

PHY1111
Introduction aux
disciplines de la physique

Cours 2
Bref historique et perspectives

François Schiettekatte
Hiver 2011

Une science de tout qui mène à tout!!



antiquité

Observations Joviales
1610

2. Jovis	0 * *
30. Jovis	* * 0 *
2. Jovis	0 * * *
3. Jovis	0 * *
3. Jovis	* 0 *
4. Jovis	* 0 * *
6. Jovis	* * 0 *
8. Jovis	* * * 0
10. Jovis	* * * 0 *

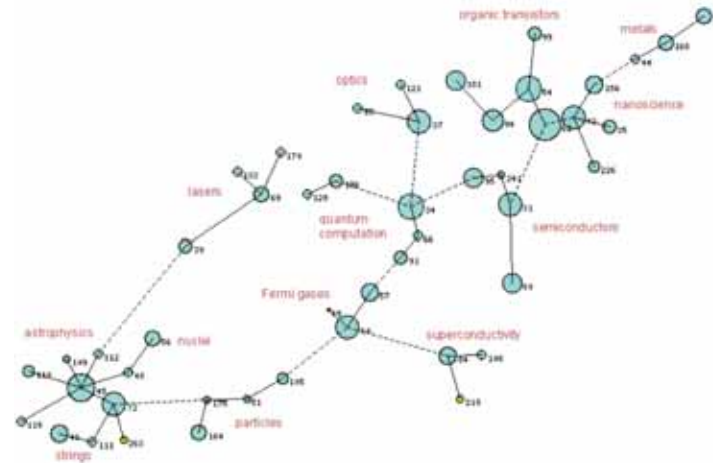
renaissance



XIXe

	fermions (3 générations de la matière)			bosons (forces)
	I	II	III	
masse →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
charge →	2/3	2/3	2/3	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1
nom →	u up	c charm	t top	γ photon
	Quarks			gluon
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	-2/3	2/3	-2/3	0
	1/2	1/2	1/2	1
	d down	s strange	b bottom	g gluon
	Leptons			Z ⁰ boson Z ⁰
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	81.2 GeV
	0	0	0	1
	1/2	1/2	1/2	1
	ν _e neutrino électronique	ν _μ neutrino muonique	ν _τ neutrino tauique	W [±] boson W
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	±1
	1/2	1/2	1/2	1
	e électron	μ muon	τ tau	W [±] boson W

XXe



XIXe

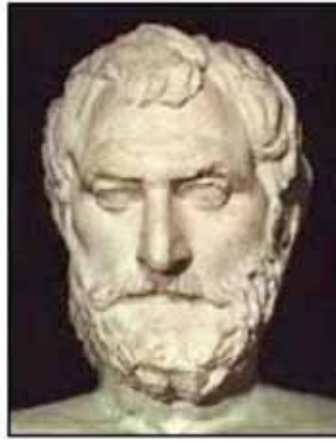
-1000

L'histoire de la physique en 30 minutes!

Les philosophes grecs



ηλεκτρον = ambre jaune



scienceamusante.net

Thalès de Milet (-600):
les phénomènes naturels ont des
cause naturelles ≠ intervention divine

... déjà, la terre est ronde

Leucippe/Démocrite (-440): atome

Aristote (-300):
logique, méthode scientifique
≠Platon (son prof!): déduction pure

... beaucoup de croyances
... théorie adoptée par l'Église



Worldpress.com

+2000

-1000

Adieu le géocentrisme, bonjour les lois du mouvement

Arabes: astronomie, الجبر et optique

(علي الحسن vers l'an 1000)

Jean Buridan (1340): impetus

Nicolas Copernic envoie au pape

« *Des révolutions des sphères célestes* » (1543)



Galilée:

1600: chute des corps

1610: lunette astronomique

- phases de Vénus

- lunes de Jupiter

vin consacré = vin normal = problèmes!

