

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

| | |
|-----------|-----------|
| 2. Jovis | 0 * * |
| 3. Jovis | * * 0 * |
| 4. Jovis | 0 * * * |
| 5. Jovis | 0 * * |
| 6. Jovis | * 0 * |
| 7. Jovis | * 0 * * |
| 8. Jovis | * * * 0 |
| 10. Jovis | * * * 0 * |

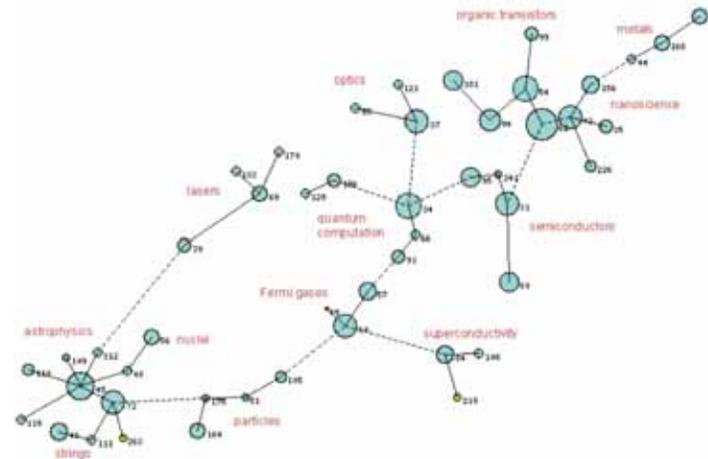
renaissance



XIXe

| | fermions (3 générations de la matière) | | | bosons (forces) |
|----------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | I | II | III | |
| masse → | 2.4 MeV | 1.27 GeV | 171.2 GeV | 0 |
| charge → | $\frac{2}{3}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{2}{3}$ | 0 |
| spin → | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| nom → | u up | c charm | t top | γ photon |
| | 4.8 MeV | 104 MeV | 4.2 GeV | 0 |
| | $-\frac{1}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | 0 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| Quarks | d down | s strange | b bottom | g gluon |
| | $\approx 2.2 \text{ eV}$ | $\approx 0.17 \text{ MeV}$ | $\approx 15.5 \text{ MeV}$ | 81.2 GeV |
| | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| Leptons | ν_e neutrino électronique | ν_μ neutrino muonique | ν_τ neutrino tauique | Z^0 boson Z |
| | 0.511 MeV | 105.7 MeV | 1.777 GeV | 80.4 GeV |
| | -1 | -1 | -1 | ± 1 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| | e électron | μ muon | τ tau | W^\pm boson W |

