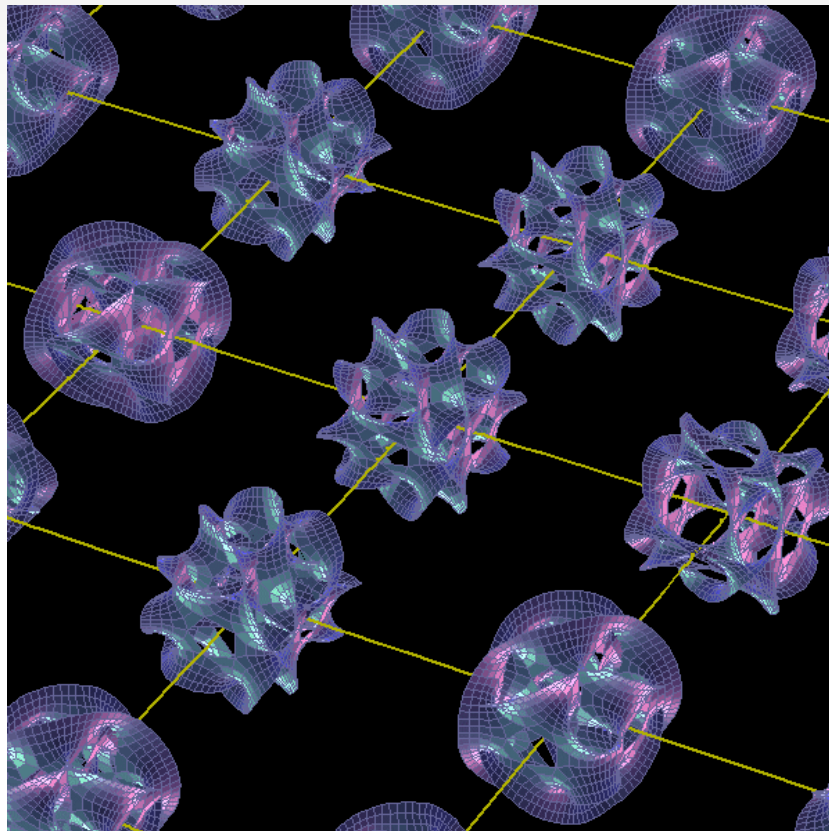


Corde fermée

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

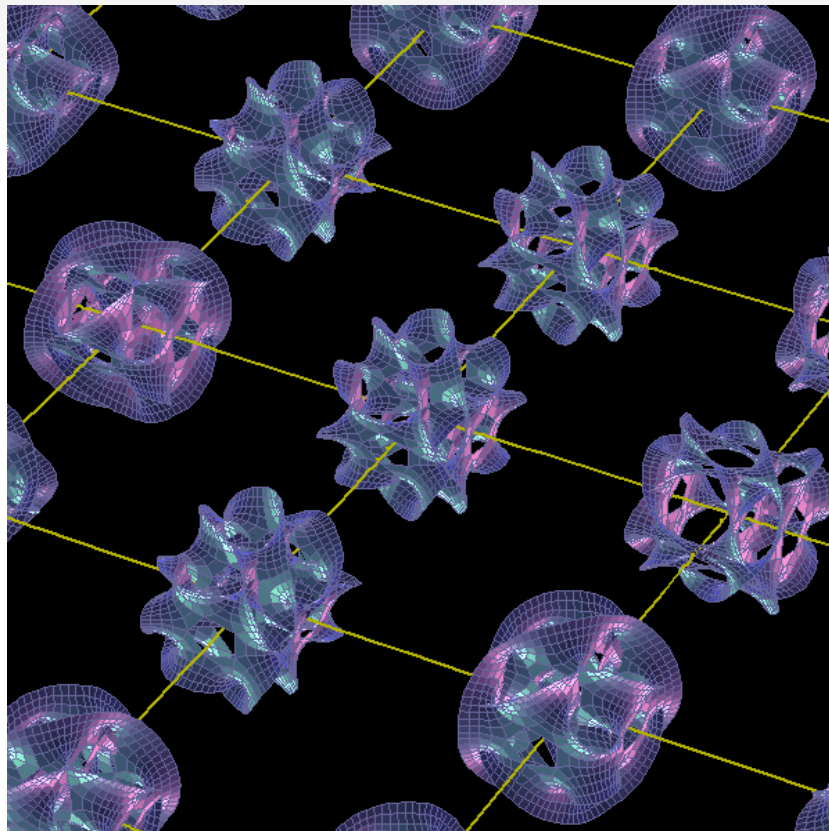
Chaque famille est un mode de vibration d'une corde