Observations de Jupiter
1610

20. Mars mars H. 12	○ **
30. Mars	** ○ *
2. Juin	○ ** *
3. Mars	○ * *
3. Ho. s.	* ○ *
4. Mars	* ○ **
6. Mars	** ○ *
8. Mars H. 13.	* * * ○
10. Mars	* * * ○ *

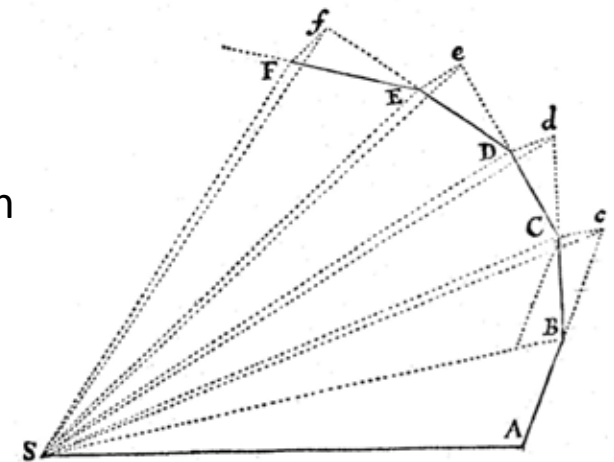
+2000

-1000

bonjour les lois du mouvement

Newton:

- momentum, $F=ma$, action-réaction & gravitation
- calcul différentiel
- lumière: corpuscules
- alchimie, théologie



Principia (1687)

$$\nabla^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0.$$

Maths et mécanique développée par Taylor, Bernoulli,
Euler, Lagrange, Laplace, Legendre (17xx)

+2000

-1000

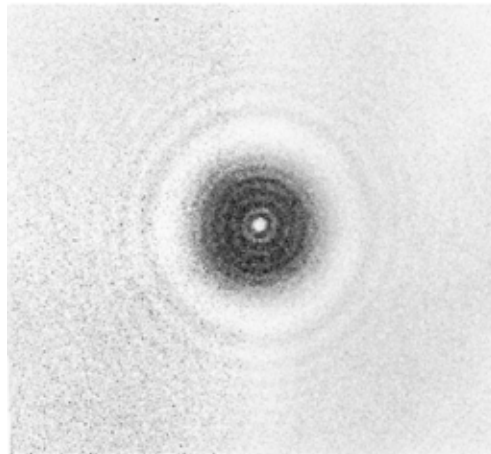
ok pour le mouvement, mais le reste?

Nature de la lumière: difficile de contredire Newton mais...

Mémoire présenté par Fresnel lors d'un concours à l'Académie française (1815)

Poisson: tache lumineuse dans l'ombre portée par un point, Ha! Ha! Ha!

Arago: faisons l'expérience ... ça marche!



cloue le cercueil de la théorie corpusculaire de la lumière

+2000

-1000

ok pour le mouvement, mais le reste?

Fluides impondérables: le calorique, **l'électrique**, et le phlogistique

oxygène (Lavoisier, 1778)

=> chimie



Galvani (1780) et Volta (1800): premières piles

Ørsted (1820): effet du courant sur une boussole

=> loi d'Ampère

Faraday

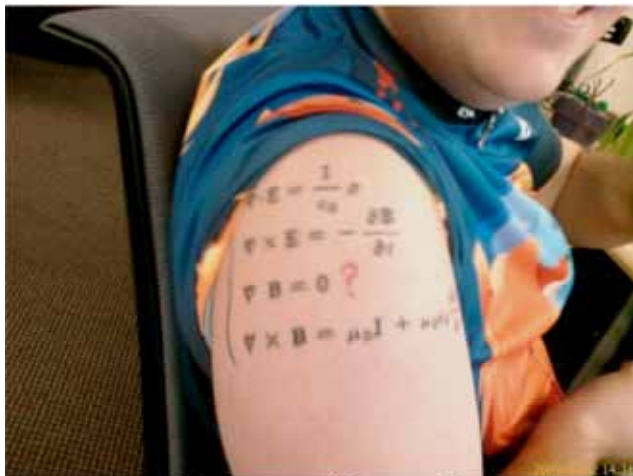
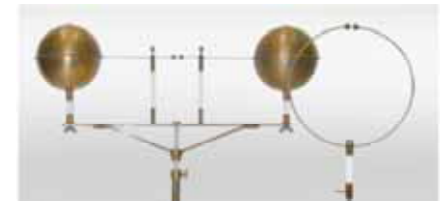
- « moteur » électrique (1821)