XXe



XIXe

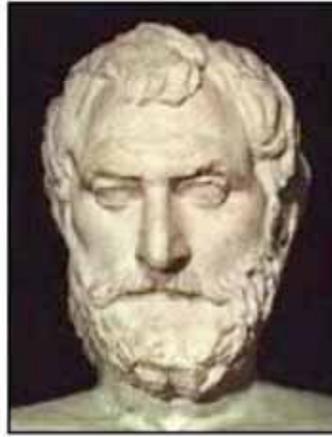
-1000

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 | * * * ○ * |

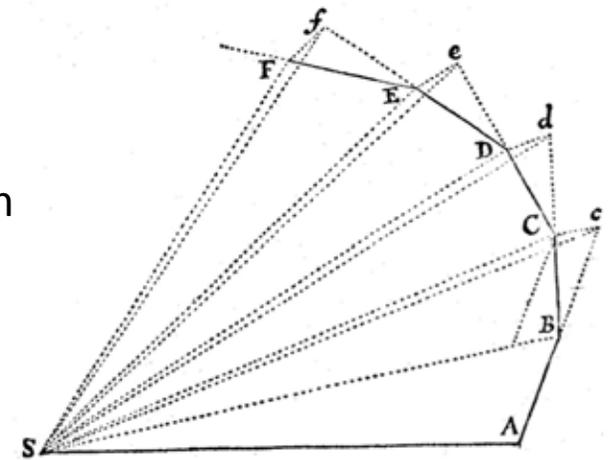
+2000

-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

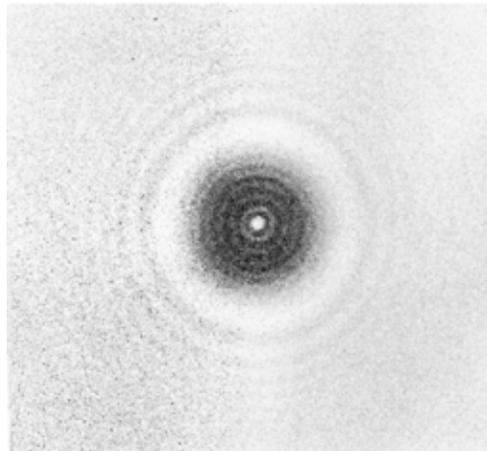
ok pour le mouvement, mais le reste?

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

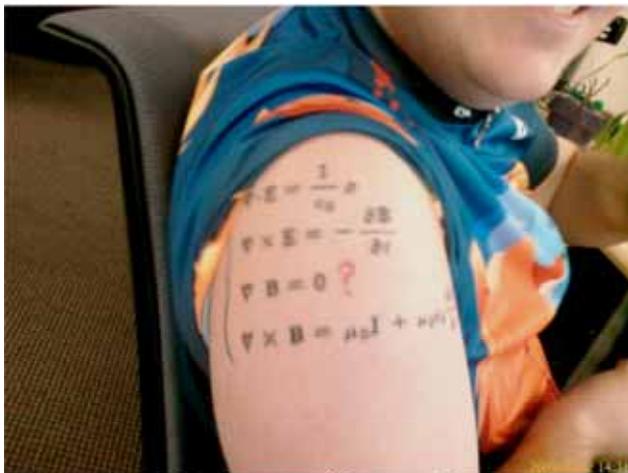
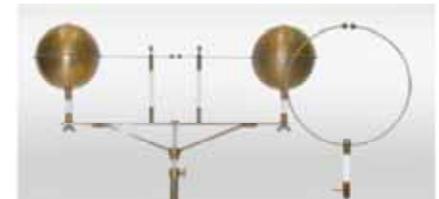
- « moteur » électrique (1821)

- 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

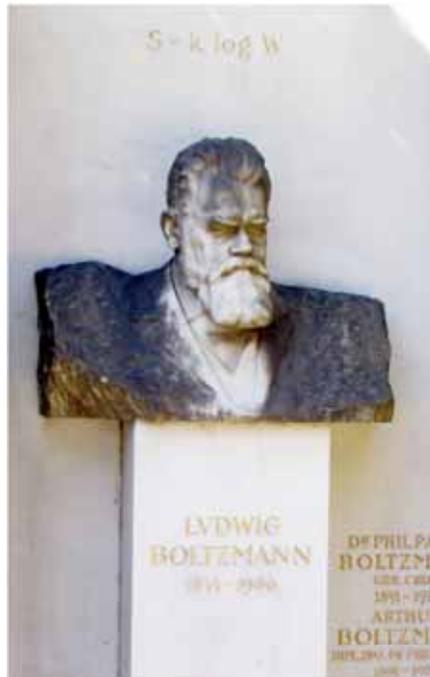
ok pour le mouvement, mais le reste?

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 = 87,4 | Ba = 137 | Pb = 207. |
| | | ? = 45 | Ce = 92 | | |
| | | ?Er = 56 | La = 94 | | |
| | | ?Yt = 60 | Di = 95 | | |
| | | ?In = 75,4 | Th = 118? | | |

Д. Менделѣевъ

+2000

-1000

Fin 1800: la physique est complète...