La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Nécessité d'un espace à 10 dimensions



Les dimensions supplémentaires

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Retour sur l'idée de Kalusa (Einstein) 1919 et Klein 1923:

première tentative pour unifier les deux forces connues

$$\vec{f}_{\text{gravitationnelle de } 1 \rightarrow 2} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$$

→ Théorie de la relativité générale

$$\vec{f}_{\text{electrostatique de } 1 \rightarrow 2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$$

→ Théorie quantique

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Succès:

Premiers calculs, dans cas simple, (très dur!), sont en accord avec le modèle standard SM (graviton).

Explication unique des différents phénomènes.

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Succès:

Premiers calculs, dans cas simple, (très dur!), sont en accord avec le modèle standard SM (graviton).

Explication unique des différents phénomènes.

Mais...

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Succès:

Premiers calculs, dans cas simple, (très dur!), sont en accord avec le modèle standard SM (graviton).

Explication unique des différents phénomènes.

Mais...

Admettre (postuler) l'existence d'un espace 10-dimensions

Pas une théorie unique, infinité de possibilités

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Regrouper les théories en classe d'équivalence

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Regrouper les théories en classe d'équivalence

5 classes d'équivalence (à 10 dimensions):



La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Regrouper les théories en classe d'équivalence

5 classes d'équivalence (à 10 dimensions, avec supersymétrie):

I : cordes ouvertes ou fermées, groupe de symétrie $SO(32)$

IIA : cordes fermées uniquement, non-chiralité

IIB : cordes fermées uniquement, chiralité

HO : cordes fermées uniquement, hétérodité¹, groupe de symétrie $SO(32)$

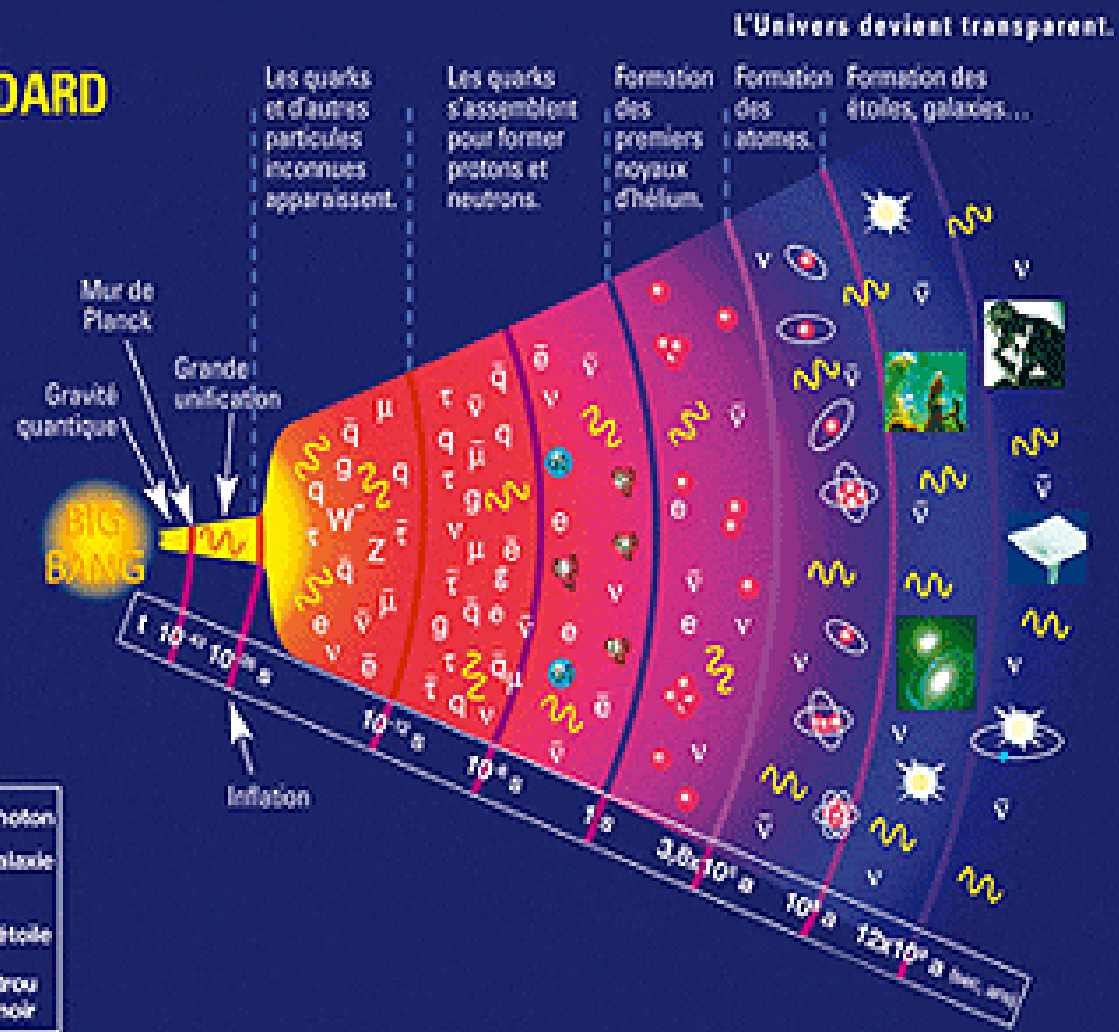
HE : cordes fermées uniquement, hétérodité, groupe de symétrie $E_8 \times E_8$