- induction (1831)

Gauss (1835): lien entre charge et champ électrique

Maxwell (1860): synthèse de l'EM et prédiction d'ondes

découvertes par Hertz (1888)



Source: flickr.com/photos/osunick

-1000

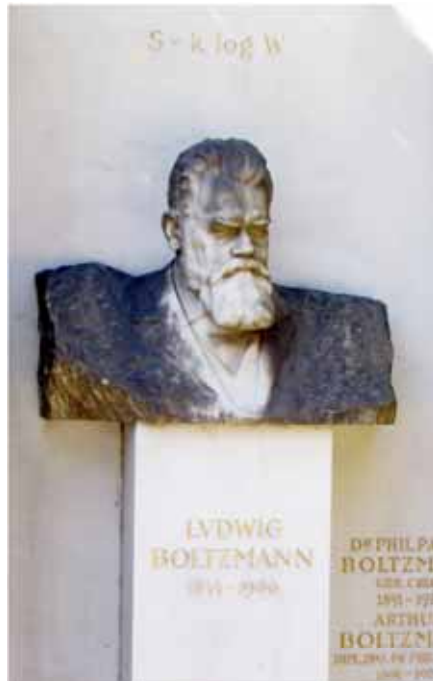
ok pour le mouvement, mais le reste?

Fluides impondérables: le **calorique**, l'électrique, et le phlogistique

Fourrier: équation de la chaleur (1822)

Carnot (1824): Réflexions sur la puissance motrice du feu

- équivalence entre travail et chaleur, $\Delta T \Leftrightarrow \Delta \text{hauteur chute}$
- quelque chose s'écoule, mais quoi?



entropie $S = Q/T$ (Clausius, 1865)

Qu'est-ce que l'entropie?

$S = k_B \ln \Omega$ (Boltzmann, 1877)

transitions de phase

+2000

-1000

ne manquent que les atomes...

expliqueraient Ω

- dist. vitesse dans les gaz (Maxwell, 1859)

expliqueraient bien aussi la chimie...

- proportions dans les gaz qui réagissent
(Dalton, 1804; Gay-Lussac, 1808)

- tableau périodique (Mendeleïev, 1869)

- mouvement Brownien (Einstein, 1905)

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182.	
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4	
		Fe = 56	Rn = 104,4	Ir = 198.	
		Ni = Co = 59	Pi = 106,4	O = 199.	
		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

+2000

-1000

Fin 1800: la physique est complète...

Lord Kelvin (1852):

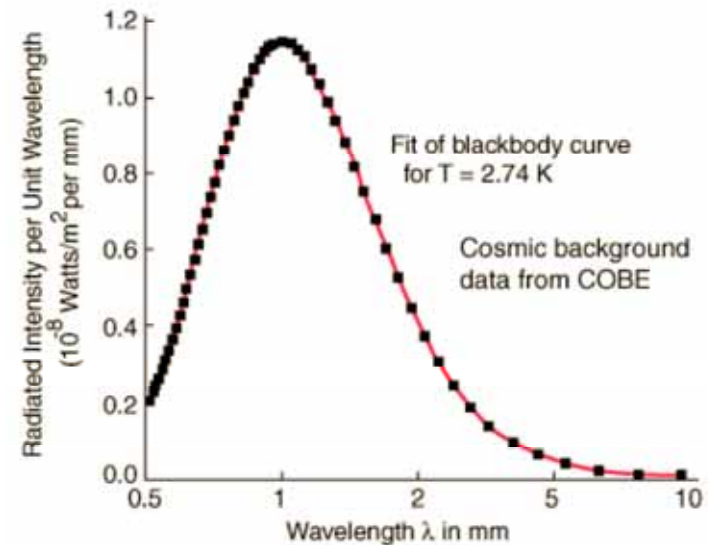
« la physique a fourni une description cohérente et a priori complète de l'univers »