Lord Kelvin (1852):

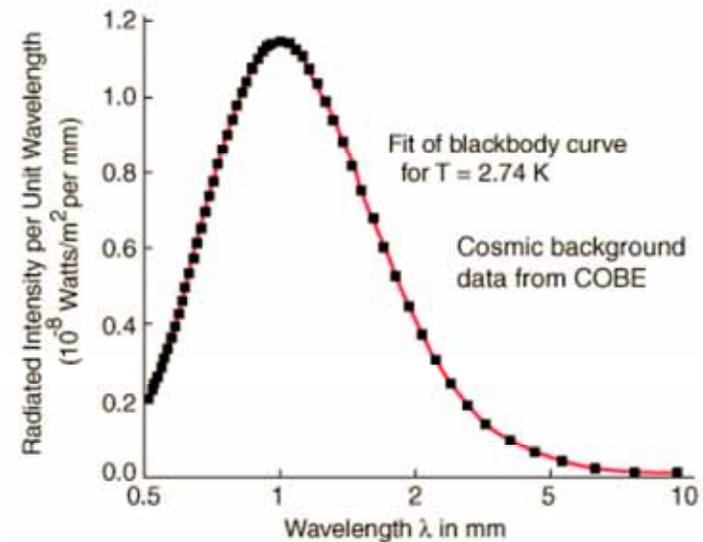
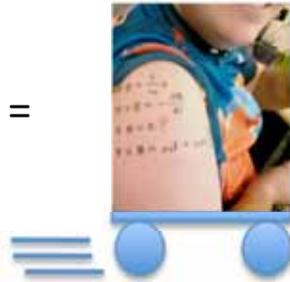
« la physique a fourni une description cohérente et a priori complète de l'univers »

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

Il ne reste que deux problèmes:



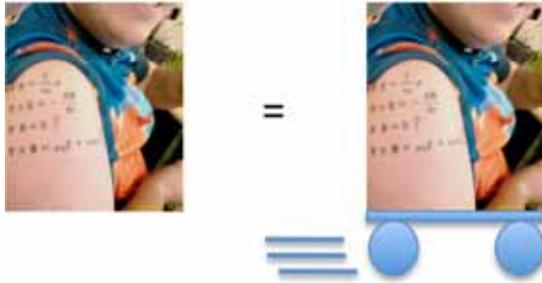
=



hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

+2000

-1000



Michelson–Morley (1887): pas d'éther!



Relativité (Einstein, 1905)

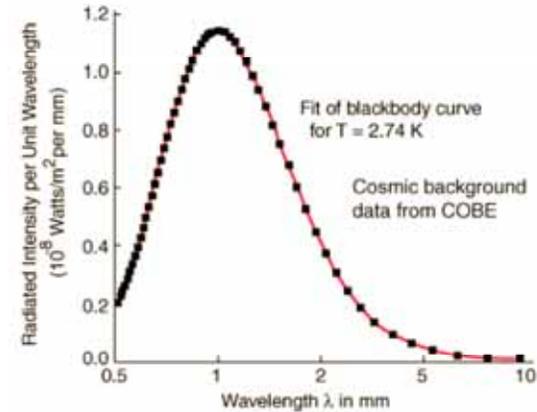
$$t' = \gamma t, \quad \gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$$

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



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

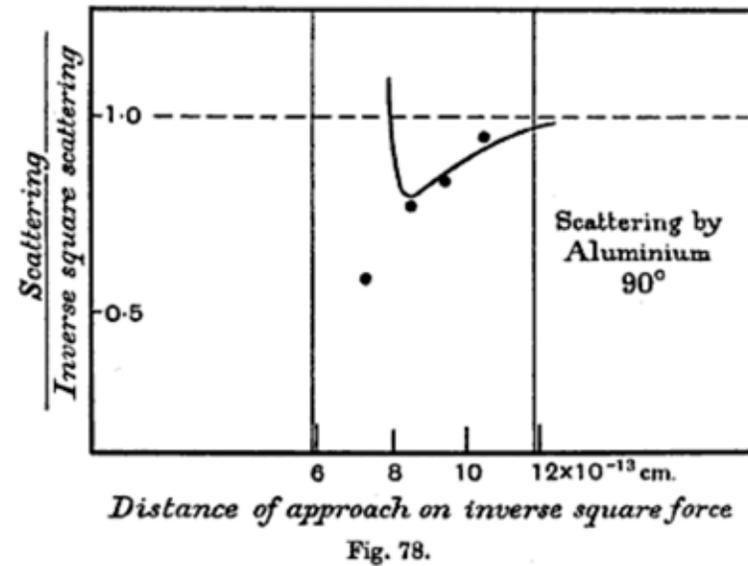
Marie Curie (1901): découverte du radium

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



+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 »