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

L'UNIVERS SELON LE MODÈLE STANDARD

Depuis le Big Bang, l'Univers primordial a franchi de nombreuses étapes durant lesquelles les particules puis les atomes et la lumière ont peu à peu émergé avant qu'étoiles et galaxies ne prennent corps. C'est cette histoire que raconte la théorie du « modèle standard » en vigueur aujourd'hui.



Légendes	W, Z bosons	photon
q quark	meson	galaxie
g gluon	baryons	étoile
e électron	ions	trou noir
μ muon τ tau	atome	
ν neutrino		

La théorie des cordes

2. La théorie des cordes (String-Theory).

Toutes ont les qualités requises et des défauts...

Quelle est La Théorie du Tout ?

Les dimensions supplémentaires

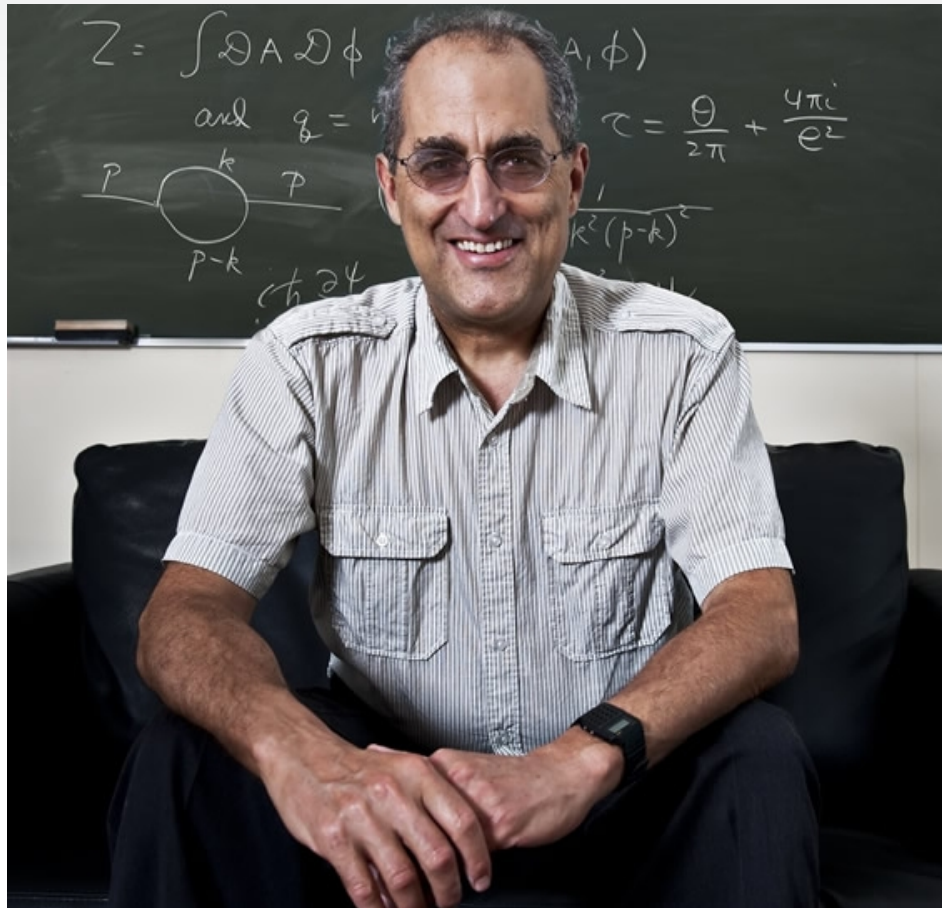
3. La M-Theory

M-Théorie des cordes (Ed Witten): 11 dimensions

Les dimensions supplémentaires

3. La M-Théorie

M-Théorie des cordes (Ed Witten): 11 dimensions



Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theory

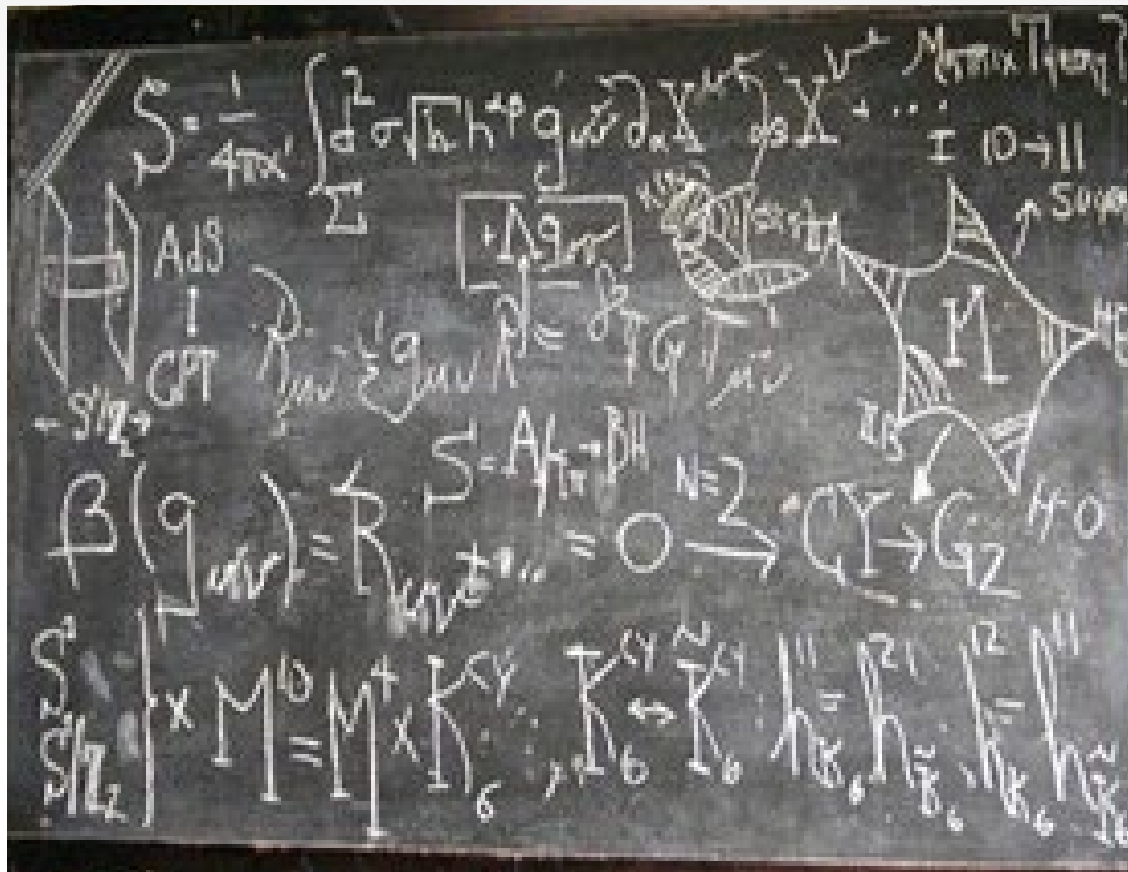
M-Théorie des cordes (Ed Witten): 11 dimensions



Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theory

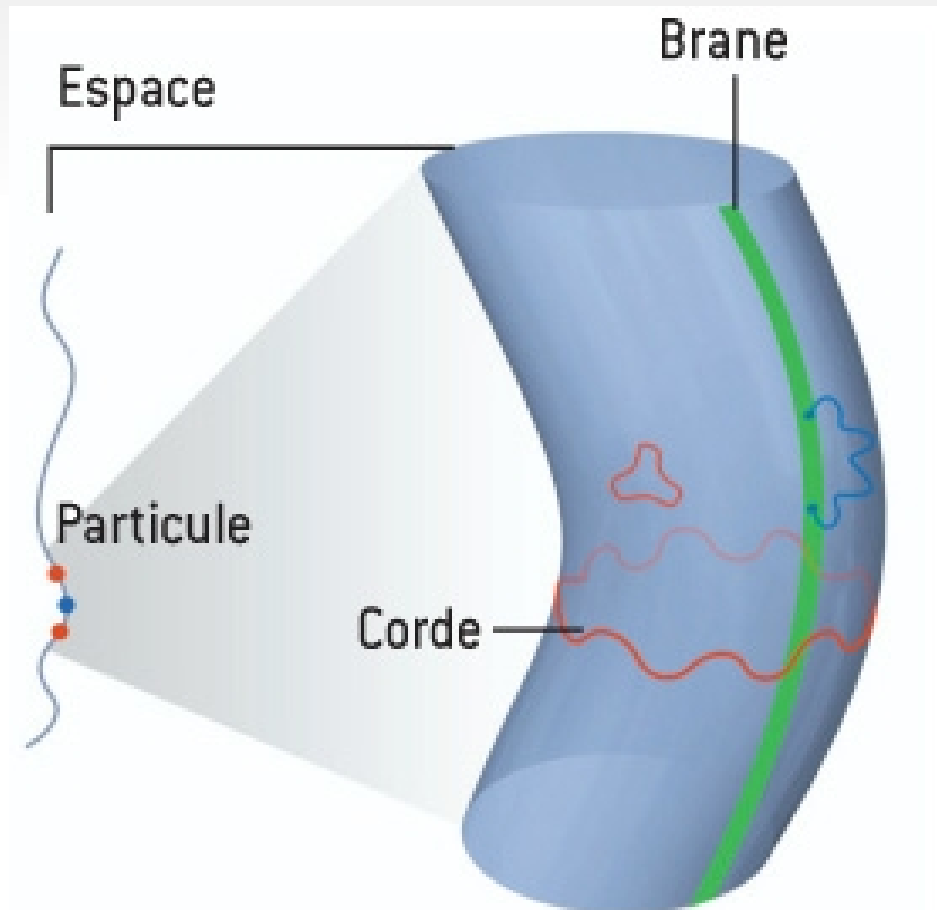
M-Théorie des cordes (Ed Witten): 11 dimensions