Le soleil a quelques millions d'années, l'univers est statique

Il ne reste que deux problèmes:



=



hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

+2000

-1000



Michelson–Morley (1887): pas d'éther!



Relativité (Einstein, 1905)

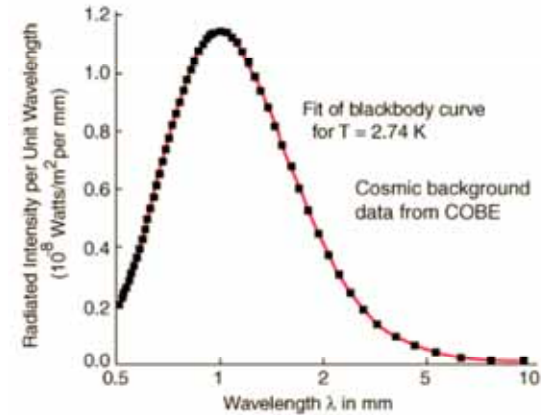
$$t' = \gamma t, \quad \gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$E = \gamma mc^2 \approx mc^2 + \frac{1}{2}mv^2 + \dots$$



Relativité générale (Einstein, ≈1913)

+2000



Pour arriver à « fitter » Planck pose $E=h\nu$ (1900)



quantas (Einstein, 1905)

explique aussi l'effet photo-électrique

(Planck pas d'accord)



$E=nhc/\lambda$ et $2\pi r=n\lambda$ (Bohr, 1913)

explique le spectre de l'hydrogène

-1000

Enfin, les atomes!

Röntgen (1895): rayons X

Becquerel (1897): des plaques photographiques noircissent à proximité de l'urane

Marie Curie (1901): découverte du radium

Rutherford: diffusion des particules alpha

- preuve de l'existence des atomes (1911)
- « taille » du noyau \sim fm (1919)

Diffraction des rayons X (von Laue, 1912):
les atomes sont empilés!

... fission nucléaire: 1930

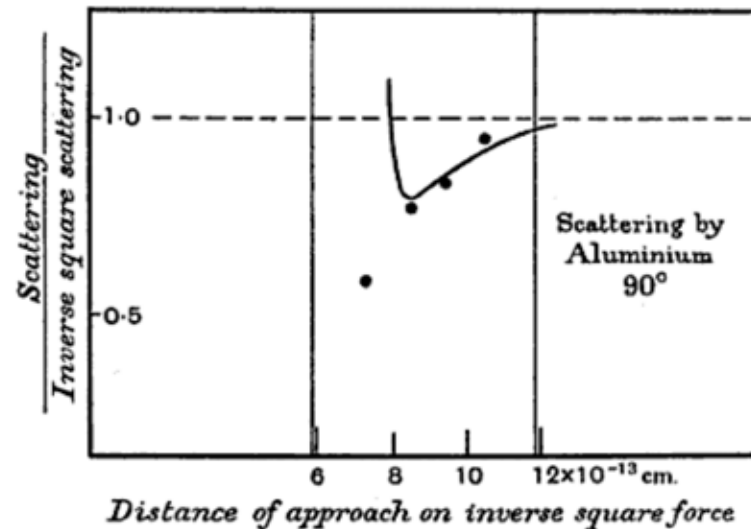


Fig. 78.