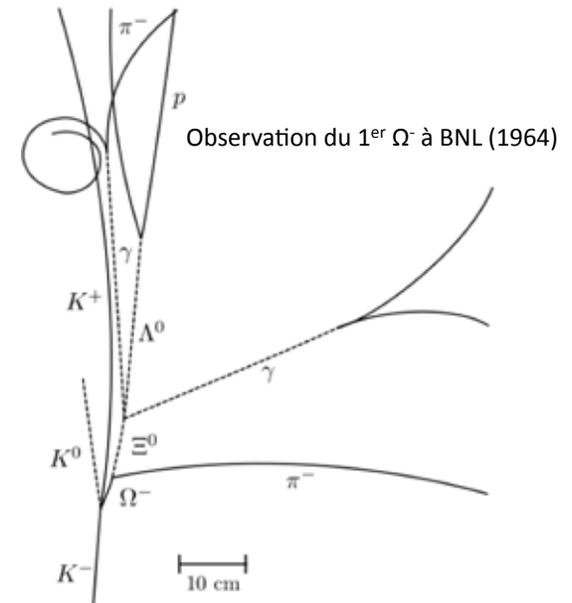
Interprétation des forces comme un échange de **particules virtuelles**, entre autres pour expliquer la force nucléaire (Yukawa, 1935)

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)

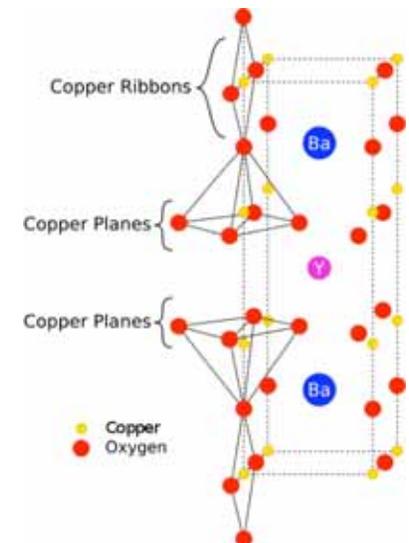
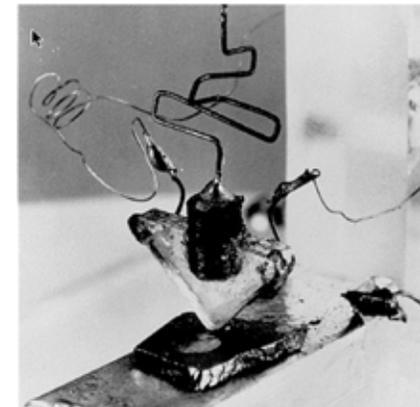
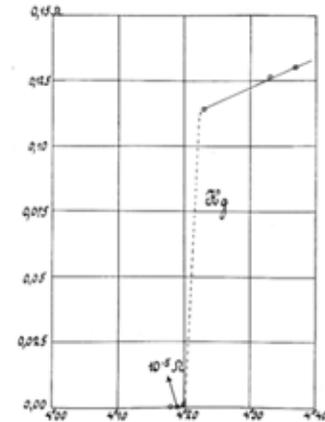
Sommerfeld (1927): e^- dans un métal = gaz de Fermi

Théorème de Bloch (1928): périodicité du potentiel

Premier transistor (Bardeen, Shockley & Brattain, 1947)

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

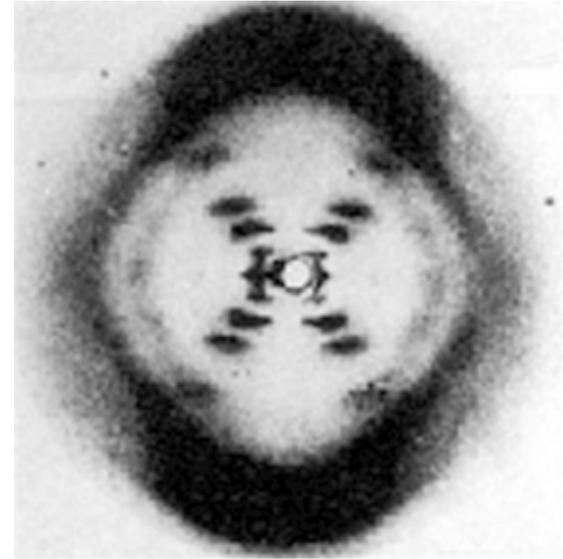
Supra à haute température critique (Bednorz & Müller, 1986)
toujours inexpliquée



etc.