Les dimensions supplémentaires

3. La M-Théorie

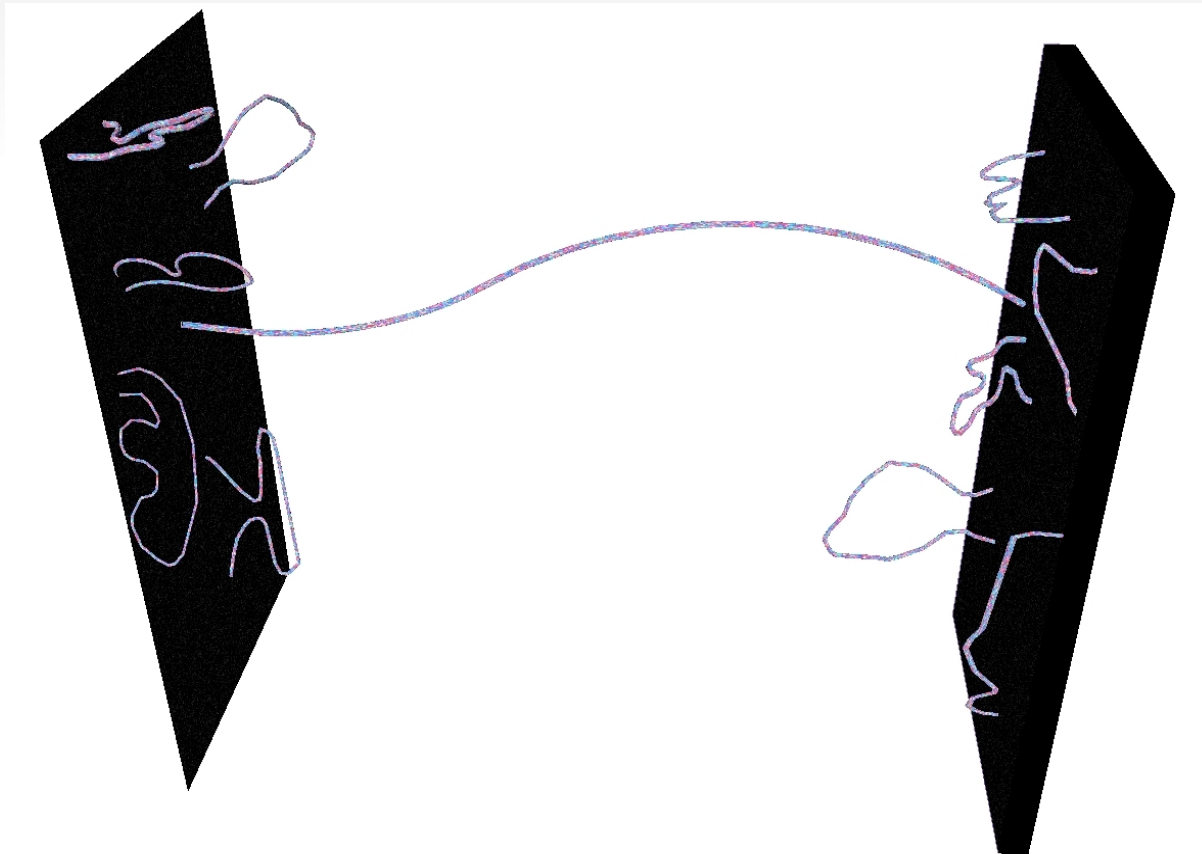
M-Théorie des cordes (Ed Witten): 11 dimensions



Les dimensions supplémentaires

3. La M-Théorie

M-Théorie des cordes (Ed Witten): 11 dimensions



Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theorie

M-Théorie des cordes (Ed Witten): 11 dimensions:

Une seule théorie (englobe toutes les autres)

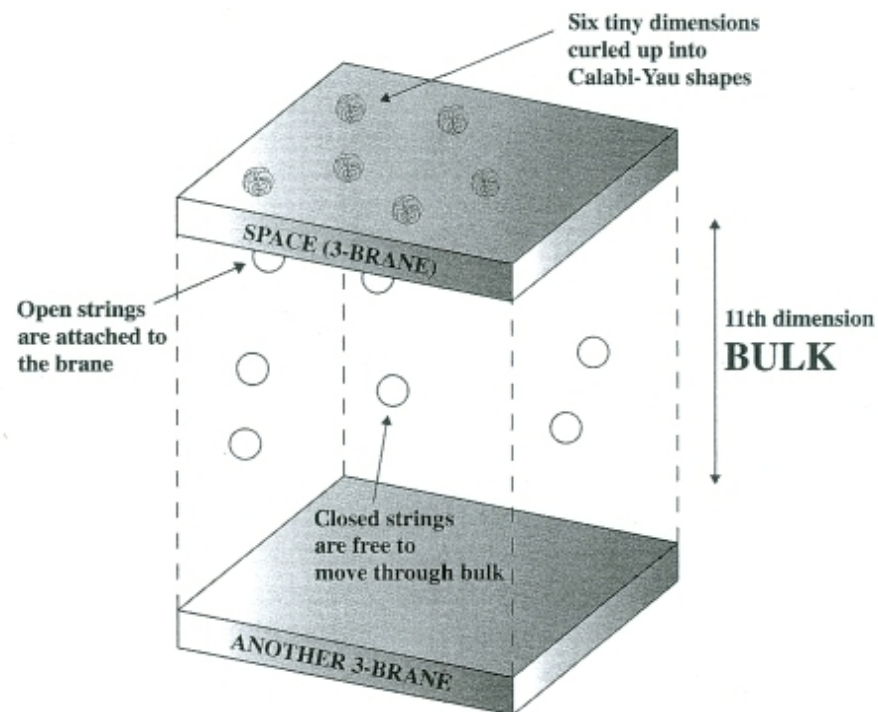
Explication cohérente avec l'expérience de toutes les particules et de toutes les interactions

Explication du Big Bang.

Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theory

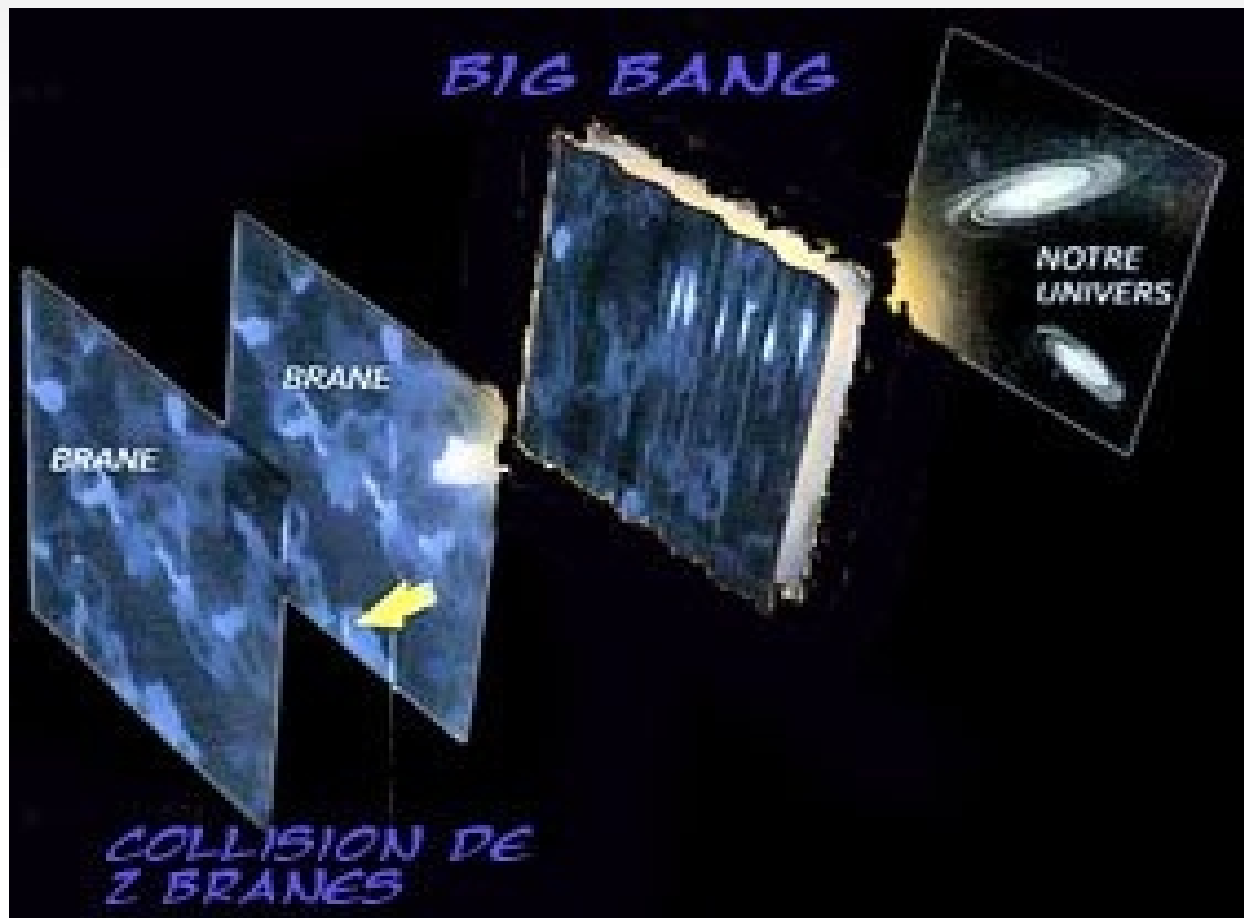
M-Théorie des cordes (Ed Witten), explication de la différence entre odg des interactions et matière noire



Les dimensions supplémentaires

3. La M-Théorie

M-Théorie des cordes (Ed Witten), explication du Big Bang.



Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theory

M-Théorie des cordes:

Très très fort pouvoir explicatif

Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theory

M-Théorie des cordes:

Très très fort pouvoir explicatif

Mais...

Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theory

M-Théorie des cordes:

Très très fort pouvoir explicatif

Mais...

Calcul très compliqué, on ne sait faire que quelques cas simples

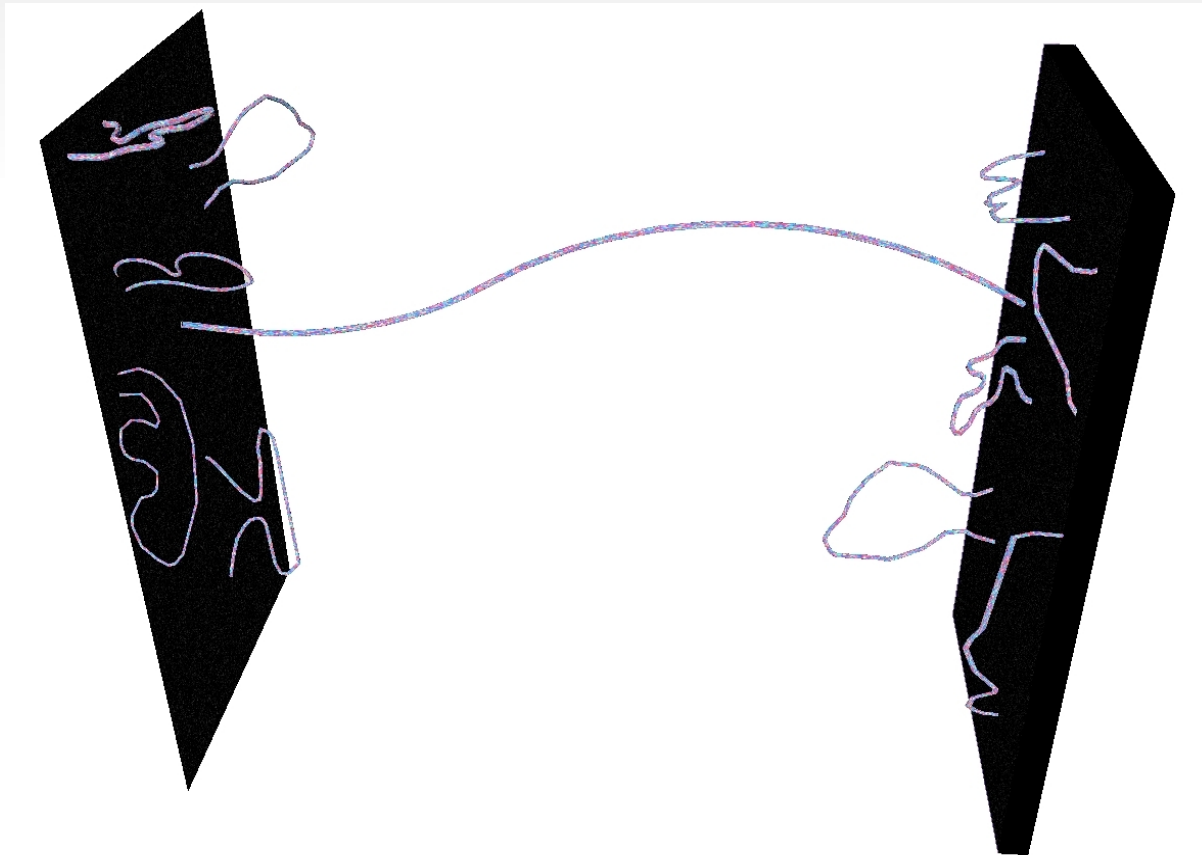
Existence de 11 dimensions

Existence d'Univers parallèles

Les dimensions supplémentaires

3. La M-Théorie

M-Théorie des cordes (Ed Witten): univers parallèles



Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theory

M-Théorie des cordes (Ed Witten):

Possible trace de la collision de D brane dans le fond diffus cosmologique

Possible détection de D brane par onde gravitationnelle.

Les dimensions supplémentaires

3. La M-Theorie