+2000

-1000

L'âge de la mécanique quantique

Compton: la lumière transporte de la quantité de mouvement

de Broglie: dualité onde-corpuscule aussi pour la matière, $p = h/\lambda$

Équation de Schrödinger (1925):
équation d'onde pour décrire la matière

Principe d'incertitude (1926):
 $\Delta v \Delta t \approx 1/2\pi$ pour les ondes $\Rightarrow \Delta E \Delta t \geq h/2\pi$



talklikeaphysicist.com

Interprétation de Copenhague (1927):
Einstein: « Dieu ne joue pas aux dés »
Bohr: « Cessez de dire à Dieu ce qu'il doit faire »

Inégalités de Bell (1964) violées: il faut abandonner soit la réalité, soit la localité

+2000

L'âge des particules

Radioactivité: positon, un anti-électron

Prolifération des « théories de champs »

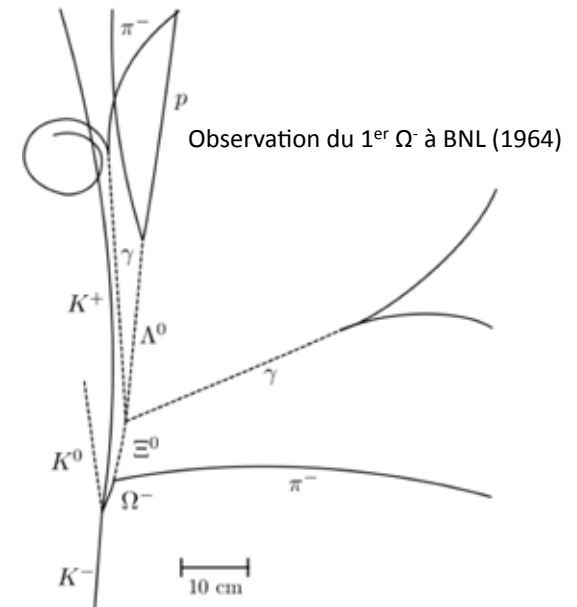
Interprétation des forces comme un échange de **particules virtuelles**, entre autres pour expliquer la force nucléaire (Yukawa, 1935)

Tentatives de détection

=> découverte d'une trêlée de nouvelles particules ... modèle standard (... 1970)

... reste le Higgs

Plasma quark – gluon ... origines de l'univers (μ s)



	fermions (3 générations de la matière)			bosons (forces)	
	I	II	III		
masse →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0	interaction électromagnétique
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	

L'âge de la matière condensée

Drude (1900): gaz classique d'électrons

Supraconductivité du Hg (Holst & Onnes, 1911)

Modèle des vibrations atomiques (Debye, 1912)

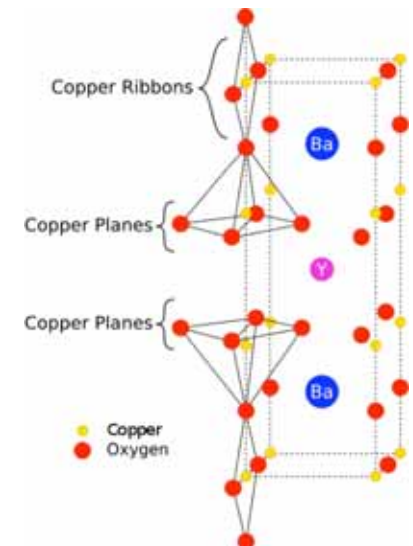
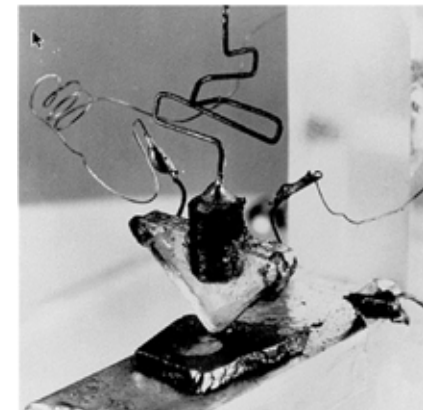
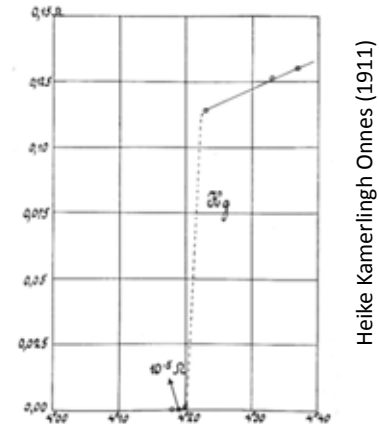
Sommerfeld (1927): e^- dans un métal = gaz de Fermi