Expansion de l'Univers (Hubble, 1929)



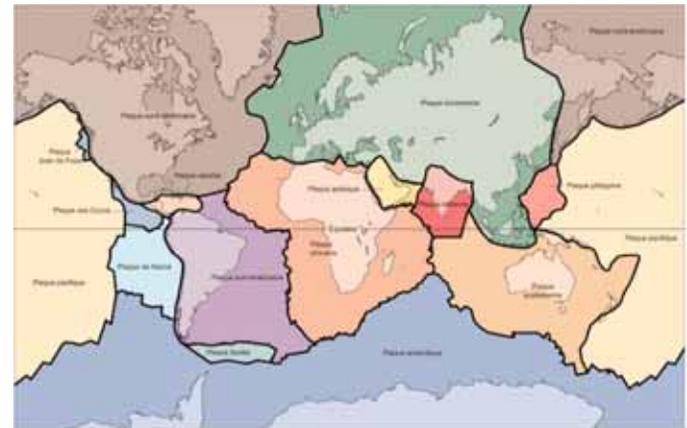
Rosalind Franklin XRD, genome.igji-psf.org/Chr16/

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

Labo Carlos Silva

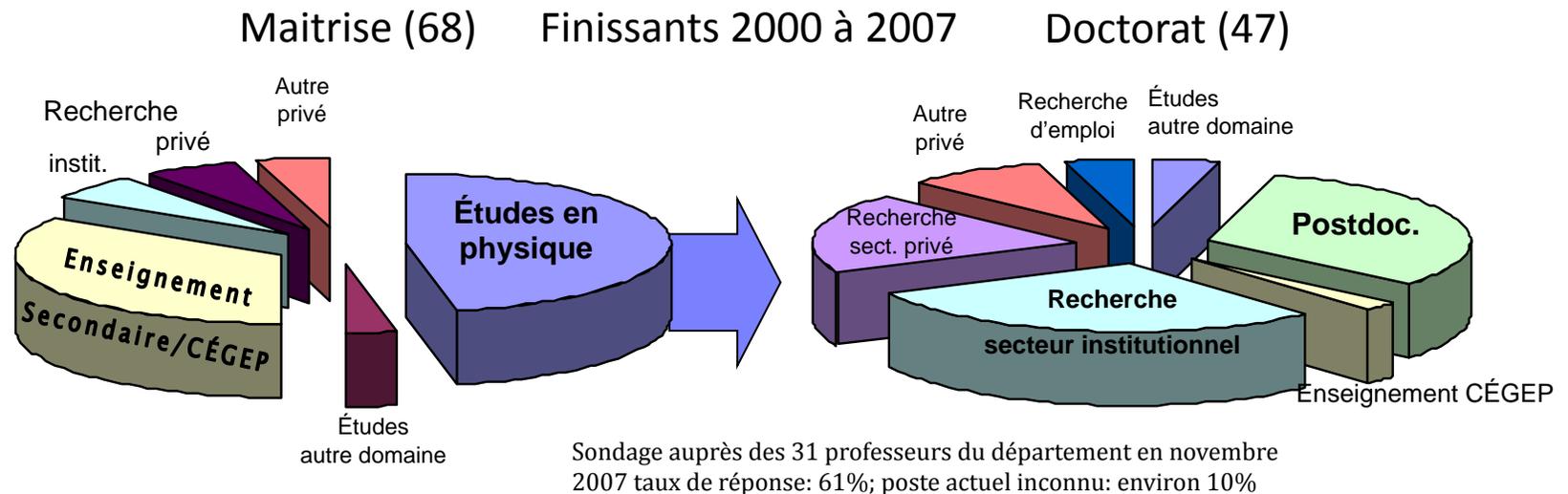


Towes: maser (1953), laser (1957)



Tectonique des plaques (Wegener, 1915)

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 |