Théorème de Bloch (1928): périodicité du potentiel

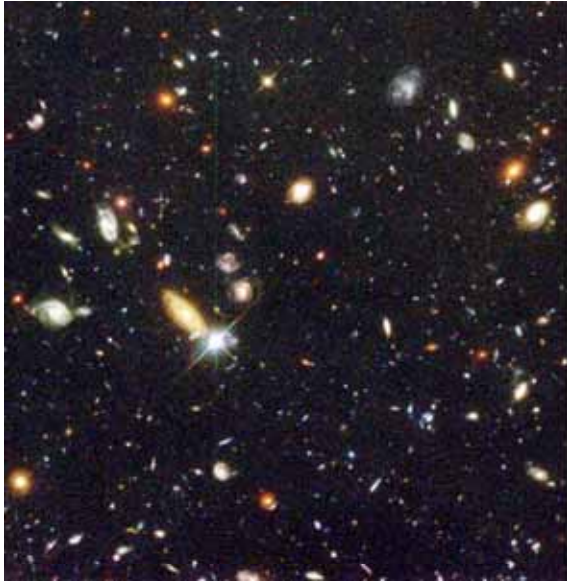
Premier transistor (Bardeen, Shockley & Brattain, 1947)

Théorie de la supraconductivité (Bardeen, Cooper, Schrieffer, 1957)

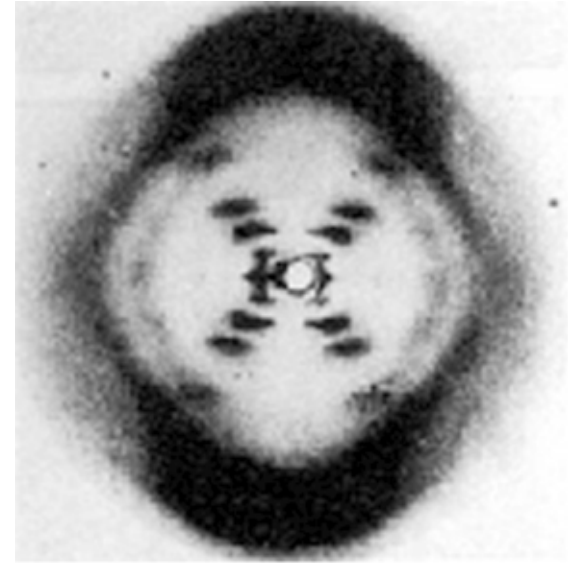
Supra à haute température critique (Bednorz & Müller, 1986)
toujours inexplicquée



etc.



Expansion de l'Univers (Hubble, 1929)



Rosalind Franklin XRD, genome.igji-psf.org/Chr16/

Structure de l'ADN (Watson & Crick, 1953)

Labo Carlos Silva

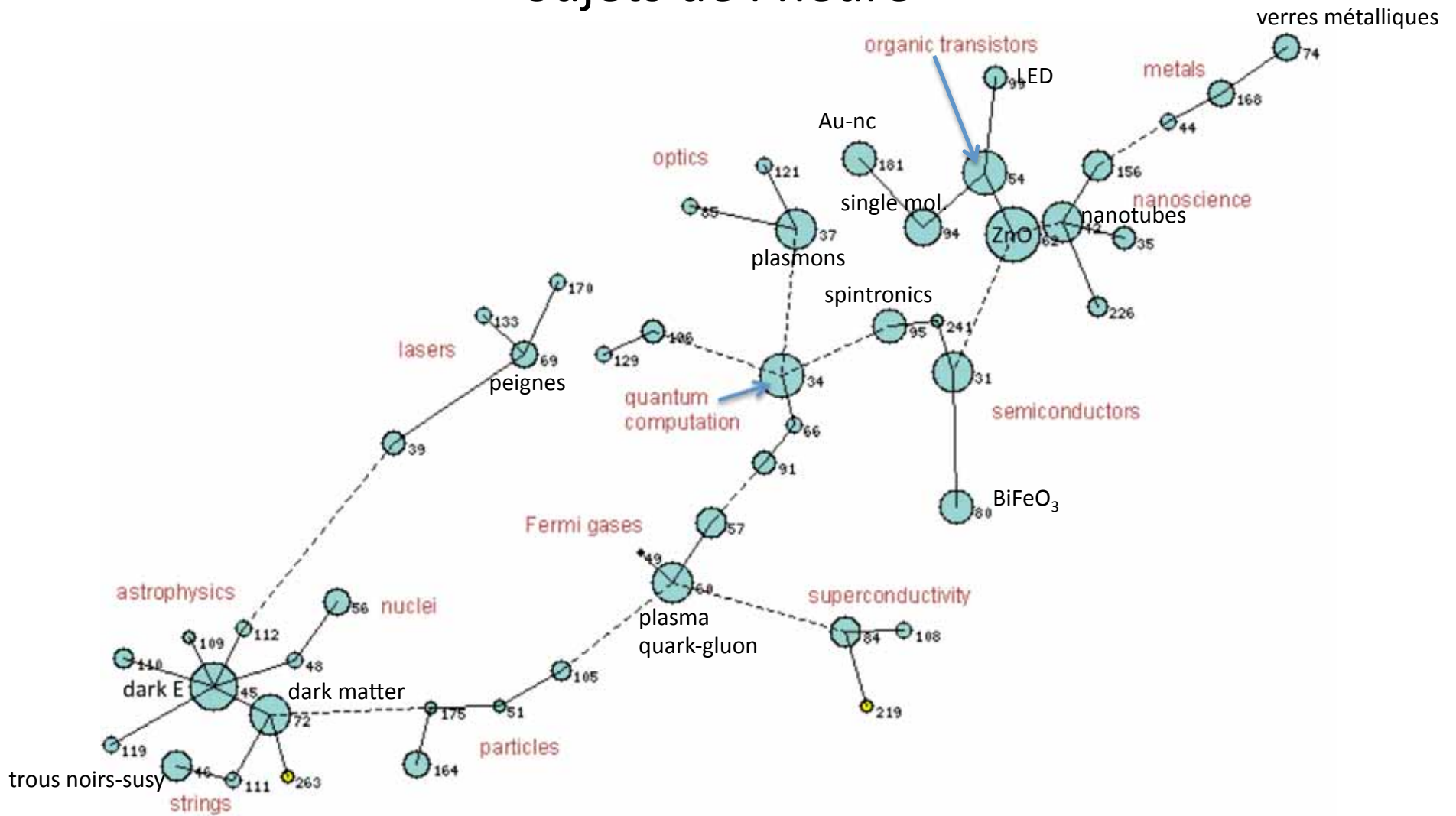


Towes: maser (1953), laser (1957)



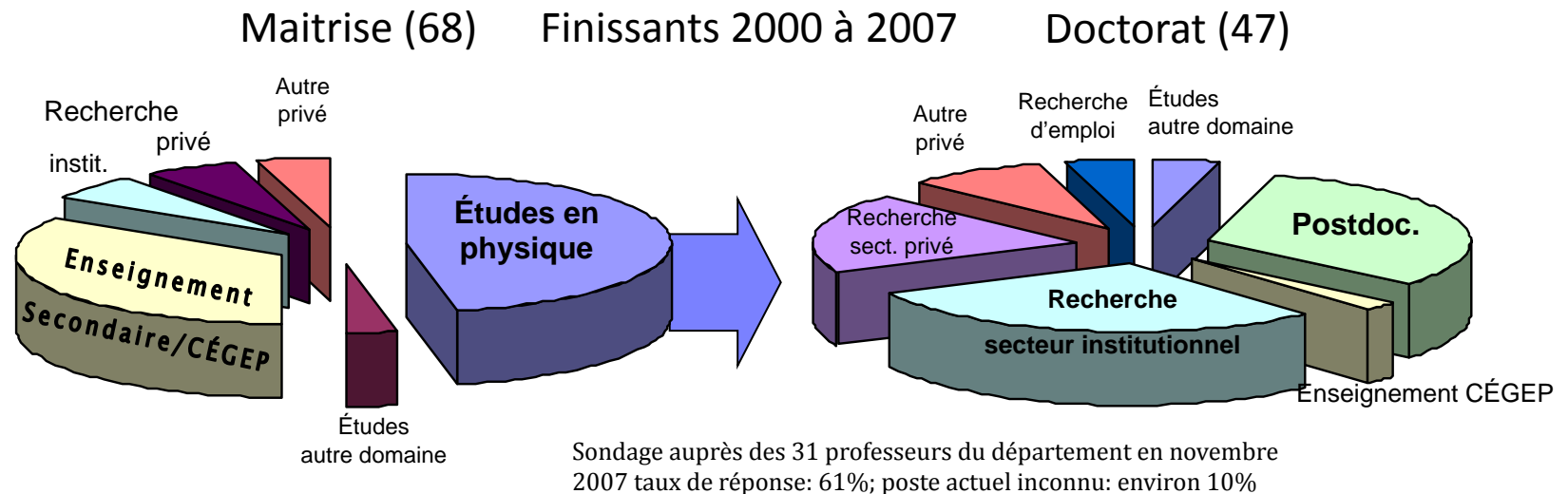
Tectonique des plaques (Wegener, 1915)

Sujets de l'heure



sciencewatch.com > map of physics, June 2009

La physique mène à tout!



Agence spatiale, Air Data, Anrad, Banque Nationale, Bell Canada, Bombardier, CAE Électronics, Contex hygiène industrielle, Cosmo-logique Informatique, Dalsa Semiconducteurs, DMR, Écolux, Édumicro, EMS Technologie, Ericsson, Forensic, Gaz Métro, Groupe L.G.L., Hôpital Notre-Dame, Hôpital Sainte-Justine, Hydro-Québec, ICG Gaz Liquide, Institut Teccart, Intellium Technologies, Lockheed Martin, MPB Technologies, Noranda, Nortel, Oerlikon, Osiris, Planétarium de Montréal, Polymère et cryogénie du Québec, Pratt & Whitney, Radioprotection inc., Solvision, SPAR Aérospatiale, SR Telecom, Statistiques Canada, Systèmes M3i, Téléglobe, Ubisoft, Unisys, Vidéotron, Visual Prototypes, Wood Gundy

À quoi bon la physique?

Comprendre le fonctionnement de la nature
OK, mais encore...

En comprenant les détails, on peut
prédire et développer

Mécanique quantique => transistors, lasers

Magnétorésistance géante => disques durs x 100 000



	fermions (3 générations de la matière)			bosons (forces)
	I	II	III	
masse	2.4 MeV	1.27 GeV	173.2 GeV	0
charge	2/3	2/3	2/3	0
spin	1/2	1/2	1/2	1
nom	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon
Leptons	ν_e neutrino électronique	ν_μ neutrino muonique	ν_τ neutrino tauique	Z^0 boson Z
	e electron	μ muon	τ tau	W^\pm boson W